

"TAMAN BAWAH LAUT YANG HILANG,,

*Cerita Transplantasi
Karang di Laut Jawa*



IPB University
— Bogor Indonesia —



PERTAMINA
PHE ONWJ



"TAMAN BAWAH LAUT YANG HILANG"

Cerita Transplantasi Karang di Laut Jawa

Hadi Supardi

Arif Rahman

L.M. Alfin Agushara Bena

Ahmad Salman Alfarisi

Hefni Effendi

Wazir Mawardi

Luluk Dwi Wulan Handayani

Muhammad Isnan Zuhri

Panji Nugraha Darmawangsa

Irza Arnita Nur

Kintan Alifioni

Mita Aprilia



IPB University
— Bogor Indonesia —

Bogor, 2025

Judul Buku:

**"Taman Bawah Laut yang Hilang"
Cerita Transplantasi Karang di Laut Jawa**

Penyusun:

(Pertamina Hulu Energi Offshore North West Java (PHE ONWJ)

Hadi Supardi

Arif Rahman

L.M. Alfin Agushara Bena

Ahmad Salman Alfarisi

**(Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Lembaga Riset Internasional Lingkungan dan
Perubahan Iklim (PPLH LRI LPI), IPB University)**

Hefni Effendi

Wazir Mawardi

Luluk Dwi Wulan Handayani

Muhammad Isnain Zuhri

Panji Nugraha Darmawangsa

Irza Arnita Nur

Kintan Alifioni

Mita Aprilia

Cover Design & Layout:

Andrian Rizaldy Azhar

Diterbitkan pertama kali oleh: IPB University

Jl. Kamper, Kampus IPB Dramaga Bogor - Indonesia 16680

Telp : (0251) 8621073; WhatsApp : (0812) 10238137

Email : isbn@apps.ipb.ac.id; Website : <https://isbn.ipb.ac.id>

Kategori Buku:

Penelitian| Ilmiah | R/D

Jumlah Halaman & Ukuran:

xv + 120 halaman : 17.6 × 25 CM

Edisi/Cetakan:

Cetakan 2025

ISBN: 978-623-89439-3-7

Dikeluarkan oleh: Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Lembaga Riset Internasional Lingkungan dan Perubahan Iklim Institut Pertanian Bogor (**PPLH LRI LPI IPB**) bekerjasama dengan Pertamina Hulu Energi Offshore North West Java (**PHE ONWJ**), Bogor - Indonesia.

Hak Cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku kedalam bentuk apapun, secara elektronik maupun mekanis termasuk fotocopy, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya, tanpa ijin penulis dari Penerbit. Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta.

Apabila di dalam buku ini terdapat kesalahan cetak/produksi atau kesalahan informasi, mohon hubungi penerbit.

Bukti ISBN di Perpustnas RI

←

→

↺

🌐 isbn.perpusnas.go.id/landing_page/search

☆

📄

📄

📄

📄



PERPUSTAKAAN NASIONAL
REPUBLIK INDONESIA

HOME

TOPIK

INFO

STATISTIK

FAQS

PANDUAN
LAYANAN

LACAK
PENGAJUAN



Show

10

 entries

Judul	Jenis Media	Kepengarangan	Penerbit	ISBN
 Taman bawah laut yang hilang : cerita transplantasi karang di Laut Jawa	cetak	penyusun, Hadi Supardi, L.M. , Alfin Agushara Bena, Arif Rahman, Ahmad Salman Alfarisi, Hefni Effendi [dan 7 lainnya]	IPB University	978-623-89439-3-7

Showing 1 to 1 of 1 entries

Previous

1

Next

Top 7 Penerbit

Top 7 Kota, Penerbit Terbanyak

"Buku ini memperlihatkan bahwa upaya dalam rangka kelestarian lingkungan dengan salah satunya restorasi terumbu karang di Laut Pantai Utara Jawa Bagian Barat, bukan hanya memulihkan ekosistem, tetapi juga menjaga kehidupan masyarakat pesisir. Sebuah karya yang menginspirasi, mengingatkan kita bahwa laut sehat adalah tanggung jawab bersama. Tanggung jawab kita kepada anak cucu kelak."

(Ivan Fadlun Azmy)

(Kepala Kelompok Kerja K3LL, SKK MIGAS)



"Buku ini menjadi catatan penting yang tidak hanya menguraikan kondisi ekosistem laut yang ada di Pantai Utara Jawa bagian barat, tetapi juga menegaskan pentingnya intervensi berbasis sains untuk menyelamatkan terumbu karang. Sebagai praktisi lingkungan, saya melihat naskah ini mampu menjembatani ilmu pengetahuan dengan aksi nyata."

Harapannya semoga buku ini dapat memberi pembelajaran praktis kepada masyarakat untuk melakukan kegiatan pemulihan terumbu karang yang telah rusak dan mendorong pemulihan terumbu karang sebagai media penelitian untuk masyarakat khususnya mahasiswa dalam mendukung kegiatan ilmiah mereka."

**(Djanuar, Praktisi dan Peneliti Terumbu Karang,
purnabakti KLH Direktorat Jenderal PPKL)**



"Buku ini memberikan gambaran dan membuka wawasan masyarakat akan keunikan perairan sekitar pesisir Pantai Utara Laut Jawa. Kerap diasosiasikan dengan Pantai Utara yang coklat dan kumuh, ternyata Perairan Pantura di sebelah barat menyimpan potensi sumber daya alam yang mengagumkan. Tidak hanya itu, buku ini juga menampilkan dua sisi koin mata uang, dimana potensi selalu bersanding dengan ancaman kerusakan. Upaya-upaya rehabilitasi dan pelestarian juga tidak luput dari kacamata penulis, sehingga pembaca dapat mengambil manfaat dan bahan pertimbangan bagi pelestarian lingkungan yang lebih baik di kemudian hari."

**(Dyah Ayu, Kepala Bidang Kelautan pada Dinas Kelautan
dan Perikanan Provinsi Jawa Barat)**



"Sebagai masyarakat pesisir, saya menyambut baik hadirnya buku ini. Naskah ini menegaskan peran nelayan dan warga sebagai pelaku utama pelestarian laut, sekaligus menunjukkan bahwa kerja sama dengan pemerintah dan perusahaan dapat meningkatkan kesejahteraan. Semoga buku ini mendorong kesadaran, partisipasi, dan menginspirasi banyak pihak dalam menjaga lingkungan laut."

(Ade Darsono, Kepala Dusun Tangkolak Barat)



Buku ini sungguh menginspirasi karena menunjukkan bahwa pemulihan terumbu karang di Pantai Utara Laut Jawa bagian Barat bukanlah angan-angan, melainkan sebuah upaya nyata yang dapat diwujudkan melalui kolaborasi semua pihak—mulai dari masyarakat pesisir, akademisi, pemerintah, hingga sektor swasta. Melalui penjelasan yang rinci dan berbasis data, buku ini menegaskan bahwa restorasi tidak hanya berfokus pada pelestarian keanekaragaman hayati laut, tetapi juga berdampak langsung pada keberlanjutan sosial dan ekonomi masyarakat yang kehidupannya bergantung pada laut.

Lebih dari sekadar catatan ilmiah, karya ini juga menjadi ajakan moral dan praktis untuk terus memperkuat kesadaran, memperluas edukasi, dan mendorong aksi nyata di lapangan. Kisah tentang inovasi, tantangan, dan keberhasilan yang diuraikan memberikan harapan baru bahwa ekosistem yang telah terdegradasi masih bisa dipulihkan jika dikelola dengan ilmu, kepedulian, dan kebersamaan.

Dengan demikian, buku ini layak menjadi rujukan tidak hanya bagi kalangan akademik dan praktisi, tetapi juga bagi masyarakat luas yang ingin memahami betapa pentingnya menjaga keberlanjutan ekosistem laut Indonesia. Sebuah karya yang patut diapresiasi sekaligus dijadikan inspirasi untuk menyalakan semangat konservasi di berbagai wilayah pesisir Nusantara.

(Prof. Dr. Ir. Yusli Wardiatno, M.Sc, Guru Besar IPB University)



"Buku ini menyalakan kembali semangat kami sebagai penggiat konservasi di lapangan. Setiap proses, dari edukasi masyarakat hingga transplantasi karang, ditulis dengan jelas sehingga bisa menjadi panduan sekaligus inspirasi. Naskah ini menunjukkan bahwa kolaborasi antara masyarakat, akademisi, dan perusahaan bisa melahirkan harapan baru bagi laut Karawang."

(Dama, Penggiat Terumbu Karang Komunitas Pandu Alam Sendulang)



"Buku ini tidak hanya menyajikan data ilmiah yang komprehensif mengenai kondisi ekosistem peisir Karawang tetapi juga menjelaskan metode penelitian dan implementasi program dengan sangat rinci dan mudah dipahami. Pendekatan multidisiplin yang diusung dalam buku ini, menggabungkan aspek ekologi, biologi kelautan, serta partisipasi masyarakat, menjadi model ideal bagi inisiatif konservasi di wilayah pesisir lainnya. Buku ini membuktikan bahwa dengan kolaborasi yang kuat, landasan ilmiah dan inovasi yang tepat dapat meningkatkan resiliensi ekosistem laut."

(Dea Fauzia Lestari, S.I.K., M.Si, Director of EMBRIO (Enhancing Marine Biodiversity Research in Indonesia) Dosen Ilmu Kelautan IPB University)



Daftar Isi

Daftar Isi	vi
Daftar Tabel	x
Daftar Gambar	xii
Setetes Embun Dari Penulis	xv
Bab 1: Laut Pantai Utara Jawa Bagian Barat – Potensi dan Tantangan.....	1
1.1 Karakteristik Geografis, Kondisi Perairan dan Ekosistem	3
1.2 Sejarah Ekosistem Laut Jawa Bagian Barat.....	4
1.2.1 Masa Sebelum Industrialisasi: Ekosistem yang Seimbang dan Kaya	4
1.2.2 Tahun 1980-an: Awal Transformasi Besar di Daratan	4
1.2.3 Tahun 1990-2000-an: Budidaya Tambak dan Reklamasi Menekan Habitat Alami.....	5
1.2.4 Kebijakan dan Pengelolaan Pesisir Era Modern.....	5
1.3 Potensi Perikanan, Wisata, dan Keanekaragaman Hayati	5
1.3.1 Potensi Perikanan	5
1.3.2 Potensi Wisata Bahari.....	6
1.3.3 Keanekaragaman Hayati	6
1.4 Ancaman Lingkungan: Sedimentasi, Pencemaran Industri, Alih Fungsi Lahan Pesisir Laut Jawa bagian barat	7
1.4.1 Sedimentasi dan Erosi	7
1.4.2 Limbah Industri dan Sampah Rumah Tangga.....	7
1.4.3 Alih Fungsi Lahan	7
Bab 2: Mengapa Terumbu Karang Perlu Direstorasi?	9
2.1 Kondisi Terumbu Karang Saat Ini di Pantai Utara Jawa Bagian Barat.....	11
2.2 Dampak Kerusakan Terhadap Nelayan dan Ekosistem.....	12
2.2.1 Dampak Sosial-Ekonomi Terhadap Komunitas Nelayan.....	12
2.2.2 Dampak Ekologis	12
2.2.3 Gangguan Terhadap Jasa Ekosistem Pesisir	12
2.3 Penetapan Kawasan Perairan Sesuai RZWP3K.....	13
2.3.1 Zonasi Konservasi di Pantai Utara Jawa Bagian Barat	13
2.3.2 Implementasi Kebijakan dan Tantangan Pengelolaan.....	14

Bab 3: Awal Mula Ide Program Transplantasi Karang di Laut Jawa Bagian Barat	15
3.1 Latar Belakang Program Transplantasi Karang yang Lahir dari Inisiatif PHE ONWJ	16
3.2 Tujuan dan Visi Jangka Panjang PHE ONWJ dalam Konservasi Ekosistem Terumbu Karang	20
3.3 Mitra Pelaksana dan Pendukung Program OTAK JAWARA	21
3.3.1 Dinas Perikanan Provinsi Jawa Barat	21
3.3.2 Institut Pertanian Bogor	21
3.3.3 Komunitas Masyarakat Penggiat Konservasi (Pandu Alam Sendulang)	22
3.3.4 Pemerintah Desa Sukakerta dan Masyarakat Desa Sukakerta	22
Bab 4: Persiapan dan Perencanaan	23
4.1 Survei lokasi transplantasi	24
4.1.1 Pulau Biawak, Indramayu	24
4.1.2 Sendulang, Karawang	25
4.2 Pemilihan Metode Transplantasi	28
4.2.1 Metode Honai di Pulau Biawak, Indramayu	28
4.2.1 Metode Paranje di Sendulang, Karawang	29
4.3 Koordinasi dan kolaborasi	31
4.3.1 Koordinasi dan kolaborasi dengan pemangku kepentingan di Pulau Biawak....	31
4.3.2 Koordinasi dan kolaborasi dengan pemangku kepentingan di Sendulang	31
4.4 Inovasi metodologi lainnya yang pernah dilakukan	32
4.4.1 Inovasi Metode Media Rak di Pulau Biawak, Indramayu	32
4.4.2 Inovasi Metode Line Transplan di Sendulang, Karawang	33
Bab 5: Proses Transplantasi di Lapangan	35
5.1 Social Engagement Komunitas dan Masyarakat Lokal	36
5.1.1 Diskusi Awal Bersama Warga Lokal	36
5.1.2 Capacity Building dan Refrehsment Briefing	37
5.2 Proses Pembuatan dan Pemasangan Struktur Media Transplantasi	38
5.2.1 Persiapan Alat dan Bahan	38
5.2.2 Proses Percetakan Modul	39
5.2.3 Proses Pengeringan (Curing)	40

5.3 Mobilisasi Media Transplantasi dan Penempelan Fragmen Karang.....	40
5.3.1 Mobilisasi Media Transplantasi	40
5.3.1 Persiapan dan Pemilihan Lokasi Donor	41
5.3.2 Kriteria Pemilihan Fragmen	41
5.3.3 Proses Pemanenan dan Penempelan Fragmen	41
5.3.4 Penanganan Setelah Pemanenan	42
5.3.5 Penempelan Fragmen Karang ke Media Transplan	43
Bab 6: Monitoring dan Evaluasi	45
6.1 Metodologi Pemantauan	46
6.1.1 Lokasi Kajian dan Pengambilan Data	46
6.1.2 Parameter yang Dikaji dalam Monitoring	47
6.1.3 Metode Pengumpulan Data	47
6.1.4 Metode Analisis Data	51
6.2 Hasil Awal dan Pembelajaran	52
6.2.1 OTAK JAWARA dengan Menerapkan Inovasi Modul Honai di Gugus Karang Pulau Biawak.....	52
6.2.2 OTAK JAWARA dengan Menerapkan Inovasi Modul Paranje di Gugus Karang Sendulang.....	66
6.3 Masalah yang Dihadapi dan Solusi di Lapangan	84
6.3.1 Tantangan Teknis Monitoring.....	84
6.3.2 Tantangan Biologi dan Ekologi.....	85
6.3.3 Tantangan Sosial dan Kelembagaan.....	85
6.3.4 Tantangan Logistik dan Operasional	86
6.3.5 Adaptasi Protokol Monitoring.....	86
Bab 7: Dampak Program bagi Karawang dan Indramayu.....	87
7.1 Inovasi Modul Honai di Gugus Karang Pulau Biawak	88
7.1.1 Peningkatan Jumlah Genus Karang	88
7.1.2 Peningkatan Jumlah Spesies Ikan Karang.....	92
7.1.3 Peningkatan Jumlah Spesies Biota Asosiasi Karang Lainnya	96
7.2. Inovasi Modul Paranje di Gugus Karang Sendulang	98
7.2.1 Peningkatan Genus Karang Transplan.....	98
7.2.2. Peningkatan Jumlah Spesies Ikan Karang.....	99
7.2.3 Peningkatan Jumlah Spesies Biota Asosiasi Karang Lainnya	100

7.3 Dampak Sosial.....	101
7.4 Perbandingan Dampak.....	102
Bab 8: Kolaborasi dan Partisipasi Masyarakat.....	103
8.1 Kegiatan Edukasi Masyarakat	104
8.2 Peran Nelayan dalam Perlindungan dan Pengawasan Ekosistem Terumbu Karang	105
8.3 Dukungan Stakeholder Terkait	106
Bab 9: Refleksi dan Rekomendasi.....	107
9.1 Lessons Learned.....	108
9.1.1 Pembelajaran dari Aspek Inovasi Teknologi.....	108
9.1.2 Pembelajaran dari Dampak Positif Lingkungan	108
9.1.3 Pembelajaran Positif dari Aspek Masyarakat.....	109
9.1.4 Pembelajaran dari Kolaborasi Multi-Stakeholder.....	110
9.2 Saran untuk Keberlanjutan dan Pengembangan Wilayah Lain di Pesisir Karawang.....	110
9.2.1 Penguatan Program di Lokasi Existing	110
9.2.2 Ekspansi ke Wilayah Pesisir Lain di Karawang.....	111
9.2.3 Penguatan Kelembagaan dan Kapasitas.....	111
9.3 Peluang Replikasi Program di Wilayah Pesisir Lain	111
9.3.1 Identifikasi Wilayah Kerja Potensial PHE ONWJ	111
9.3.2 Grand Design Konservasi Regional.....	112
Bab 10: Potensi Pengembangan di Masa Depan	113
10.1 Dampak Ekonomi yang Sudah Terukur	114
10.1.1 Peningkatan Hasil Tangkapan	114
10.1.2 Munculnya Aktivitas Ekonomi Baru.....	114
10.2 Potensi Wisata Bahari dan Edukasi	115
10.2.1 Konsep "Living Laboratory"	115
10.2.2 Model Pengelolaan Wisata Berkelanjutan.....	116
10.3 Pengembangan Ekonomi Kreatif dan Kemitraan.....	116
10.3.1 Produk dan Jasa Berbasis Konservasi	116
10.3.2 Integrasi dengan Sektor Swasta	116
Daftar Pustaka	117
Dokumentasi tambahan	119

Daftar Tabel

Tabel 4. 1 Persen Penutupan Substrat Karang (%) di Pulau Biawak.....	25
Tabel 4. 2 Persen Penutupan Substrat Karang (%) di Perairan Sendulang	26
Tabel 4. 3 Frekuensi Pemunculan Life Form Terumbu Karang di Stasiun Pengamatan.	27
Tabel 6. 1 Kategori Bentuk Pertumbuhan Substrat Terumbu Karang	49
Tabel 6. 2 Life Form yang Ditransplan Selama Program OTAK Jawara dengan Menerapkan Inovasi Modul Honai Berlangsung.....	52
Tabel 6. 3 Jumlah Fragmen dari Masing-Masing Genus yang Ditransplan Selama Program Berlangsung	53
Tabel 6. 4 Komposisi Jumlah Spesies Ikan Karang di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak	56
Tabel 6. 5 Komposisi Jumlah Individu Ikan Karang yang Dijumpai di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak.....	58
Tabel 6. 6 Indeks Keanekaragaman Ikan Karang di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak	59
Tabel 6. 7 Indeks Keceragaman dan Indeks Dominansi Ikan Karang di Areal Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak pada Tahun 2024.....	60
Tabel 6. 8 Komposisi Jumlah Spesies Biota Asosiasi Karang Lainnya di Lokasi Transplantasi Karang di Gugus Karang Pulau Biawak.....	62
Tabel 6. 9 Komposisi Jumlah Individu Biota Asosiasi Karang Lainnya yang Dijumpai di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak	63
Tabel 6. 10 Indeks Keanekaragaman Biota Asosiasi Lain di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak	63
Tabel 6. 11 Indeks Keceragaman dan Indeks Dominansi Ikan Karang di Areal Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak	64
Tabel 6. 12 Areal Transplantasi Program OTAK JAWARA di Gugus Karang Sendulang	67
Tabel 6. 13 Life Form yang Ditransplan Selama Program OTAK JAWARA dengan Menerapkan Inovasi Modul Paranje Berlangsung	67
Tabel 6. 14 Jumlah Fragmen dari Masing-Masing Genus yang Ditransplan Selama Program Berlangsung	69
Tabel 6. 15 Data Kegiatan Transplantasi Terumbu Karang di Gugus Karang Sendulang pada Tahun 2024	71

Tabel 6. 16 Jumlah Media Transplantasi pada Program OTAK JAWARA di Gugus Karang Sendulang	72
Tabel 6. 17 Jumlah Fragmen yang Ditransplan di Gugus Karang Sendulang	73
Tabel 6. 18 Luas Areal Transplantasi Program OTAK JAWARA dengan Menerapkan Inovasi Modul Paranje di Gugus Karang Sendulang	73
Tabel 6. 19 Komposisi Jumlah Spesies Ikan Karang di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang	75
Tabel 6. 20 Komposisi Jumlah Individu Ikan Karang yang Dijumpai di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang	76
Tabel 6. 21 Indeks Keanekaragaman Ikan Karang di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang	78
Tabel 6. 22 Indeks Keseragaman dan Indeks Dominansi Ikan Karang di Areal Transplantasi di Gugus Karang Sendulang	78
Tabel 6. 23 Komposisi Jumlah Spesies Biota Asosiasi Karang Lainnya di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang	80
Tabel 6. 24 Komposisi Jumlah Individu Biota Asosiasi Lain yang Dijumpai di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang	82
Tabel 6. 25 Indeks Keanekaragaman Biota Asosiasi Lain di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang	82
Tabel 6. 26 Indeks Keseragaman dan Indeks Dominansi Ikan Karang di Areal Transplantasi di Gugus Karang Sendulang	83
Tabel 7. 1 Jumlah Genus Karang yang Ditransplantasi dan yang Tumbuh dari Suksesi Alami di Modul Honai.....	89
Tabel 7. 2 Peningkatan Jumlah Spesies Ikan Karang Periode Tahun 2017–2024 di Lokasi Transplantasi Gugus Karang Pulau Biawak	94
Tabel 7. 3 Komposisi Jumlah Spesies Biota Asosiasi Karang Lainnya di Lokasi Transplantasi Karang di Gugus Karang Pulau Biawak.....	96
Tabel 7. 4 Jumlah Fragmen dari Masing-Masing Genus yang Ditransplan Selama Program Berlangsung	98
Tabel 7. 5 Komposisi Jumlah Spesies Biota Asosiasi Karang Lainnya di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang	100

Daftar Gambar

Gambar 4. 1 Foto Kondisi Terumbu Karang di Stasiun Pengamatan Perairan Pulau Biawak	25
Gambar 4. 2 Foto Kondisi Terumbu Karang di Stasiun Pengamatan Perairan Karawang, Jawa Barat	26
Gambar 4. 3 Sedimentasi yang Terjadi di Bagian Atas Honai di Pulau Biawak, Meskipun Tingkat Kekeruhan di Pulau Biawak Relatif Rendah.	29
Gambar 4. 4 Desain Modul Paranje.....	29
Gambar 4. 5 Transplantasi Terumbu Karang dengan Metode Penempelan Fragmen pada Modul Paranje dan Line Transplan di Gugus Karang Sendulang.....	30
Gambar 4. 6 Dokumentasi Kegiatan Koordinasi dan Perencanaan	32
Gambar 4. 7 Inovasi Media Rak yang telah Dilakukan.....	33
Gambar 4. 8 Inovasi Metode Line Transplan di Sendulang, Karawang.....	34
Gambar 5. 1 Diskusi Awal Bersama Warga Lokal pada Tanggal 17 Juni 2022 Desa Sukakerta - Kab. Karawang Bersama PHE ONWJ, PPLH IPB, Dinas Perikanan Kabupaten Karawang, Pemerintah Desa Sukakerta, Lembaga Pandu Alam Sendulang, dan Masyarakat Desa Sukakerta	37
Gambar 5. 2 Kegiatan Capacity Building dan Transplantasi Karang Bersama PHE ONWJ, PPLH IPB, Dinas Perikanan Kabupaten Karawang, Pemerintah Desa Sukakerta, dan Lembaga Pandu Alam Sendulang di Desa Sukakerta Kab. Karawang tanggal 29 Juni 2022.....	38
Gambar 5. 3 Proses Percetakan Modul dengan Melibatkan Masyarakat Lokal.....	40
Gambar 5. 4 Pengeringan Paranje	41
Gambar 5. 5 Proses Pemanenan Fragmen Karang.....	42
Gambar 5. 6 Proses Penempelan Fragmen Karang ke Media Transplantasi.....	43
Gambar 6. 1 Peta Lokasi Monitoring Kegiatan Transplantasi dan Keanekaragaman Hayati Ekosistem Terumbu Karang	47
Gambar 6. 2 Proses Pengambilan Data Menggunakan Metode LIT	48
Gambar 6. 3 Ilustrasi Pengambilan Data Terumbu Karang	51
Gambar 6. 4 Ilustrasi Pengambilan Data Ikan Karang Serta Biota Asosiasi Karang Lainnya	51
Gambar 6. 5 Life Form Karang yang Ditransplan di Modul Honai	53
Gambar 6. 6 Acropora yang Tumbuh Menjulung di Modul Honai Hasil Kegiatan Transplantasi Terumbu Karang di Gugus Karang Pulau Biawak.....	54
Gambar 6. 7 Transplantasi Genus Lainnya pada Modul Honai.....	55
Gambar 6. 8 Beberapa Jenis Ikan Karang yang Ditemukan di Sekitar Lokasi Transplantasi di Gugus Pulau Biawak	57

Gambar 6. 9 Kecenderungan Kelimpahan (Komposisi Jumlah Individu) Ikan Karang (ekor) di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak pada Tahun 2020-2024.....	60
Gambar 6. 10 Kecenderungan Indeks Keanekaragaman (H') Ikan Karang di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak pada Periode Tahun 2020-2024	61
Gambar 6. 11 Biota Asosiasi Karang yang Ditemukan di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak	62
Gambar 6. 12 Kecenderungan Indeks Keanekaragaman (H') Biota Asosiasi Karang Lainnya di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak pada Periode Tahun 2020-2024	65
Gambar 6. 13 Kecenderungan Indeks Keanekaragaman (H') Biota Asosiasi Karang Lainnya pada Areal Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak pada Periode Tahun 2020-2024	65
Gambar 6. 14 Transplantasi Terumbu Karang dengan Metode Penempelan Fragmen pada Modul Paranje dan Line Transplan di Gugus Karang Sendulang	66
Gambar 6. 15 Life Form Karang yang Ditransplan di Modul Paranje.....	68
Gambar 6. 16 Acropora yang Tumbuh di Modul Paranje Hasil Kegiatan Transplantasi Terumbu Karang di Gugus Karang Sendulang	69
Gambar 6. 17 Genus Lainnya yang Ditransplan di Modul Paranje.....	70
Gambar 6. 18 Tahapan Kegiatan Transplantasi dengan Metode Penempelan Fragmen pada Paranje	71
Gambar 6. 19 Kecenderungan Total Media Transplantasi pada Program OTAK JAWARA dengan Menerapkan Inovasi Modul Paranje di Gugus Karang Sendulang dari Periode Tahun 2022 – 2024	72
Gambar 6. 20 Kecenderungan Fragmen yang Ditransplan pada Program OTAK JAWARA dengan Menerapkan Inovasi Modul Paranje di Gugus Karang Sendulang pada Periode Tahun 2022 – 2024	73
Gambar 6. 21 Kecenderungan Total Luas Areal Transplantasi Program OTAK JAWARA dengan Menerapkan Inovasi Modul Paranje di Gugus Karang Sendulang pada Tahun 2022 – 2024	74
Gambar 6. 22 Beberapa Jenis Ikan Karang yang Ditemukan di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang.....	76
Gambar 6. 23 Kawanan ikan Buna Emas (<i>Platax boersii</i>) yang Ditemukan di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang	77
Gambar 6. 24 Kecenderungan Kelimpahan Ikan Karang di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang pada Periode Tahun 2022-2024	79
Gambar 6. 25 Kecenderungan Indeks Keanekaragaman (H') Ikan Karang di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang pada Tahun 2022-2024	79
Gambar 6. 26 Biota Asosiasi Karang yang Ditemukan di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang.....	81

Daftar Gambar

Gambar 6. 27 Kecenderungan Kelimpahan (Komposisi Jumlah Individu) Biota Asosiasi Karang Lainnya di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang pada Periode Tahun 2022-2024	83
Gambar 6. 28 Kecenderungan Indeks Keanekaragaman (H') Biota Asosiasi Karang Lainnya di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang pada Periode Tahun 2022-2024	84
Gambar 7. 1 Peningkatan Jumlah Genus Karang di Lokasi Transplantasi Gugus Karang Pulau Biawak	89
Gambar 7. 2 Genus Karang yang Hidup Secara Alami di Modul Honai	91
Gambar 7. 3 Genus Hasil Transplantasi pada Modul Honai	91
Gambar 7. 4 Acropora yang Tumbuh Menjulangi Modul Honai Hasil Kegiatan Transplantasi Terumbu Karang di Gugus Karang Pulau Biawak	92
Gambar 7. 5 Beberapa Jenis Ikan Karang yang Ditemukan di Sekitar Lokasi Transplantasi di Gugus Pulau Biawak	93
Gambar 7. 6 Kawanannya Ikan Karang yang Ditemukan di Sekitar Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak	93
Gambar 7. 7 Peningkatan jumlah Spesies Ikan Karang di Lokasi Transplantasi Gugus Karang Pulau Biawak Tahun 2017–2024	94
Gambar 7. 8 Peningkatan Jumlah Spesies Biota Asosiasi Karang Lain di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak pada Tahun 2017 hingga Tahun 2024	97
Gambar 7. 9 Beberapa Jenis Asosiasi Karang Lain yang Ditemukan di Sekitar Lokasi Transplantasi di Gugus Pulau Biawak	97
Gambar 7. 10 Beberapa Spesies Ikan Karang yang Ditemukan di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang	99
Gambar 7. 11 Peningkatan Jumlah Spesies Ikan Karang di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang pada Tahun 2022 sampai Tahun 2024	100
Gambar 7. 12 Peningkatan Jumlah Spesies Biota Asosiasi Karang Lainnya di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang pada Tahun 2022 sampai Tahun 2024	101

Sebutir Mutiara Dari Penulis

Apakah Anda sudah mengetahui cerita di balik Laut Jawa?. Dahulu, di bawah permukaannya terdapat taman kehidupan yang penuh warna terumbu karang. Sayangnya, taman itu perlahan rusak lalu hilang, terutama di Pantai Utara Jawa bagian barat. Sedimentasi, pencemaran, dan aktivitas manusia (antropogenik) membuat karang-karang yang dulu indah kini banyak yang mengalami degradasi dan rusak parah. Berangkat dari kegelisahan itulah buku "Taman Bawah Laut yang Hilang: Cerita Transplantasi Karang di Laut Jawa" lahir keharibaan khalayak.

Buku ini tidak hanya berisi data, tetapi juga kisah perjalanan sebuah upaya pemulihan ekosistem terumbu karang. Buku ini memaparkan bagaimana gagasan transplantasi karang muncul, siapa saja yang terlibat, metode yang dipakai, hingga bagaimana hasilnya memunculkan harapan baru bagi masyarakat pesisir. Ada cerita tentang kerjasama dengan nelayan, semangat komunitas lokal, hingga peran akademisi dan perusahaan yang bersatu untuk melebur bersinergi menjaga laut.

Kami ingin mengajak pembaca menyelami dunia bawah laut yang jarang terlihat mata. Melalui bab demi bab akan menemukan potret kondisi laut, alasan mengapa terumbu karang perlu diselamatkan, hingga kisah nyata di lapangan ketika modul transplantasi diturunkan ke dasar laut. Lebih jauh lagi, akan melihat dampak nyata, bukan hanya bagi biota laut, tetapi juga bagi masyarakat pesisir yang kehidupannya (*livelihood*) sangat bergantung pada laut.

Buku ini merupakan hasil kerja kolaboratif yang lahir dari semangat bersama. Berbagai pihak turut berperan mulai dari masyarakat pesisir, peneliti, pemerintah daerah, hingga PHE ONWJ sebagai perusahaan yang memfasilitasi terlaksananya kegiatan restorasi terumbu karang untuk mewujudkan kembali taman laut yang hilang. Kepada semua pihak tersebut, kami menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya atas dedikasi dan kontribusi yang diberikan.

Tanpa kebersamaan dan sinergi tersebut, kisah pemulihan terumbu Karang di laut Jawa ini mungkin hanya akan tersimpan sebagai catatan kecil. Namun berkat kerjasama yang terjalin, upaya ini dapat tumbuh menjadi cerita besar tentang harapan, yang menunjukkan bahwa ekosistem laut yang rusak masih memiliki peluang untuk pulih dan kembali memberi kehidupan.

Harapan kami, buku ini tidak hanya dibaca, tetapi juga menginspirasi. Semoga semakin banyak orang yang tergerak untuk peduli pada laut, mendukung konservasi, dan percaya bahwa alam yang rusak masih bisa dipulihkan. Karena laut yang sehat bukan hanya milik kita hari ini, tetapi juga warisan untuk generasi yang akan datang.

Jakarta, September 2025

Tim Penulis

An aerial photograph of three small, colorful fishing boats on a vast expanse of turquoise water. The boats are decorated with various colors and patterns. One boat on the left has a red and white striped canopy. Another boat in the upper right has a blue canopy. The third boat, in the lower right, is yellow and blue and is loaded with white sacks. The water is calm with gentle ripples. A thin white vertical line divides the image into two halves.

B A B 01.

Laut Pantai Utara Jawa Bagian Barat

- Potensi &
Tantangan



Pantai Utara Jawa, atau yang biasa disebut Pantura, merupakan salah satu kawasan pesisir terpanjang dan paling berpengaruh di Indonesia. Garis pantainya membentang dari Provinsi Banten di barat hingga Jawa Timur di timur, melewati berbagai wilayah yang kaya akan kehidupan laut dan aktivitas ekonomi masyarakat. Sejak zaman kolonial hingga sekarang, Pantura dikenal sebagai jalur utama transportasi dan perdagangan, serta menjadi pusat berkembangnya industri di Pulau Jawa (Marfai *et al.*, 2015).

Yang membuat pesisir Laut Jawa bagian barat menarik bukan hanya kekayaan jenis hewan dan tumbuhan lautnya, tetapi juga kerentanannya terhadap berbagai perubahan lingkungan. Dalam beberapa dekade terakhir, wilayah ini menghadapi banyak tekanan akibat industri yang berkembang pesat di daratan, perubahan fungsi lahan pantai, serta aktivitas perikanan yang intensif yang telah memberi dampak besar terhadap kondisi lingkungan laut dan pesisir (Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2019).

Penelitian menunjukkan bahwa wilayah Laut Jawa bagian barat menyimpan sumber daya alam yang sangat berharga. Di sini masih terdapat terumbu karang, padang lamun, hutan mangrove, serta hasil perikanan tangkap dan budidaya yang menjadi tumpuan hidup banyak masyarakat pesisir. Namun, semua kekayaan itu kini berada dalam kondisi yang mengkhawatirkan akibat masalah sedimentasi, pencemaran dari industri, dan perubahan fungsi lahan yang menyebabkan kerusakan habitat-habitat penting di laut. Karena itulah, penting bagi kita untuk memahami kondisi wilayah ini secara menyeluruh, baik dari sisi geografis, ekologi, maupun tantangan yang sedang dihadapi, agar upaya pengelolaan dan pelestarian lingkungan Laut Jawa bagian barat bisa dilakukan dengan tepat dan berkelanjutan.

1.1 Karakteristik Geografis, Kondisi Perairan dan Ekosistem

Pantai Utara Jawa bagian Barat (selanjutnya disebut Pantura Barat) membentang sepanjang ± 250 km dari pesisir Kabupaten Bekasi di barat hingga Cirebon di timur. Wilayah ini merupakan bagian dari jalur pesisir paling padat aktivitas di Indonesia, baik dari segi kependudukan, industri, maupun perikanan. Secara geografis, kawasan ini berupa dataran rendah aluvial dengan elevasi rata-rata 0–10 meter di atas permukaan laut, sehingga sangat rentan terhadap abrasi, banjir rob, dan intrusi air laut (Pribadi *et al.*, 2019).

Perairan Pantura Barat dipengaruhi oleh sejumlah sungai besar:

- a. **Sungai Citarum** yang bermuara di Karawang, dikenal sebagai sungai paling tercemar di Indonesia akibat kombinasi limbah industri, domestik, dan pertanian (Lechner *et al.*, 2020).
- b. **Sungai Cimanuk** di Indramayu, membawa debit air dan sedimen sangat besar sehingga menimbulkan akresi dan abrasi pesisir secara bersamaan (Wirasatriya *et al.*, 2016).
- c. Sungai-sungai kecil lain seperti Cipunegara (Subang), Cilamaya (Karawang), dan Kriyan (Cirebon) ikut membentuk morfologi pesisir melalui suplai sedimen.

Kondisi oseanografi kawasan ini dipengaruhi angin muson. Pada musim barat (Desember–Februari), angin mendorong arus ke arah timur, meningkatkan kekeruhan perairan, dan sering menyebabkan banjir rob. Sebaliknya, pada musim timur (Juni–Agustus), arus bergerak ke arah barat dengan gelombang relatif lebih tenang, sehingga lebih banyak dimanfaatkan untuk aktivitas penangkapan ikan (Nontji, 2017).

Kondisi perairan dan arus laut di wilayah ini dipengaruhi oleh pasang surut yang bercampur dengan pola harian yang kuat. Arus ini membawa lumpur dan sedimen dari daratan, terutama dari tiga sungai besar yang bermuara di Karawang yaitu Citarum, Cibeet, dan Cipunegara. Sedimen inilah

yang membuat air laut menjadi keruh dan membatasi sinar matahari masuk ke dasar laut, sehingga mengganggu pertumbuhan lamun dan terumbu karang yang membutuhkan cahaya untuk berfotosintesis (Cordova *et al.*, 2021).

Rata-rata jarak pandang di dalam air Laut Jawa bagian utara hanya sekitar 1 sampai 2 meter, apalagi di dekat muara sungai. Suhu laut biasanya berkisar antara 28–31 derajat Celsius, kadar garam (salinitas) sekitar 29–33 bagian per seribu, dan pH air tergolong netral, yaitu antara 7,8 hingga 8,2. Namun, kandungan zat hara seperti nitrat dan fosfat cukup tinggi, terutama di musim hujan, yang menandakan terjadinya kondisi yang disebut eutrofikasi ringan sampai sedang, yakni kelebihan nutrisi yang dapat menyebabkan ledakan alga (Sachoeemar *et al.*, 2019).

Meskipun pesisir Pantai Utara Jawa bagian barat saat ini sudah banyak berubah karena aktivitas manusia, masih ada beberapa jenis ekosistem pesisir yang sangat penting dan berharga. Keberadaan ekosistem ini tidak hanya mendukung kehidupan berbagai makhluk laut, tetapi juga memberikan manfaat besar bagi manusia. Berikut adalah beberapa ekosistem utama yang masih bisa ditemukan di pesisir Pantai Utara Jawa bagian barat:

a. Hutan Mangrove

Hutan mangrove tumbuh terutama di sekitar muara sungai dengan jenis-jenis yang umum ditemukan di sini antara lain *Rhizophora mucronata*, *Avicennia marina*, dan *Sonneratia alba*. Tanaman-tanaman ini memiliki peran penting sebagai pelindung pantai dari abrasi (pengikisan oleh ombak) dan menyaring limbah yang terbawa dari darat sebelum masuk ke laut (Kusmana *et al.*, 2018).

b. Padang Lamun

Padang lamun merupakan tumbuhan laut berbunga yang tumbuh di dasar laut dangkal. Di Pantai Utara Jawa bagian barat, lamun seperti *Enhalus acoroides*, *Thalassia hemprichii*, dan *Halodule uninervis* masih bisa ditemukan di beberapa lokasi lepas pantai. Sayangnya, luas padang lamun ini terus berkurang karena

banyaknya lumpur yang menutupi dasar laut dan pertumbuhan alga yang tidak terkendali (Sjafrie *et al.*, 2018).

c. Terumbu Karang

Beberapa gugusan terumbu karang masih bisa ditemukan, seperti di Karang Sendulang, Karang Bandengan, dan Karang Bengkok. Terumbu ini terdiri dari karang keras dan lunak, tetapi kondisinya cukup rapuh dan sebagian besar tutupan karangnya sudah berkurang, hanya menyisakan tingkat tutupan hidup yang rendah sampai sedang.

d. Zona Pasang Surut dan Dasar Laut Berlumpur

Daerah zona pasang surut dan dasar laut berlumpur menjadi rumah bagi berbagai jenis hewan dasar laut, seperti kerang darah (*Anadara granosa*), kerang hijau (*Perna viridis*), dan cacing laut (polychaeta). Selain itu, wilayah ini juga menjadi tempat penting untuk budidaya kerang dan rajungan yang dilakukan oleh masyarakat pesisir.

Semua ekosistem ini memiliki peran penting, baik bagi alam maupun manusia, karena mereka menjadi tempat pembesaran bagi ikan-ikan muda, menyerap karbon dioksida dari atmosfer, serta melindungi garis pantai dari kerusakan akibat ombak besar dan badai (Bengen, 2004).

1.2 Sejarah Ekosistem Laut Jawa Bagian Barat

Wilayah pesisir Laut Jawa bagian barat sejak dahulu merupakan kawasan yang kaya akan sumber daya laut dan memiliki ekosistem yang sangat penting bagi kehidupan masyarakat sekitarnya. Laut bukan hanya menjadi tempat mencari nafkah, tetapi juga menjadi bagian dari budaya, identitas, dan sistem sosial masyarakat pesisir.

1.2.1 Masa Sebelum Industrialisasi: Ekosistem yang Seimbang dan Kaya

Hingga dekade 1970-an, pesisir Laut Jawa bagian barat masih didominasi oleh ekosistem alami yang relatif utuh. Karawang dan Subang memiliki hamparan mangrove lebat di sepanjang muara sungai, berfungsi sebagai benteng alami dan penyedia sumber

daya bagi masyarakat lokal. Indramayu dikenal sebagai daerah yang kaya hasil laut, dengan pelabuhan tradisional yang ramai sejak abad ke-18 (Ricklefs, 2008).

Kegiatan utama masyarakat pesisir pada periode ini adalah:

- **Perikanan tangkap tradisional:** Nelayan menggunakan perahu kayu berlayar atau perahu motor tempel dengan jaring sederhana. Hasil tangkapan berupa ikan pelagis kecil (teri, tembang, kembung) dan ikan demersal (ikan belanak, kakap, dan rajungan).
- **Produksi garam:** Beberapa daerah pesisir, khususnya Cirebon dan Indramayu, sudah dikenal sebagai sentra garam rakyat.
- **Pemanfaatan mangrove:** Kayu mangrove digunakan untuk bahan bakar, daun nipah untuk atap, sementara area hutan menjadi lokasi mencari kerang darah dan kepiting bakau.

Keseimbangan ekologis relatif terjaga karena tingkat eksploitasi masih rendah dan jumlah penduduk belum padat. Seperti dicatat Bengen (2004), ekosistem mangrove, lamun, dan terumbu karang berfungsi sebagai sistem penyangga alami yang memastikan produktivitas perairan tinggi.

1.2.2 Tahun 1980-an: Awal Transformasi Besar di Daratan

Era 1980-an merupakan titik balik penting bagi Pantai Utara Jawa bagian barat. Pemerintah Orde Baru meluncurkan program industrialisasi dan pembangunan infrastruktur secara masif. Kabupaten Bekasi dan Karawang menjadi pusat pertumbuhan kawasan industri, sementara Subang dan Indramayu diarahkan menjadi lumbung pangan sekaligus sentra budidaya perikanan.

Beberapa peristiwa penting pada periode ini:

- **Ekspansi industri di Bekasi-Karawang:** Kawasan industri Jababeka (Cikarang) dan KIIC (Karawang International Industrial City) mulai dibangun. Limbah industri yang dibuang ke Sungai Citarum, Cibeet, dan Cilamaya mulai memengaruhi kualitas perairan pesisir (Damanhuri & Padmi, 2012).

- **Pembukaan tambak besar-besaran:** Subang, Indramayu, dan Karawang mengalami konversi lahan mangrove menjadi tambak bandeng dan udang. Program ini didorong oleh tingginya permintaan ekspor udang ke Jepang dan Amerika Serikat (Bailey, 1988).
- **Perubahan tata ruang pesisir:** Jalan Pantura yang membentang dari Jakarta hingga Cirebon mempercepat urbanisasi pesisir. Banyak desa nelayan berubah menjadi kawasan semi-perkotaan.

Dampak ekologis langsung terlihat: mangrove mulai berkurang drastis, kualitas air menurun, dan abrasi muncul di titik-titik tanpa pelindung alami.

1.2.3 Tahun 1990-2000-an: Budidaya Tambak dan Reklamasi Menekan Habitat Alami

Memasuki 1990-an hingga awal 2000-an, tekanan terhadap ekosistem pesisir semakin besar. Budidaya udang intensif berkembang pesat di Subang, Indramayu, dan Karawang. Produksi sempat melonjak, tetapi keberlanjutan tambak tidak terjaga akibat penyakit (white spot syndrome virus) dan degradasi kualitas lingkungan (Primavera, 2006).

Contoh kasus:

- **Karawang:** Hutan mangrove di Desa Cemara Jaya dan Tanjunggakis hampir habis digantikan tambak. Abrasi kemudian menghancurkan tambak dan menggeser garis pantai hingga 1 km ke daratan (Saputro *et al.*, 2018).
- **Indramayu:** Kawasan tambak luas di Kecamatan Pasekan dan Eretan kehilangan produktivitas akibat intrusi air laut.
- **Cirebon:** Reklamasi pantai untuk perluasan pelabuhan mempersempit ekosistem alami, menekan padang lamun dan mangrove.

Perubahan ini menunjukkan paradoks pembangunan: upaya meningkatkan ekonomi

jangka pendek melalui budidaya dan reklamasi justru menggerus fondasi ekologis yang menopang kehidupan masyarakat pesisir.

1.2.4 Kebijakan dan Pengelolaan Pesisir Era Modern

Sejak awal 2000-an, perhatian terhadap konservasi pesisir meningkat. Pemerintah daerah bersama kementerian terkait mulai menyusun kebijakan berbasis tata ruang pesisir. Dokumen penting adalah **Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP3K)** yang menjadi acuan pemanfaatan ruang laut di Jawa Barat (KKP, 2021).

Upaya yang telah dilakukan antara lain:

- **Rehabilitasi mangrove:** Program penanaman mangrove di Karawang (Desa Sedari, Cemara Jaya), Subang (Pamanukan), dan Indramayu. Meski tingkat keberhasilan bervariasi, inisiatif ini menunjukkan adanya kesadaran baru (Siry, 2011).
- **Konservasi Pulau Biawak (Indramayu):** Pulau ini dikembangkan sebagai kawasan wisata bahari berbasis konservasi, dengan terumbu karang yang relatif terjaga.
- **Kawasan konservasi lokal:** Karawang mulai menetapkan zona konservasi terumbu karang di perairan timur.
- **Keterlibatan masyarakat:** Program ekowisata mangrove berbasis masyarakat di Karawang dan Cirebon menjadi contoh kolaborasi lokal yang cukup berhasil.

Namun, tantangan tetap besar. Industrialisasi Karawang-Bekasi terus berkembang, tekanan reklamasi pesisir belum sepenuhnya terkendali, dan kapasitas pemerintah daerah dalam penegakan regulasi masih terbatas.

1.3 Potensi Perikanan, Wisata, dan Keanekaragaman Hayati

1.3.1 Potensi Perikanan

a. Perikanan Tangkap

Laut Jawa bagian barat merupakan salah satu sentra perikanan terbesar di Indonesia. Karakter perairannya yang dangkal, kaya nutrisi, dan produktif menjadikan

wilayah ini sebagai jalur migrasi ikan pelagis kecil serta habitat berbagai biota bernilai ekonomi tinggi. Menurut data KKP (2021), produksi perikanan tangkap Jawa Barat mencapai lebih dari 250 ribu ton per tahun, dengan kontribusi terbesar berasal dari Indramayu dan Cirebon. Jenis ikan dominan meliputi teri (*Stolephorus* spp.), tongkol (*Euthynnus affinis*), tembang (*Sardinella fimbriata*), serta rajungan (*Portunus pelagicus*). Karawang terkenal sebagai salah satu pemasok rajungan terbesar di Indonesia, dengan lebih dari 10 ribu rumah tangga nelayan bergantung pada komoditas ini (Susanto *et al.*, 2021).

b. **Budidaya Laut**

Subang dan Indramayu menjadi pusat budidaya tambak udang vaname (*Litopenaeus vannamei*) dan bandeng (*Chanos chanos*). Luas tambak di Indramayu tercatat lebih dari 20 ribu ha, meski produktivitas bervariasi akibat masalah kualitas air dan penyakit. Karawang juga memiliki tambak tradisional di muara Sungai Citarum dan Cilamaya. Hasil perikanan Pantai Utara Jawa bagian barat tidak hanya memenuhi konsumsi lokal, tetapi juga menjadi komoditas ekspor. Rajungan Karawang diekspor ke Amerika Serikat dalam bentuk daging kaleng. Udang vaname dari Subang dan Indramayu dipasarkan hingga Jepang dan Uni Eropa. Hal ini menunjukkan peran strategis kawasan ini dalam rantai pasok pangan global.

1.3.2 Potensi Wisata Bahari

Potensi wisata bahari di Pantai Utara Jawa bagian barat cukup beragam meskipun belum sepenuhnya dikembangkan.

- **Karawang:** Memiliki kawasan ekowisata mangrove di Desa Sedari dan Cemara Jaya. Pantai Tanjung Pakis juga mulai dikembangkan sebagai destinasi wisata keluarga.
- **Indramayu:** Pulau Biawak menjadi daya tarik utama, dengan mercusuar bersejarah peninggalan Belanda dan keindahan terumbu karang. Wisatawan dapat melakukan *snorkeling*, *diving*, serta pengamatan satwa liar.

- **Cirebon:** Menawarkan wisata bahari terpadu dengan kuliner laut, wisata religi pesisir (zikir laut, sedekah laut), serta potensi pengembangan kawasan pantai untuk rekreasi.
- **Subang:** Ekowisata pesisir berbasis masyarakat mulai dirintis di Pamanukan, memadukan konservasi mangrove dengan wisata edukasi.

Potensi wisata ini masih menghadapi kendala berupa aksesibilitas, infrastruktur, serta masalah kebersihan pantai. Namun, jika dikelola dengan prinsip keberlanjutan, sektor wisata dapat menjadi alternatif ekonomi sekaligus sarana edukasi lingkungan.

1.3.3 Keanekaragaman Hayati

Pantai Utara Jawa bagian barat meski terdegradasi, tetap menyimpan keanekaragaman hayati penting:

- **Ikan dan invertebrata:** Rajungan, udang windu, bandeng, kakap putih, dan kerapu masih ditemukan meskipun populasinya menurun.
- **Burung air migran:** Kawasan muara Citarum, Cipunegara, dan Cimanuk menjadi habitat penting burung air migran dari Siberia dan Asia Timur. Data Wetlands International (2018) mencatat lebih dari 30 jenis burung migran singgah di kawasan ini.
- **Mangrove:** Jenis dominan meliputi *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, dan *Sonneratia alba*. Mangrove berperan penting sebagai penyerap karbon biru (*blue carbon*), dengan potensi simpanan karbon hingga 200 ton/ha (Alongi, 2012).
- **Terumbu karang:** Pulau Biawak dan perairan timur Karawang menyimpan ±50 jenis karang keras. Meski tutupan karang menurun akibat *bleaching* dan penangkapan ikan destruktif, keberadaannya tetap vital bagi ekosistem.

1.4 Ancaman Lingkungan: Sedimentasi, Pencemaran Industri, Alih Fungsi Lahan Pesisir Laut Jawa bagian barat

1.4.1 Sedimentasi dan Erosi

Sedimentasi menjadi masalah klasik di Pantai Utara Jawa bagian barat. Sungai besar seperti Citarum dan Cimanuk setiap tahun membawa jutaan ton sedimen ke Pantai Utara Jawa bagian barat. Akumulasi sedimen menyebabkan pendangkalan muara, sehingga nelayan kesulitan keluar-masuk pelabuhan. Di sisi lain, abrasi terjadi di area pantai yang kehilangan mangrove. Karawang (Desa Cemara Jaya) dan Indramayu (Eretan) mengalami abrasi parah hingga merusak permukiman. Laporan BNPB (2020) mencatat abrasi di Indramayu mencapai lebih dari 10 km garis pantai dalam dua dekade terakhir.

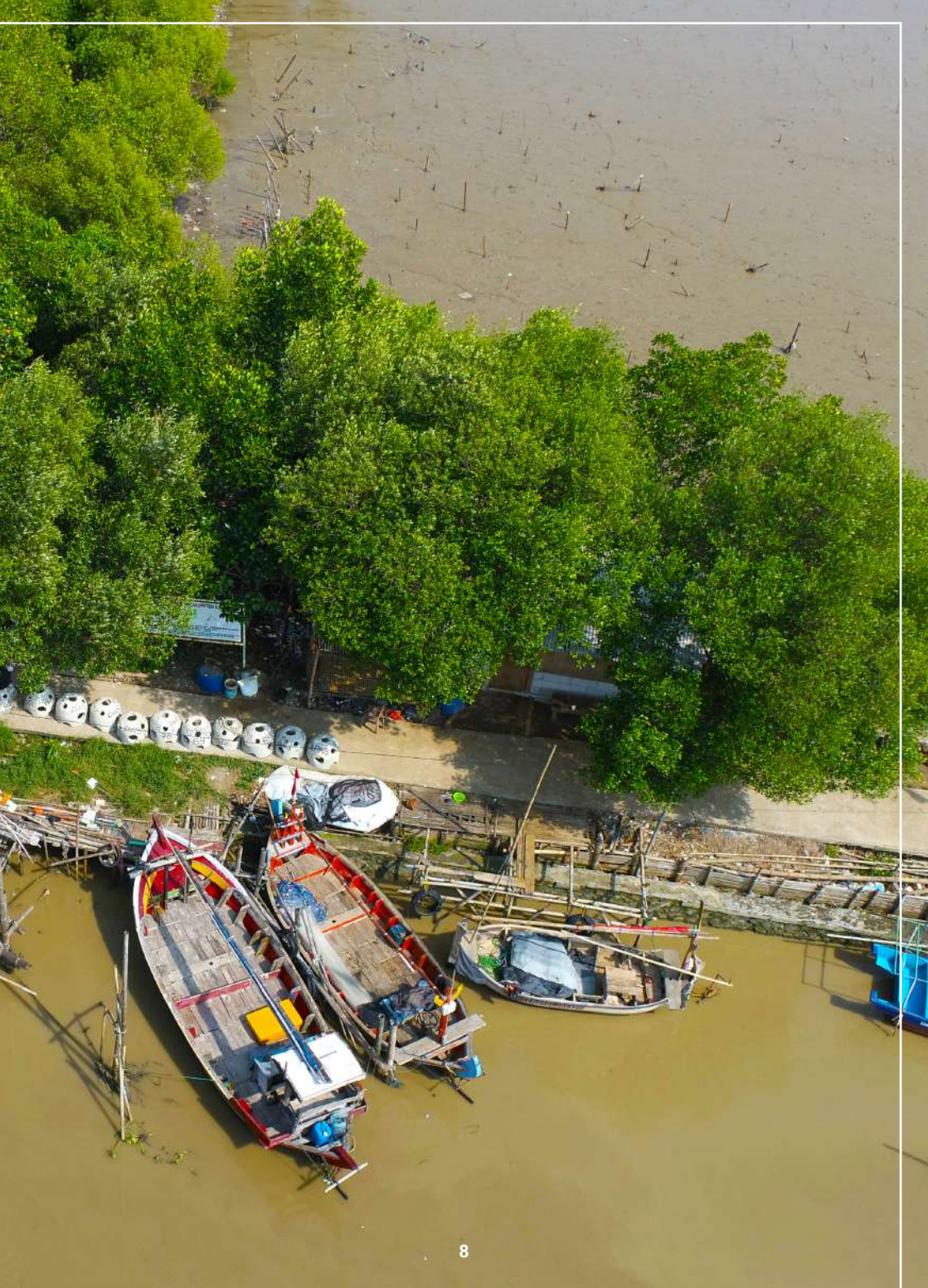
1.4.2 Limbah Industri dan Sampah Rumah Tangga

Bekasi dan Karawang adalah kawasan industri terbesar di Jawa Barat. Lebih dari 2.000 pabrik beroperasi, menghasilkan limbah cair yang bermuara ke sungai dan akhirnya ke laut. Studi Lechner *et al.* (2020) menunjukkan Sungai Citarum menyumbang mikroplastik dalam jumlah signifikan ke Laut Jawa. Selain industri, limbah rumah tangga dan sampah plastik juga menumpuk di muara sungai, menurunkan estetika dan mengancam satwa laut.

1.4.3 Alih Fungsi Lahan

Alih fungsi lahan pesisir menjadi tambak, perumahan, dan kawasan industri menyebabkan hilangnya benteng alami. Data KKP (2021) mencatat lebih dari 70% mangrove di Jawa Barat telah hilang. Karawang kehilangan ribuan hektar mangrove hanya dalam tiga dekade, sementara Subang dan Indramayu kini menghadapi risiko intrusi air laut karena tambak yang tidak berfungsi lagi. Hilangnya mangrove juga berarti hilangnya potensi penyimpanan karbon biru, yang penting dalam mitigasi perubahan iklim.

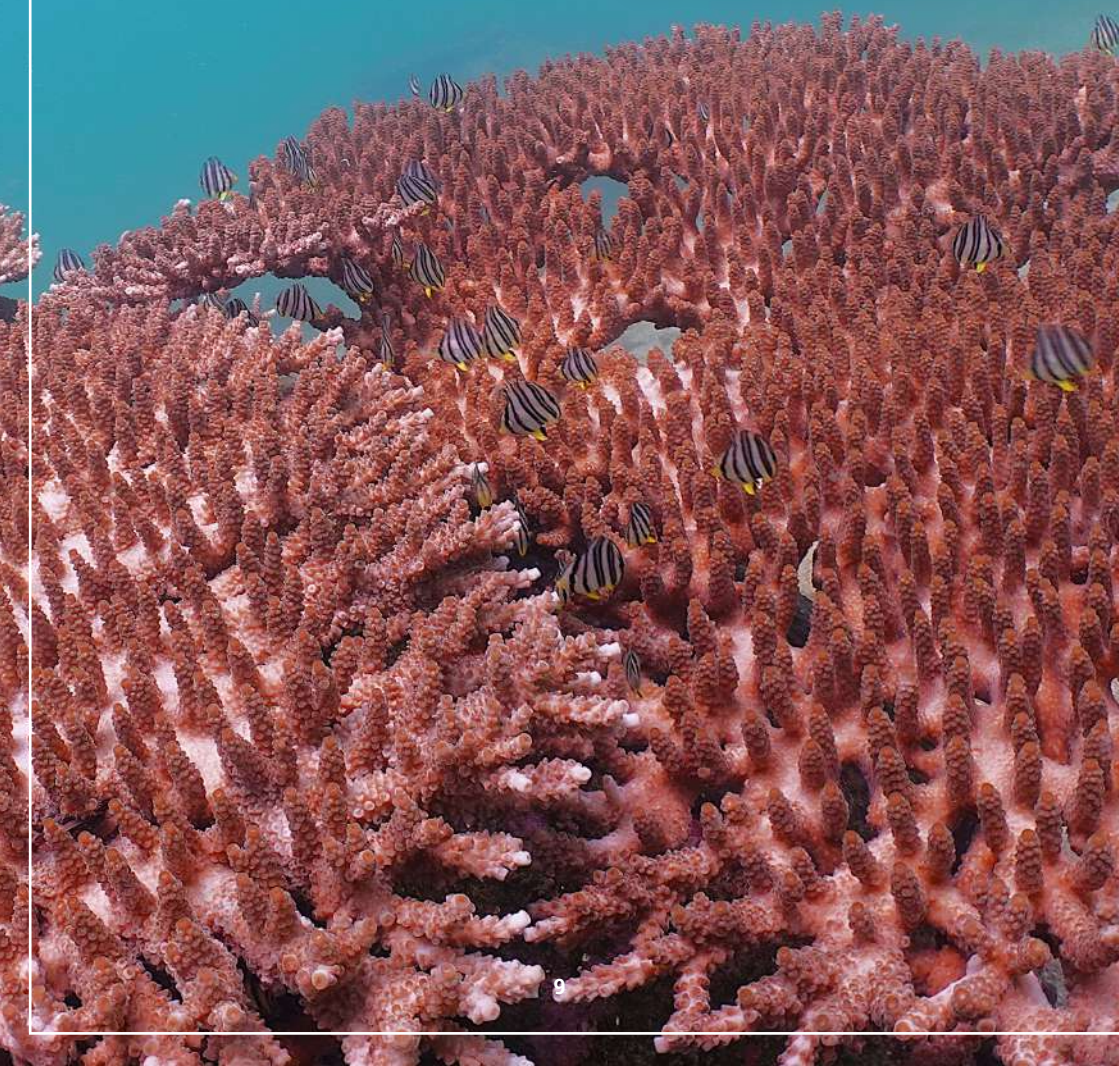




B A B
02.

Mengapa Terumbu

Karang Perlu
Direstorasi?



Terumbu karang merupakan ekosistem laut tropis yang luar biasa penting, baik secara ekologis maupun ekonomi. Terletak di perairan dangkal dengan sinar matahari melimpah, ekosistem ini menjadi rumah bagi lebih dari 25% seluruh spesies laut dunia, meskipun hanya menempati kurang dari 1% permukaan laut (Spalding *et al.*, 2001). Di wilayah tropis seperti Indonesia, terumbu karang memainkan peran strategis dalam menopang perikanan, melindungi garis pantai dari erosi, dan mendukung sektor pariwisata bahari (Burke *et al.*, 2011).

Namun, berbagai tekanan antropogenik dan perubahan iklim global menyebabkan kerusakan ekosistem terumbu karang secara masif, termasuk di wilayah Pantai Utara Jawa, khususnya Kabupaten Karawang. Penurunan kualitas air, sedimentasi tinggi, pencemaran limbah industri dan domestik, serta peningkatan suhu permukaan laut telah menurunkan tutupan karang hidup secara signifikan dalam dua dekade terakhir (LIPI, 2018). Kondisi ini menunjukkan urgensi dilakukannya upaya restorasi terumbu karang sebagai langkah strategis dalam pengelolaan pesisir berkelanjutan.

Bab ini menguraikan kondisi terkini terumbu karang di Karawang berdasarkan data *baseline* terbaru, dampak kerusakan terhadap nelayan dan ekosistem, kebijakan penetapan zonasi laut sesuai RZWP3K, serta hasil kajian ilmiah dan studi literatur sejak tahun 2019. Tujuannya adalah untuk menunjukkan urgensi restorasi terumbu karang di wilayah ini sebagai langkah strategis dalam pengelolaan pesisir berkelanjutan dan pembangunan ekonomi biru yang inklusif.

2.1 Kondisi Terumbu Karang Saat Ini di Pantai Utara Jawa Bagian Barat

Perairan Karawang di pesisir utara Jawa Barat menyimpan kekayaan bawah laut yang belum banyak diketahui masyarakat luas, salah satunya adalah ekosistem terumbu karang yang berfungsi sebagai habitat ribuan jenis ikan dan biota laut lainnya. Keberadaan terumbu karang ini tidak hanya penting dari aspek konservasi lingkungan, tetapi juga vital bagi kehidupan sosial-ekonomi nelayan dan stabilitas ekonomi pesisir secara keseluruhan.

Pantai Utara Jawa bagian Barat (Pantura Barat) bukanlah kawasan dengan ekosistem terumbu karang seluas wilayah-wilayah tropis lain di Indonesia seperti Raja Ampat atau Bunaken. Namun, keberadaan terumbu karang di sini tetap memiliki nilai ekologis dan sosial-ekonomi yang signifikan. Kawasan yang diketahui masih menyimpan ekosistem karang antara lain:

- **Perairan Karawang Timur:** Beberapa *patch reef* ditemukan di kedalaman 2–5 meter. Penelitian WWF Indonesia (2020) menunjukkan tutupan karang hidup hanya berkisar 10–20%, dengan dominasi karang masif dari genus *Porites*.
- **Pulau Biawak (Indramayu):** Merupakan *hotspot* biodiversitas dengan luas tutupan karang hidup ±100 ha. Penelitian Setiawan *et al.* (2019) menunjukkan tutupan karang di Pulau Biawak bervariasi antara 20–40%, lebih tinggi dibanding lokasi lain di Pantura.

Secara umum, kondisi terumbu karang di Pantai Utara Jawa bagian barat berada pada kategori **rusak-sedang**. Tekanan utama meliputi sedimentasi dari muara Sungai Citarum, Cipunegara, dan Cimanuk, pencemaran limbah industri, serta kegiatan penangkapan ikan dengan alat destruktif. Selain itu, fenomena pemutihan karang akibat kenaikan suhu laut juga pernah tercatat, khususnya pada peristiwa El Niño 1997–1998 dan 2015–2016 (Hughes *et al.*, 2017).

Dengan kondisi tersebut, urgensi untuk merestorasi terumbu karang di Pantai Utara Jawa bagian barat tidak hanya terkait aspek ekologis, tetapi juga keberlanjutan ekonomi masyarakat pesisir. Berdasarkan hasil survei dan pemetaan yang dilakukan sejak tahun 2019, jenis terumbu karang di perairan Karawang tergolong ke dalam tipe tambalan (*patch reef*) dengan kedalaman berkisar kurang dari 6 meter. Karakteristik perairan menunjukkan kondisi air yang seringkali keruh dengan jarak pandang (*visibility*) hanya mencapai 0,5–2 meter, yang menjadi kendala utama dalam pengamatan dan monitoring kondisi terumbu karang. Keruhnya perairan ini disebabkan oleh masukan sedimen dan polutan dari aliran sungai, terutama DAS Citarum yang membawa lumpur, residu pupuk pertanian, limbah rumah tangga, dan limbah industri yang bermuara ke laut (Badan Lingkungan Hidup Karawang, 2020).

Hasil survei longitudinal yang dilakukan pada tahun 2019 dan 2021 menunjukkan tren penurunan tutupan karang hidup di hampir semua lokasi pengamatan. Lokasi utama yang menjadi fokus monitoring adalah Karang Sendulang, Karang Bengkok, dan Karang Bandengan. Data menunjukkan bahwa kondisi terumbu karang di ketiga lokasi ini dikategorikan dari rusak-sedang hingga rusak-buruk berdasarkan kriteria penilaian kondisi terumbu karang yang ditetapkan oleh Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 4 Tahun 2001.

Karang Sendulang menunjukkan kondisi yang paling mengkhawatirkan dengan tutupan karang keras yang mengalami penurunan drastis dari 25% pada tahun 2019 menjadi hanya 8% pada tahun 2021. Penurunan ini mengindikasikan bahwa sebagian besar karang di lokasi tersebut telah mengalami kematian atau kerusakan parah. Di sisi lain, Karang Bengkok yang pada awalnya memiliki tutupan karang yang relatif baik (60%) juga mengalami penurunan signifikan menjadi 41% dalam periode yang sama (Zuhri *et al.*, 2023). Hanya Karang Bandengan yang

menunjukkan kondisi relatif stabil dengan sedikit peningkatan tutupan karang.

Selain penurunan tutupan karang hidup, pengamatan lapangan menunjukkan peningkatan dominasi alga makro di area yang sebelumnya ditumbuhi karang. Proliferasi alga ini mengindikasikan proses suksesi ekologis yang terjadi ketika karang mengalami kematian, dimana alga mengambil alih ruang yang sebelumnya ditempati karang. Kondisi ini dapat menghambat proses pemulihan terumbu secara alami (*natural recovery*) karena alga dapat menghambat rekrutmen larva karang baru dan kompetisi ruang untuk pertumbuhan karang muda.

Beberapa aktivitas antropogenik yang teridentifikasi sebagai penyebab utama kerusakan terumbu karang di wilayah ini antara lain: pencurian karang untuk diperdagangkan sebagai hiasan akuarium dan bahan bangunan, penggunaan alat tangkap destruktif seperti racun sianida, bom ikan, dan jaring pukat yang merusak struktur karang; serta pembuangan limbah rumah tangga dan residu pupuk pertanian melalui sistem sungai yang bermuara ke laut. Tekanan-tekanan ini diperparah oleh dampak perubahan iklim global seperti peningkatan suhu permukaan laut dan acidifikasi laut yang dapat menyebabkan pemutihan karang (*coral bleaching*) dan penurunan laju kalsifikasi.

2.2 Dampak Kerusakan Terhadap Nelayan dan Ekosistem

2.2.1 Dampak Sosial-Ekonomi Terhadap Komunitas Nelayan

Bagi nelayan Pantai Utara Jawa bagian barat, terumbu karang bukan sekadar habitat biota laut, tetapi juga fondasi ekonomi keluarga. Karang yang sehat menjadi tempat pemijahan dan pembesaran ikan, rajungan, serta berbagai biota bernilai ekonomis.

Penurunan kualitas terumbu karang berdampak langsung pada:

- **Penurunan hasil tangkapan:** Studi Susanto *et al.* (2021) di Karawang menunjukkan penurunan populasi rajungan hingga 40% dalam dua dekade terakhir, sejalan dengan degradasi ekosistem dasar laut.
- **Beban ekonomi rumah tangga:** Nelayan kecil harus melaut lebih jauh dan mengeluarkan biaya bahan bakar lebih tinggi untuk memperoleh hasil yang sama.
- **Kerentanan sosial:** Menurunnya pendapatan meningkatkan kerentanan keluarga nelayan terhadap kemiskinan. Hal ini juga memicu migrasi tenaga kerja ke sektor industri di daratan.

Dengan kata lain, kerusakan karang berimplikasi langsung pada keberlanjutan sosial-ekonomi masyarakat pesisir.

2.2.2 Dampak Ekologis

Kerusakan terumbu karang di Pantai Utara Jawa bagian barat mengakibatkan penurunan keanekaragaman hayati laut. Terumbu karang yang sehat mendukung ekosistem kompleks dengan berbagai spesies ikan, moluska, krustasea, echinodermata, dan avertebrata lainnya dalam hubungan simbiotik. Degradasi karang dan dominasi alga makro, ditambah sedimentasi dari Sungai Citarum, Cipunegara, dan Cimanuk, menyebabkan kehilangan habitat kritis untuk reproduksi dan pertumbuhan populasi ikan.

Penelitian WWF Indonesia (2020) dan Susanto *et al.* (2021) mencatat bahwa indeks keanekaragaman ikan karang (Shannon-Weiner Index) di beberapa lokasi Pantai Utara Jawa bagian barat menurun dari kategori sedang (2,5) menjadi rendah (1,2–1,5) dalam 5–10 tahun terakhir. Spesies kunci seperti bintang laut biru (*Linckia laevigata*) dan kuda laut (*Hippocampus kuda*) semakin jarang ditemukan.

Perubahan komunitas ikan dan penurunan herbivora seperti ikan parrot (*Scaridae*) dan surgeonfish (*Acanthuridae*) mengakibatkan pertumbuhan alga yang tidak terkendali, menghambat rekrutmen karang baru, dan memperlambat pemulihan alami ekosistem.

2.2.3 Gangguan Terhadap Jasa Ekosistem Pesisir

Terumbu karang tidak hanya berperan dalam fungsi ekologis, tetapi juga dalam menyediakan berbagai jasa ekosistem (*ecosystem services*) yang vital bagi kesejahteraan manusia. Jasa-jasa ekosistem ini mencakup jasa penyediaan (*provisioning services*), jasa pengaturan (*regulating services*), jasa budaya (*cultural services*), dan jasa pendukung (*supporting services*).

Dalam aspek perlindungan pantai, struktur fisik terumbu karang berfungsi sebagai pemecah gelombang alami yang efektif dalam mengurangi energi gelombang yang mencapai garis pantai. Kerusakan struktur karang menyebabkan pesisir Karawang menjadi lebih rentan terhadap abrasi dan banjir rob, terutama pada musim angin barat yang ditandai dengan gelombang tinggi. Data dari BMKG (2023) menunjukkan peningkatan kejadian banjir rob di beberapa desa pesisir Karawang dalam lima tahun terakhir, yang berkorelasi dengan degradasi terumbu karang di wilayah tersebut.

Dari aspek ketahanan pangan, perikanan karang tradisional merupakan sumber protein hewani penting bagi masyarakat pesisir. Penurunan produktivitas perikanan karang tidak hanya mempengaruhi aspek ekonomi, tetapi juga keamanan pangan dan gizi masyarakat lokal. Hal ini terutama berdampak pada rumah tangga nelayan kecil yang memiliki ketergantungan tinggi terhadap sumber daya laut sebagai sumber protein utama.

Potensi pengembangan wisata bahari yang berbasis pada keindahan terumbu karang juga terhambat akibat kondisi karang yang

buruk. Padahal, wisata selam dan *snorkeling* memiliki potensi ekonomi yang besar dan dapat menjadi sumber pendapatan alternatif bagi masyarakat pesisir. Degradasi terumbu karang mengurangi daya tarik wisata dan menghambat pengembangan ekonomi kreatif berbasis lingkungan.

Dari perspektif regulasi iklim, terumbu karang berperan dalam penyerapan dan penyimpanan karbon, meskipun mekanismenya berbeda dengan ekosistem daratan. Karang menyimpan karbon anorganik dalam bentuk kalsium karbonat (CaCO_3) dalam kerangka kapur mereka. Ketika terumbu rusak, kapasitas penyimpanan karbon ini terganggu, dan proses dekomposisi dapat melepaskan karbon kembali ke atmosfer, berkontribusi terhadap perubahan iklim global.

2.3 Penetapan Kawasan Perairan Sesuai RZWP3K

RZWP3K (Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil) merupakan salah satu instrumen utama dalam pengelolaan wilayah pesisir berbasis ruang yang ditetapkan melalui Undang-Undang No. 1 Tahun 2014 tentang Perubahan atas UU No. 27 Tahun 2007 mengenai Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. Tujuannya adalah menciptakan pemanfaatan ruang laut yang berkelanjutan, seimbang, dan terencana antara perlindungan, pemanfaatan, dan pelestarian sumber daya pesisir dan laut.

RZWP3K juga menjadi dasar dalam perizinan lokasi dan aktivitas di ruang laut, seperti budidaya laut, konservasi, pelabuhan, pariwisata, dan restorasi terumbu karang. Dalam konteks Karawang, kebijakan ini menjadi krusial untuk menyelaraskan berbagai kepentingan industri, perikanan, konservasi, dan masyarakat lokal.

2.3.1 Zonasi Konservasi di Pantai Utara Jawa Bagian Barat

Provinsi Jawa Barat telah menetapkan Peraturan Daerah Nomor 10 Tahun 2019 tentang Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Provinsi Jawa Barat Tahun 2019–2039 sebagai payung hukum

pengelolaan kawasan pesisir. Dalam dokumen perencanaan ini, Pantai Utara Jawa bagian barat ditetapkan memiliki kawasan konservasi laut seluas ±1.215 hektar, yang sebagian besar mencakup lokasi terumbu karang penting seperti Karang Sendulang, Karang Kapalán, dan Karang Tamiyang (Perda Jawa Barat No. 10/2019). Untuk kawasan Konservasi Perairan Kabupaten Indramayu (Pulau Biawak) di atur dalam SK Bupati No.556/Kep.528 Diskanla /2004; Tgl.7-4-2004 yang tertuang pada Peraturan Daerah Kabupaten Indramayu Nomor 6 Tahun 2014. Pengelolaan Kawasan Konservasi Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil dan Penataan Fungsi Pulau Biawak, Gosong Dan Pulau Candiklan. Kegiatan restorasi terumbu karang di Pulau Biawak telah lebih dahulu dilaksanakan pada tahun 2017.

Zonasi konservasi yang ditetapkan terdiri dari beberapa kategori dengan fungsi dan aturan pengelolaan yang spesifik. Zonasi konservasi ini terdiri dari:

- a. **Zona Perlindungan Laut (ZPL)** ditetapkan untuk melestarikan keanekaragaman hayati laut *in-situ*, termasuk habitat lamun, terumbu karang, dan spesies-spesies langka atau terancam punah. Dalam zona ini, kegiatan yang diperbolehkan terbatas pada penelitian ilmiah, pendidikan lingkungan, dan ekowisata dengan dampak minimal.
- b. **Zona Rehabilitasi** ditetapkan sebagai lokasi prioritas untuk kegiatan restorasi aktif ekosistem yang telah mengalami degradasi. Zona ini memungkinkan implementasi berbagai metode restorasi seperti transplantasi karang, pemasangan substrat buatan, dan teknik-teknik inovatif lainnya. Kegiatan di zona ini harus mengikuti protokol ilmiah yang ketat dan melibatkan monitoring jangka panjang untuk mengevaluasi efektivitas upaya restorasi.
- c. **Zona Budidaya dan Penyangga** dirancang untuk mendukung kegiatan perikanan berkelanjutan sambil berfungsi sebagai *buffer zone* yang melindungi zona inti

konservasi. Dalam zona ini, praktik budidaya laut yang ramah lingkungan seperti budidaya rumput laut, kerang hijau, dan ikan dalam keramba jaring apung dapat dikembangkan dengan menerapkan prinsip-prinsip akuakultur berkelanjutan.

2.3.2 Implementasi Kebijakan dan Tantangan Pengelolaan

Penetapan zonasi konservasi dan rehabilitasi dalam RZWP3K didukung dengan legalitas formal yang dituangkan dalam SK Gubernur Jawa Barat No. 523.51/Kep.1248-DKP/2019 tentang Penetapan Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Provinsi Jawa Barat. Surat keputusan ini memberikan mandat legal yang kuat untuk implementasi program konservasi dan restorasi di wilayah pesisir Karawang.

Implementasi di Pantai Utara Jawa bagian barat menghadapi tantangan:

- a. **Kapasitas institusi terbatas:** Monitoring dan *enforcement* zonasi masih lemah.
- b. **Konflik kepentingan:** Nelayan tradisional, industri, dan program konservasi sering bersaing.
- c. **Pendanaan terbatas:** Restorasi karang biasanya berbasis proyek jangka pendek.
- d. **Partisipasi masyarakat rendah:** Kurangnya *awareness* dan keterlibatan lokal menghambat efektivitas program.
- e. **Tekanan lingkungan:** Sedimentasi dari sungai besar, polusi limbah industri, dan perubahan iklim menjadi faktor risiko tambahan.

Untuk mengatasi tantangan-tantangan ini, diperlukan pendekatan pengelolaan yang adaptif dan partisipatif dengan melibatkan semua *stakeholder* dalam proses perencanaan dan implementasi. *Capacity building* untuk institusi lokal, pengembangan mekanisme pembiayaan berkelanjutan, dan program edukasi masyarakat menjadi kunci keberhasilan implementasi RZWP3K di wilayah pesisir Karawang.

B A B
03.

Awal Mula Ide Program Transplantasi Karang di

Laut Jawa
Bagian Barat

3.1 Latar Belakang Program Transplantasi Karang yang Lahir dari Inisiatif PHE ONWJ

Terumbu karang merupakan salah satu mahakarya bawah laut yang terbangun dari endapan yang menghasilkan lapisan demi lapisan kalsium karbonat (CaCO_3) yang padat dan kokoh. Kalsium karbonat ini bukan hadir begitu saja, melainkan lahir dari kerja sama yang menakjubkan antara berbagai makhluk laut. Sang arsitek utama adalah karang, yang termasuk anggota filum Cnidaria, kelas Anthozoa, ordo Madreporaria Scleractinia bersama dengan alga berkapur dan beragam organisme lain yang juga berperan penting (Nybakken, 1988). Masing-masing menyumbangkan jejak mineral CaCO_3 yang kemudian menyatu, membentuk fondasi keras yang menjadi rumah bagi ribuan bentuk kehidupan.

Proses pembentukan terumbu karang berlangsung selama bertahun-tahun, seolah waktu menjadi pengrajin yang sabar, memahat satu demi satu struktur yang kelak menjelma menjadi benteng hidup di tengah samudra. Meski jejaknya bisa ditemukan hampir di seluruh samudra dunia, terumbu karang hanya benar-benar tumbuh subur dan memamerkan kemegahannya di lautan tropis yang hangat dengan suhu optimal antara 20-30°C (Supriharyono, 2007).

Secara garis besar, karang terbagi menjadi dua kelompok yaitu karang hermatifik dan ahermatifik. Karang hermatifik adalah sang arsitek terumbu, berkat hubungan simbiosisnya dengan sel-sel tumbuhan yaitu zooxanthellae, mikroalga fotosintetik yang menyuplai energi sekaligus menghasilkan endapan karbonat. Dalam simbiosis mutualistik ini, zooxanthellae memanfaatkan sinar matahari untuk menghasilkan energi melalui proses fotosintesis, sementara sebagai balasannya, mereka menyuplai hasil sampingan berupa endapan karbonat yang menjadi bahan dasar bangunan terumbu. Lapisan demi lapisan endapan karbonat ini, yang terus terakumulasi selama bertahun-

tahun, membentuk struktur keras nan indah dengan pola dan bentuk yang menjadi ciri khas setiap spesies karang. Namun, keajaiban ini hanya dapat berlangsung di lautan tropis yang hangat, di mana sinar matahari cukup menembus hingga ke habitat mereka dengan intensitas yang memadai untuk mendukung fotosintesis zooxanthellae. Berbeda dengan kerabatnya, karang ahermatifik, yang meskipun tidak membangun terumbu megah, justru memiliki daya jelajah luas yang mampu mendiami perairan di seluruh dunia (Dahuri *et al.*, 1999), dari wilayah tropis hingga perairan dingin di dekat kutub.

Terumbu karang adalah rumah bagi kehidupan laut yang tak tertandingi keanekaragamannya, menjadikannya ekosistem paling kaya spesies dibandingkan ekosistem laut lainnya. Di sela-sela celah dan lekukan karang, berbagai organisme bentik seperti spons, alga, dan anemon laut menetap dan membentuk komunitas yang kompleks. Sementara itu, ikan-ikan karang yang berwarna cerah, penyu, dan beragam biota motil lainnya lalu-lalang di antara rimbunnya koloni karang, menciptakan pemandangan yang hidup dan dinamis. Namun, keindahan dan kelimpahan ini tidak berdiri sendiri. Kehidupan di terumbu karang erat terhubung dengan ekosistem lain di sekitarnya, seperti padang lamun, hutan mangrove, dan perairan terbuka. Aliran nutrisi, perlindungan fisik, dan jalur migrasi yang diberikan oleh ekosistem-ekosistem tetangga ini berperan penting dalam menjaga keseimbangan dan kelangsungan hidup komunitas terumbu karang. Dengan kata lain, terumbu karang adalah bagian dari jejaring besar kehidupan laut yang saling terkait dan saling bergantung dalam satu sistem ekologi yang terintegrasi.

Bersama hutan mangrove yang menjulang di tepi pantai dan hamparan padang lamun yang bergoyang mengikuti arus, terumbu karang membentuk sistem alami yang mampu memberikan berbagai jasa lingkungan penting. Seperti benteng raksasa di bawah laut, terumbu karang memecah dan meredam energi gelombang yang datang dari lautan lepas. Gelombang yang telah kehilangan kekuatannya menciptakan perairan tenang di dekat pantai, melindungi

garis pantai, ekosistem lamun, dan hutan mangrove dari ancaman abrasi yang perlahan namun pasti dapat menggerus daratan (Moberg & Rönnbäck, 2003). Di sisi lain, mangrove dan lamun membalas jasa tersebut dengan menjadi penyaring alami. Akar-akar mangrove yang rapat dan daun lamun yang lebat berperan menahan sedimen dan menyerap polutan yang terbawa arus dari daratan. Proses ini menjaga kejernihan air dan mencegah partikel sedimen menutupi permukaan karang, sehingga koloni karang dapat tumbuh dan berfotosintesis secara optimal (Moberg & Folke, 1999). Sinergi ini menciptakan keseimbangan ekologis yang rapuh namun vital, di mana hilangnya salah satu komponen dapat mengganggu seluruh sistem pesisir.

Hamparan terumbu karang yang membentang di sepanjang pesisir dan mengelilingi pulau-pulau ibarat sabuk mutiara raksasa yang dianugerahkan alam kepada manusia. Keberadaannya tidak hanya menyuguhkan pemandangan memukau, tetapi juga memegang empat peran utama yang sangat vital yaitu sebagai penyedia sumber daya alam, penyedia jasa pendukung kehidupan, penyedia jasa kenyamanan, dan pelindung dari berbagai kemungkinan bencana alam (Nikijulw *et al.*, 2013).

Pertama, sebagai penyedia sumber daya alam, terumbu karang adalah gudang kehidupan laut yang mendukung mata pencaharian jutaan nelayan di seluruh dunia. Berbagai organisme yang mendiami ekosistem ini seperti ikan kakap (*Lutjanus* spp.), ikan kerapu (*Epinephelus* spp.), tiram mutiara (*Pinctada* spp.), udang karang (*Panulirus* spp.), lobster, dan teripang (Holothuridae), memiliki nilai ekonomis tinggi. Keberadaan mereka tidak hanya memperkaya keanekaragaman hayati, tetapi juga menyediakan sumber protein penting bagi manusia dan mendukung ketahanan pangan global. Di banyak wilayah pesisir, hasil tangkapan dari daerah terumbu karang menjadi tulang punggung pangan dan ekonomi lokal. Secara global, perikanan yang berasal dari terumbu karang menyumbang sekitar 9-12% dari total hasil perikanan dunia (Moberg & Folke, 1999). Angka ini menunjukkan betapa besarnya peran ekosistem ini dalam memenuhi kebutuhan

pangan masyarakat dunia. Terumbu karang yang sehat bahkan mampu menghasilkan hingga 35 ton ikan per kilometer persegi setiap tahunnya, sebuah produktivitas yang sulit ditandingi oleh ekosistem laut lainnya. Di beberapa negara berkembang, kontribusi perikanan karang mencapai 25% dari seluruh hasil tangkapan (Moberg & Rönnbäck, 2003), menjadikannya aset vital dalam keberlanjutan ekonomi pesisir. Di Indonesia sendiri, yang dikenal memiliki salah satu kawasan terumbu karang terluas di dunia, hasil perikanan karang pada tahun 1995 menyumbang sekitar 5-10% dari total produksi perikanan nasional (Cesar, 1996).

Kedua, terumbu karang berfungsi sebagai penyedia jasa pendukung kehidupan melalui industri pariwisata bahari yang berkelanjutan. Keindahan warna-warni karang, tarian ikan-ikan tropis, dan kejernihan airnya menjadikannya destinasi wisata dan rekreasi yang memesona, menarik para penyelam dan wisatawan dari seluruh dunia. Keberadaan wisata ini mendorong pertumbuhan ekonomi lokal sekaligus meningkatkan kesadaran akan pentingnya menjaga laut. Beberapa tahun terakhir, wisatawan lebih tertarik untuk melakukan ekowisata, yaitu berwisata untuk mengamati keindahan atau keunikan alam dengan prinsip minimal *impact*. Masyarakat pesisir dapat mengambil keuntungan dengan menyediakan sarana dan prasarana bagi wisatawan yang ingin mengamati keindahan terumbu karang, sekaligus memperoleh edukasi tentang pentingnya konservasi laut.

Ketiga, ekosistem terumbu karang menawarkan jasa kenyamanan yang sulit diukur nilainya, sebuah ketenangan yang hanya bisa dirasakan ketika berada di dekatnya. Jasa ini tercipta dari perairan yang tenang, udara yang segar, dan lanskap bawah laut yang menenangkan jiwa. Di bawah permukaan, lanskap terumbu karang membentang, dihiasi warna-warna cerah dari koloni karang dan gerombolan ikan yang bergerak selaras, menciptakan harmoni visual yang menenangkan jiwa. Bagi banyak orang, mengunjungi terumbu karang bukan sekadar perjalanan wisata, melainkan sebuah pengalaman yang menghubungkan manusia dengan alam pada tingkat yang lebih dalam. Menyelam di antara karang terasa

seperti memasuki dunia lain, sunyi namun penuh kehidupan. Momen itu sering kali menjadi pengingat bahwa kita adalah bagian dari ekosistem yang jauh lebih besar dan menakjubkan, sebuah keagungan alam yang patut dijaga untuk generasi mendatang.

Peran keempat, dan mungkin yang paling vital, adalah fungsinya sebagai pelindung dari bencana alam. Seperti benteng yang dibangun oleh alam, dinding-dinding karang berdiri kokoh di bawah permukaan, memecah amukan ombak, meredam energi gelombang, dan mengurangi dampak badai maupun tsunami sebelum mencapai daratan. Struktur fisik terumbu karang dapat mengurangi energi gelombang hingga 97%, memberikan perlindungan yang sangat efektif bagi komunitas pesisir (Ferrario *et al.*, 2014). Bagi masyarakat yang tinggal di wilayah pantai dan pulau-pulau kecil, terumbu karang adalah garis pertahanan pertama sekaligus penjaga setia yang bekerja tanpa lelah.

Namun, di balik keindahannya yang memukau, terumbu karang menghadapi ancaman serius akibat berbagai aktivitas manusia. Penangkapan ikan dengan cara yang merusak, pembuangan limbah ke laut, pembangunan pesisir yang tak terkendali, hingga kerusakan akibat aktivitas pariwisata yang berlebihan, perlahan tetapi pasti mengikis kekuatan ekosistem ini. Aktivitas-aktivitas tersebut berlangsung hampir tanpa jeda, membuat terumbu karang kehilangan kesempatan untuk memulihkan diri secara alami. Dalam kondisi ideal, terumbu karang memiliki daya lenting lingkungan (*ecological resilience*) yaitu kemampuan alami untuk pulih dari gangguan, baik yang disebabkan oleh faktor alam maupun manusia. Namun, ketika tekanan datang terus-menerus dan tanpa henti, kemampuan pulih ini melemah, bahkan menghilang sama sekali. Hilangnya daya lenting berarti terumbu karang tak lagi mampu menjalankan fungsi ekologisnya, seperti melindungi pantai, menyediakan habitat bagi ribuan spesies, dan menjadi sumber pangan serta mata pencaharian. Bersamaan dengan itu, manusia pun kehilangan jasa lingkungan dan manfaat ekonomi yang selama ini diberikan terumbu karang secara cuma-cuma.

Kerusakan pada terumbu karang dapat disebabkan oleh dua sumber utama, yaitu faktor alami dan aktivitas manusia (antropogenik). Faktor alami meliputi kejadian-kejadian besar seperti badai tropis yang menghantam permukaan laut dengan gelombang dahsyat, gempa bumi yang memicu pergeseran dasar laut, hingga perubahan iklim global yang perlahan namun pasti mengubah keseimbangan ekosistem (Jaap, 2000). Perubahan iklim, misalnya, membawa serangkaian dampak serius terhadap terumbu karang, mulai dari kenaikan suhu permukaan air laut yang memicu pemutihan karang (*coral bleaching*), peningkatan kadar karbon dioksida (CO₂) yang menyebabkan pengasaman laut (*ocean acidification*), intensitas sinar ultraviolet B (UVB) yang semakin tinggi, hingga pola cuaca ekstrem yang mengganggu stabilitas lingkungan laut (Wilkinson, 1999).

Ancaman yang berasal dari tangan manusia sering kali jauh lebih merusak dan berlangsung dalam skala waktu yang panjang. Aktivitas perikanan yang tidak berkelanjutan, pariwisata yang berlebihan dan tidak terkelola, lalu lintas kapal yang padat, serta penambangan di wilayah pesisir menjadi penyebab utama degradasi terumbu karang (Jaap, 2000; Yeemin *et al.*, 2006; Tun, 2006). Data menunjukkan kondisi terumbu karang di Asia Tenggara sangat memprihatinkan, hanya sekitar 5% yang masih berada dalam kondisi baik, sementara 38% lainnya telah mengalami kerusakan parah (Burke *et al.*, 2002). Angka ini mencerminkan betapa rentannya ekosistem ini jika tekanan yang diberikan tidak diimbangi dengan upaya perlindungan dan pemulihan.

Salah satu ekosistem terumbu karang yang mengalami kerusakan berada di perairan Laut Utara Pulau Jawa. Berdasarkan hasil kajian sebelumnya, kondisi ekosistem di wilayah ini telah menunjukkan tanda-tanda degradasi yang mengkhawatirkan (Estradivari *et al.*, 2007; Tuti, 2010). Penurunan tutupan karang hidup, berkurangnya kelimpahan biota asosiasi, serta meningkatnya tekanan dari aktivitas manusia menjadi indikator yang tidak dapat diabaikan. Fenomena ini menandakan bahwa sistem ekologis yang kompleks dan rapuh ini sedang berada di bawah tekanan yang signifikan, sehingga memerlukan

intervensi segera berbasis ilmu pengetahuan untuk mencegah kerusakan lebih lanjut dan memulihkan fungsi ekosistemnya.

Degradasi terumbu karang di Laut Utara Jawa tidak hanya berdampak pada hilangnya keanekaragaman hayati, tetapi juga mengancam mata pencaharian ribuan nelayan yang menggantungkan hidupnya pada sumber daya laut. Wilayah ini merupakan area operasi berbagai industri, termasuk kegiatan eksplorasi dan produksi migas lepas pantai, yang berpotensi memberikan tekanan tambahan terhadap ekosistem laut yang sudah rentan.

PT Pertamina Hulu Energi Offshore North West Java (PHE ONWJ) sebagai perusahaan yang bergerak di bidang eksplorasi dan produksi minyak serta gas bumi lepas pantai, memiliki wilayah kerja yang mencakup perairan Laut Utara Jawa. PHE ONWJ memiliki kepedulian tinggi pada keanekaragaman hayati di sekitar wilayah kerja perusahaan yaitu di Laut Jawa Barat. Kesadaran ini didorong oleh komitmen perusahaan terhadap prinsip-prinsip pembangunan berkelanjutan dan tanggung jawab sosial dan lingkungan perusahaan yang mengintegrasikan aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan dalam setiap operasinya.

Berangkat dari kesadaran ini, PHE ONWJ menegaskan komitmennya dengan menggagas Program **Orang Tua Asuh Karang di Laut Utara Jakarta dan Jawa Barat** atau **OTAK JAWARA**. Program ini dirancang sebagai sebuah gerakan ilmiah sekaligus sosial untuk memulihkan kembali benteng-benteng kehidupan bawah laut yang terdegradasi. Tidak hanya menanam dan merawat koloni karang baru, OTAK JAWARA juga mengintegrasikan sistem pemantauan berbasis data ilmiah, serta mendorong keterlibatan aktif masyarakat pesisir dalam menjaga habitat mereka.

Melalui program ini, PHE ONWJ tidak hanya berfokus pada rehabilitasi fisik karang yang rusak, tetapi juga pada pemantauan berkelanjutan untuk memastikan keberhasilan pemulihan. Dengan menggabungkan pendekatan ilmiah, teknologi kelautan, dan partisipasi masyarakat pesisir, perusahaan berupaya menjaga keberlanjutan fungsi

ekologis terumbu karang sekaligus melindungi kekayaan hayati Laut Utara Jawa. Program ini menjadi wujud nyata bahwa penyelamatan ekosistem laut tidak bisa dilakukan oleh satu pihak saja, melainkan memerlukan kolaborasi berkelanjutan dari dasar laut hingga ke meja kebijakan.

komitmen PHE ONWJ dalam melindungi keanekaragaman hayati laut dan mendukung ketahanan ekosistem pesisir, termasuk di kawasan Karawang.

Komitmen lingkungan PHE ONWJ juga mendapat pengakuan melalui penghargaan



Sebagai wujud kepedulian terhadap kelestarian ekosistem laut, Pertamina Hulu Energi Offshore North West Java (PHE ONWJ) meluncurkan program "Otak Jawara" (Orang Tua Asuh Karang Laut Utara Jakarta dan Jawa Barat). Program ini berfokus pada rehabilitasi terumbu karang yang rusak melalui metode transplantasi, sekaligus mengajak masyarakat pesisir dan pemangku kepentingan untuk bersama-sama menjaga kelestarian laut. Inisiatif ini menunjukkan

PROPER dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). Penghargaan ini membuktikan kredibilitas perusahaan dalam menerapkan prinsip keberlanjutan, mulai dari efisiensi energi, pengelolaan limbah, hingga inovasi sosial. Dengan capaian tersebut, PHE ONWJ semakin dikenal bukan hanya sebagai perusahaan energi, tetapi juga sebagai pelopor dalam menjaga ekosistem laut dan mendorong praktik industri yang ramah lingkungan.

3.2 Tujuan dan Visi Jangka Panjang PHE ONWJ dalam Konservasi Ekosistem Terumbu Karang

Program Orang Tua Asuh Karang di Laut Utara Jakarta dan Jawa Barat (OTAK JAWARA) yang digagas oleh PHE ONWJ dilaksanakan di dua lokasi utama, yaitu Gugus Karang Pulau Biawak di Kabupaten Indramayu dan Gugus Karang Sendulang di Kabupaten Karawang. Kedua lokasi ini dipilih berdasarkan kriteria ilmiah yang ketat, yaitu memiliki potensi ekosistem terumbu karang yang penting secara ekologis, namun mengalami tekanan akibat degradasi lingkungan yang memerlukan intervensi restorasi.

Secara khusus, program ini bertujuan untuk mencapai empat sasaran utama yang saling terkait dan mendukung visi jangka panjang konservasi biodiversitas laut di wilayah operasi PHE ONWJ, yaitu:

- a. Mengkaji luasan areal transplantasi terumbu karang

Kajian ini berupaya memetakan secara detail dan komprehensif luas area yang telah dilakukan transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak dan Gugus Karang Sendulang. Informasi spasial ini penting untuk menilai skala intervensi restorasi yang telah dijalankan, mengukur tingkat *coverage area* yang telah direhabilitasi, sekaligus menjadi dasar untuk merencanakan perluasan atau penyesuaian strategi di masa mendatang. Data ini akan menjadi *baseline* penting untuk evaluasi jangka panjang program dan perencanaan fase-fase selanjutnya dari upaya restorasi terumbu karang.

- b. Menganalisis jenis *life form* dan genus karang hasil transplantasi

Penilaian terhadap jenis bentuk pertumbuhan (*life form*) dan genus karang yang berhasil tumbuh di kedua lokasi akan memberikan gambaran komprehensif tentang tingkat keberhasilan transplantasi dari perspektif ekologis. Data ini juga





"TAMAN BAWAH LAUT YANG HILANG"

Cerita Transplantasi Karang di Laut Jawa

menjadi indikator penting dalam memahami dinamika pertumbuhan dan adaptasi karang terhadap kondisi lingkungan setempat.

- c. Inovasi transplantasi karang dirancang menyesuaikan karakteristik tiap lokasi, dengan penerapan modul **honai** di Gugus Karang Pulau Biawak dan modul **paranje** di Gugus Karang Sendulang. Kajian ini berfokus pada pengukuran efektivitas kedua pendekatan tersebut dalam meningkatkan kelangsungan hidup karang (*survival rate*), sekaligus mengkaji kelebihan serta kendala yang muncul dari masing-masing metode. Temuan dari evaluasi ini diharapkan menjadi sumbangan berharga bagi pengembangan teknologi restorasi terumbu karang yang lebih tepat guna dan berkelanjutan.

- d. Menginventarisasi keanekaragaman hayati ikan karang dan biota asosiasi

Keanekaragaman ikan karang dan biota lain yang berasosiasi dengan terumbu merupakan indikator penting kesehatan ekosistem dan keberhasilan program restorasi. Kajian ini akan mengumpulkan data spesies, kelimpahan, dan peran ekologis biota tersebut di area transplantasi, untuk menilai sejauh mana restorasi karang telah mendukung pemulihan fungsi ekosistem laut.

- e. Selain manfaat ekologis, program transplantasi terumbu karang juga memberikan dampak positif bagi masyarakat pesisir. Keterlibatan nelayan dan komunitas lokal dalam setiap tahapan kegiatan tidak hanya meningkatkan kapasitas pengetahuan mereka tentang ekosistem laut, tetapi juga membuka peluang ekonomi baru melalui kegiatan wisata bahari, edukasi lingkungan, dan diversifikasi mata pencaharian. Dengan demikian, upaya pemulihan terumbu karang bukan sekadar menjaga keanekaragaman hayati, tetapi juga memperkuat ketahanan sosial dan kesejahteraan masyarakat di sekitar lokasi program.

3.3 Mitra Pelaksana dan Pendukung Program OTAK JAWARA

Keberhasilan Program OTAK JAWARA tidak dapat dipisahkan dari kolaborasi strategis dengan berbagai mitra yang memiliki keahlian, pengalaman, dan komitmen yang komplementer. Pendekatan *multi-stakeholder* ini memastikan bahwa program dilaksanakan dengan standar ilmiah yang tinggi, dukungan regulasi yang memadai, dan partisipasi masyarakat yang berkelanjutan.

3.3.1 Dinas Perikanan Provinsi Jawa Barat

Dinas Perikanan Provinsi Jawa Barat merupakan instansi pemerintah daerah yang memiliki mandat untuk mengelola, mengembangkan, dan melestarikan sumber daya kelautan dan perikanan di wilayah Provinsi Jawa Barat. Sebagai *leading sector* dalam pengelolaan sumber daya laut, Dinas Perikanan memiliki tanggung jawab strategis dalam berbagai aspek konservasi laut. Dinas Perikanan Provinsi Jawa Barat bertanggung jawab dalam pengelolaan Kawasan Konservasi Laut Daerah (KKLD) untuk menjaga keanekaragaman hayati pesisir dan laut, implementasi program rehabilitasi ekosistem pesisir, penguatan kapasitas masyarakat pesisir melalui pelatihan budidaya perikanan berkelanjutan dan ekowisata bahari, monitoring sumber daya ikan dan habitat laut, serta pengendalian pencemaran laut dan pesisir guna meminimalkan dampak aktivitas manusia terhadap ekosistem perairan.

Sebagai salah satu mitra pelaksana dan pendukung Program OTAK JAWARA, Dinas Perikanan berperan aktif dalam menyediakan dukungan teknis, regulasi, serta fasilitasi koordinasi lintas sektor demi kelancaran program. Keterlibatan Dinas Perikanan tidak hanya sebatas memberikan

pendampingan pada tahap perencanaan, tetapi juga meliputi partisipasi dalam kegiatan lapangan seperti pemantauan kondisi ekosistem terumbu karang, penilaian keberhasilan transplantasi, dan validasi data hasil kajian. Selain itu, Dinas Perikanan turut mengintegrasikan program ini ke dalam kebijakan daerah, sehingga keberlanjutan upaya rehabilitasi dapat terjaga dan selaras dengan rencana pengelolaan wilayah pesisir dan laut Provinsi Jawa Barat. Melalui kemitraan ini, Dinas Perikanan Provinsi Jawa Barat menjadi penghubung penting antara pemerintah, masyarakat pesisir, lembaga riset, dan pihak swasta, memastikan bahwa tujuan Program OTAK JAWARA tidak hanya tercapai secara teknis, tetapi juga memberikan manfaat jangka panjang bagi ekosistem laut dan kesejahteraan masyarakat setempat.

3.3.2 Institut Pertanian Bogor

Institut Pertanian Bogor (IPB University) adalah perguruan tinggi terkemuka di Indonesia yang berfokus pada pengembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan inovasi di bidang pertanian, kelautan, dan biosains tropika. Sebagai salah satu pusat unggulan pendidikan dan riset, IPB memiliki komitmen kuat dalam mendorong pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan dengan pendekatan multidisipliner yang integratif. Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH) sebagai bagian dari IPB University, menjadi unit yang memiliki peran strategis dalam mengkaji, memantau, dan mengembangkan solusi ilmiah terhadap berbagai permasalahan lingkungan, baik di darat maupun di laut. PPLH IPB berpengalaman dalam melakukan penelitian multidisiplin. Dengan dukungan tenaga ahli dari berbagai disiplin ilmu, PPLH IPB mengedepankan pendekatan riset yang integratif, menggabungkan aspek ekologi, sosial, dan ekonomi dalam setiap program yang dijalankan.

Keahlian ini menjadikan PPLH IPB sebagai mitra ideal dalam memberikan foundation ilmiah yang kuat untuk Program OTAK JAWARA. Dalam pelaksanaan Program OTAK JAWARA, PPLH IPB terlibat dalam berbagai aspek teknis dan ilmiah, antara lain perencanaan dan desain kegiatan rehabilitasi terumbu karang yang berbasis pada data ilmiah dan prinsip ekologi laut, pelaksanaan survei dan monitoring ekosistem yang mencakup identifikasi tutupan karang, keanekaragaman hayati, serta kualitas perairan, pengolahan dan analisis data untuk menghasilkan laporan ilmiah yang menjadi acuan pengambilan keputusan, serta kegiatan edukasi dan pelibatan masyarakat pesisir agar memiliki kesadaran dan keterampilan dalam menjaga ekosistem laut.

3.3.3 Komunitas Masyarakat Penggiat Konservasi (Pandu Alam Sendulang)

Komunitas Masyarakat Penggiat Konservasi "Pandu Alam Sendulang" merupakan kelompok masyarakat lokal yang berfokus pada upaya pelestarian dan pengelolaan sumber daya pesisir, khususnya ekosistem terumbu karang di wilayah Gugus Karang Sendulang, Kabupaten Karawang. Beranggotakan nelayan, pemuda pesisir, dan tokoh masyarakat setempat, komunitas ini tumbuh dari kesadaran kolektif akan pentingnya menjaga kelestarian laut sebagai penopang kehidupan dan sumber mata pencaharian. Pandu Alam Sendulang aktif melakukan berbagai kegiatan konservasi, mulai dari penanaman dan perawatan karang hasil transplantasi, pengawasan area konservasi secara partisipatif, hingga edukasi lingkungan bagi masyarakat pesisir dan generasi muda.

Keterlibatan Komunitas Masyarakat Penggiat Konservasi "Pandu Alam Sendulang" dalam Program OTAK JAWARA tidak hanya sebagai pelaksana lapangan, tetapi juga sebagai penghubung antara program dan masyarakat setempat, sehingga upaya rehabilitasi terumbu karang dapat berjalan berkelanjutan

dengan dukungan penuh komunitas lokal. Dengan pengalaman dan komitmen yang kuat, Pandu Alam Sendulang menjadi mitra penting dalam memastikan keberhasilan program, baik dari sisi teknis maupun sosial, sekaligus memperkuat rasa memiliki masyarakat terhadap sumber daya alam di wilayah mereka. Komunitas ini juga berperan dalam transfer pengetahuan tradisional tentang pengelolaan laut yang telah diwariskan secara turun-temurun, serta mengintegrasikannya dengan pendekatan ilmiah modern dalam program restorasi.

3.3.4 Pemerintah Desa Sukakerta dan Masyarakat Desa Sukakerta

Pemerintah Desa Sukakerta dan masyarakat Desa Sukakerta memainkan peran penting dalam keberhasilan Program OTAK JAWARA di Gugus Karang Pulau Biawak, Kabupaten Indramayu. Beranggotakan nelayan, tokoh masyarakat, dan warga setempat, komunitas ini memiliki hubungan erat dengan laut sebagai sumber penghidupan sekaligus warisan yang harus dilestarikan. Mereka menjadi motor penggerak kolaborasi antara pelaksana program dan masyarakat pesisir, sehingga kegiatan konservasi dapat berlangsung efektif dan berkelanjutan. Pemerintah Desa Sukakerta juga hadir memberikan dukungan kelembagaan dan memfasilitasi koordinasi antar-pihak, sekaligus mendorong partisipasi warganya dalam setiap tahap kegiatan. Dukungan ini memperkuat keterlibatan warga dalam menjaga kawasan konservasi, membantu proses transplantasi karang, serta berperan dalam penyuluhan dan pemantauan rutin. Sinergi antara pemerintah desa dan masyarakat inilah yang menjadikan upaya restorasi terumbu karang tidak sekadar kegiatan teknis, tetapi juga gerakan bersama yang menegaskan pentingnya pengelolaan sumber daya laut secara partisipatif dan berkelanjutan.

B A B
04.

Persiapan & Perencanaan



4.1 Survei Lokasi Transplantasi

4.1.1 Pulau Biawak, Indramayu

Secara administratif, Pulau Biawak masuk ke dalam Kabupaten Indramayu yang berbatasan dengan Kabupaten Subang di sebelah barat, di sebelah utara dengan Laut Jawa, di sebelah timur dengan Kabupaten Cirebon dan Laut Jawa, dan sebelah selatan dengan Kabupaten Sumedang, Majalengka dan Cirebon. Pulau Biawak dan sekitarnya adalah kawasan konservasi laut daerah (KKLD) yang terletak di sebelah utara Kabupaten Indramayu, Provinsi Jawa Barat berdasarkan SK Bupati Indramayu No. 556/Kep.528 Diskanla/2004 yang dikeluarkan pada tanggal 7 April 2004 dengan luas kawasan kurang lebih 720 Ha.

Pertumbuhan karang dan penyebaran terumbu karang tergantung pada kondisi lingkungannya. Hasil pengamatan yang dilakukan di lokasi Kepulauan Biawak menunjukkan bahwa lebih dari 75% area terumbu karang telah hilang. Dalam sistem jejaring makanan, rusaknya terumbu karang akan berdampak pada keberadaan spesies dan jumlah populasi ikan. Pada akhirnya mempengaruhi keberadaan fauna lainnya. Data hasil inventarisasi persen penutupan substrat karang di Pulau Biawak disajikan dalam **Tabel 4.1**.

Tabel 4. 1 Persen Penutupan Substrat Karang (%) di Pulau Biawak.

Kelompok <i>life form</i>	Penutupan Substrat Karang (%)
Karang keras	51,47%
Karang mati	0,93%
Alga	19,50%
Biota lain	5,40%

Sumber: Data Primer (2017)



Gambar 4. 1 Foto kondisi terumbu karang di stasiun pengamatan perairan Pulau Biawak

Data penutupan substrat pada lokasi penelitian menunjukkan bahwa karang keras mendominasi dengan persentase 51,47%. Dominasi ini menjadi indikator positif, sebab karang keras merupakan arsitek utama pembentuk terumbu yang menyediakan habitat, tempat berlindung, dan ruang pemijahan bagi berbagai spesies ikan serta invertebrata laut. Kehadiran mereka ibarat fondasi bangunan megah di dasar laut, yang menopang kehidupan ribuan organisme lain. Sebaliknya, persentase karang mati tercatat hanya 0,93%. Angka yang relatif rendah ini mengindikasikan bahwa tingkat mortalitas karang masih terkendali, meskipun tetap menjadi pengingat bahwa ancaman degradasi dapat muncul sewaktu-waktu akibat tekanan lingkungan maupun aktivitas manusia. Karang mati pada dasarnya menjadi substrat baru yang dapat ditumbuhi alga atau menjadi tempat melekat biota lain, sehingga perannya tidak sepenuhnya hilang dalam rantai ekologi.

Alga menempati 19,50% dari total penutupan substrat. Kehadiran alga memiliki dua sisi: di satu sisi, alga berkontribusi dalam produksi

primer dan menjadi sumber pakan penting; di sisi lain, dominasi alga yang berlebihan dapat menghambat pertumbuhan karang keras. Proporsi alga pada kisaran 20% ini menunjukkan keseimbangan yang masih cukup sehat, di mana kompetisi antara alga dan karang belum menimbulkan gangguan signifikan. Selain itu, kelompok biota lain mencakup 5,40% dari penutupan substrat. Kelompok ini umumnya terdiri atas organisme sessil seperti spons, ascidian, atau karang lunak, yang meski tidak berperan sebagai pembangun terumbu utama, tetap memberikan kontribusi penting pada heterogenitas habitat. Kehadiran biota lain menambah kompleksitas ekosistem serta membuka lebih banyak ceruk ekologi yang dapat dimanfaatkan oleh beragam spesies laut.

4.1.2 Sendulang, Karawang

Karang Sendulang merupakan gosong karang (*patch reefs*) dengan kedalaman 3 – 12 meter yang terdapat di perairan pesisir Desa Sukakarta, Kecamatan Cllamaya Wetan, Kabupaten Karawang. Hasil inventarisasi ekosistem terumbu

karang di kawasan Gosong Karang Sendulang mengungkapkan kondisi yang cukup beragam. Persentase penutupan karang keras tercatat berada pada kisaran 2,83% hingga 40,57%, yang menurut klasifikasi ekologi masuk dalam kategori penutupan buruk hingga sedang. Angka ini menandakan bahwa sebagian area masih berada pada tahap degradasi, meskipun terdapat pula fragmen ekosistem yang menunjukkan potensi pemulihan alami. Menariknya, tidak ditemukan substrat terumbu mati, suatu indikasi bahwa meskipun tekanan ekologis berlangsung, proses suksesi alami masih berjalan tanpa meninggalkan hamparan skeleton karang yang rapuh. Fakta ini memberikan harapan, karena keberadaan karang hidup, walaupun dengan persentase relatif rendah, tetap menjadi fondasi penting bagi keberlangsungan ekosistem laut di sekitar Gosong Karang Sendulang.

Berdasarkan hasil pengukuran kepadatan dan indeks ekologi, komposisi terumbu karang di kawasan Sendulang memperlihatkan dominasi kelompok *non-Acropora*. Dari inventarisasi yang dilakukan, tercatat sebanyak 4 koloni *coral encrusting* (CE) dan 6 koloni *massive coral* (MC). Keberadaan karang masif dalam jumlah yang lebih dominan memberikan gambaran penting mengenai kondisi ekologis perairan setempat. Karang masif dikenal memiliki struktur pertumbuhan yang kokoh, lambat, namun relatif lebih tahan terhadap tekanan lingkungan dibandingkan jenis karang bercabang yang lebih rapuh. Dominasi kelompok ini di Gosong Karang Sendulang mengisyaratkan adanya tekanan ekologis yang cukup kuat, terutama akibat tingginya kekeruhan perairan yang menurunkan tingkat visibilitas hingga kategori

Tabel 4. 2 Persen Penutupan Substrat Karang (%) di Perairan Sendulang

Kelompok <i>life form</i>	Penutupan Substrat Karang (%)
Karang keras	7,50%
Karang mati	0%
Alga	51,03%
Biota lain	11,30%
Abiotik	30,17%

Sumber: Data Primer (2021)



Gambar 4. 2 Foto Kondisi Terumbu Karang di Stasiun Pengamatan Perairan Karawang, Jawa Barat

buruk. Dalam kondisi perairan yang demikian, hanya jenis karang dengan morfologi masiflah yang mampu bertahan hidup, sementara jenis karang yang lebih sensitif cenderung tidak mampu berkembang. Fenomena ini sekaligus menjadi indikator alami tentang kualitas habitat serta tantangan besar bagi upaya rehabilitasi ekosistem karang di wilayah ini.

Kerusakan ekosistem terumbu karang pada dasarnya merupakan konsekuensi dari interaksi kompleks antara tekanan alami dan aktivitas manusia. Sejumlah studi menunjukkan bahwa aktivitas antropogenik memiliki peran dominan dalam mempercepat degradasi terumbu, baik melalui pencemaran minyak, sedimentasi, pencemaran termal,

Tabel 4. 3 Frekuensi Pemunculan Life Form Terumbu Karang di Stasiun Pengamatan.

<i>Life Form</i>		<i>Frekuensi Pemunculan Life Form</i>
Acropora		
Acropora branching	ACB	0
Acropora digitate	ACD	0
Acropora encrusting	ACE	0
Acropora submassive	ACS	0
Acropora tabulate	ACT	0
Non Acropora		
Branching coral	CB	0
Coral encrusting	CE	4
Foliose coral	CF	0
Massive coral	CM	6
Melliophora	ME	0
Mushroom coral	CMR	0
Submassive coral	CS	0
Heliopora	CHL	0
Tubipora	CTU	0
Total Frekuensi Pemunculan		10
H' Index		2,33
H' Max		1,69
Similarity Index (E)		1,38
Dominancy Index (C)		0,25

Sumber: Data Primer (2021)

akumulasi sampah, peningkatan beban nutrisi, praktik penangkapan ikan yang merusak, hingga pemanfaatan berlebihan serta dampak dari aktivitas wisata yang tidak terkelola (Moberg & Folke, 1999). Fenomena serupa juga terekam di perairan Karawang, di mana tanda-tanda kerusakan terumbu karang mulai tercatat sejak awal tahun 2010. Berbagai aktivitas manusia, khususnya eksploitasi karang hias untuk tujuan ekspor, menjadi salah satu faktor utama pemicu kerusakan. Selain itu, praktik penangkapan ikan yang tidak ramah lingkungan, seperti penggunaan alat tangkap *Muro ami*, bubu tambun, hingga penerapan bahan kimia berbahaya seperti kalium sianida, semakin memperparah kondisi ekosistem. Wilayah ini juga merupakan lokasi operasi intensif penangkapan rajungan dengan bubu, pancing tangan, dan berbagai alat tangkap lainnya yang kerap disertai penggunaan jangkar perahu. Aktivitas jangkar tersebut memberikan dampak destruktif langsung terhadap struktur fisik terumbu karang, menyebabkan fragmentasi koloni karang hidup dan mempercepat penurunan tingkat penutupan karang. Kombinasi tekanan-tekanan ini secara kumulatif menjadikan terumbu karang di perairan Karawang berada dalam kondisi rentan dan memerlukan intervensi pengelolaan serta upaya rehabilitasi yang serius.

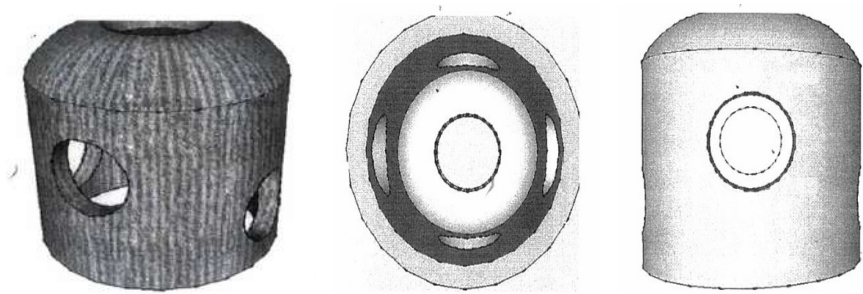
4.2 Pemilihan Metode Transplantasi

4.2.1 Metode Honai di Pulau Biawak, Indramayu

Metode transplantasi terumbu karang yang diterapkan oleh PHE dilaksanakan di kawasan Pulau Biawak, Kabupaten Indramayu adalah teknik transplantasi dengan menggunakan media honai. Metode ini dipilih karena cukup relevan dengan kondisi lingkungan yang karakteristik perairannya relatif mendukung, dengan tingkat kekeruhan yang rendah sehingga memungkinkan fragmen karang yang ditransplan untuk bertahan dan tumbuh. Kegiatan transplantasi terumbu karang

di Gugus Karang Pulau Biawak dilakukan dengan menerapkan inovasi modul honai memiliki luas 0,02 ha. Jumlah modul honai yang telah ditransplantasi Tahun 2017-2024 adalah sebanyak 350 buah yang digunakan pada kegiatan transplantasi terumbu karang di Gugus Karang Pulau Biawak yang didesain sedemikian rupa sehingga dapat menunjang pertumbuhan fragmen karang transplan serta dapat berfungsi sebagai *artificial reef*. Pemilihan jenis media transplantasi tersebut adalah dengan mempertimbangkan peluang keberhasilan kegiatan, didasarkan pada kondisi lokasi transplantasi, serta mempertimbangkan sumber daya yang dimiliki dalam melaksanakan kegiatan tersebut.

Modul honai merupakan salah satu inovasi media transplantasi karang yang dikembangkan melalui kolaborasi antara PHE ONWJ dan Institut Pertanian Bogor (IPB). Kehadirannya menjadi langkah maju dalam upaya rehabilitasi terumbu karang di perairan. Dibangun dari campuran semen dan pasir, modul ini tidak sekadar menjadi wadah bagi fragmen karang, melainkan juga dirancang secara cermat agar mampu bertahan dalam kondisi laut yang penuh tantangan. Desain modul honai terinspirasi dari bentuk rumah tradisional Papua, yang memadukan kesederhanaan dengan fungsi ekologis tinggi. Struktur ini memiliki lubang pada sisi samping dan bagian atas, sehingga tidak hanya memudahkan arus air melewati tubuh modul, tetapi juga menyediakan ruang keluar masuk bagi ikan karang. Celah-celah tersebut berfungsi ganda: menjaga stabilitas hidrodinamika agar modul tidak mudah terguling oleh arus, sekaligus menciptakan habitat mikro bagi biota laut. Inovasi ini telah mendapatkan pengakuan resmi melalui sertifikat desain industri dari Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia Nomor IDD000048308 dengan judul *Industri Modul Honai untuk Transplantasi Terumbu Karang* sejak 16 September 2016.



Gambar 4. 3 Desain Modul Honai

Keunggulan utama modul Honai terletak pada mobilitasnya. Produk ini dirancang agar mudah diproduksi di darat, diangkut ke lokasi rehabilitasi, lalu ditempatkan di dasar laut tanpa mengganggu keseimbangan ekosistem yang ada. Dengan kombinasi fungsi teknis dan ekologis, honai tidak hanya menjadi media transplantasi, tetapi juga sebuah “rumah baru” yang mendukung kehidupan bawah laut. Seiring waktu, modul ini diharapkan akan tertutupi oleh koloni karang hidup, membentuk benteng alami yang memperkuat daya tahan ekosistem pesisir.

4.2.2 Metode Paranje di Sendulang, Karawang

Perairan di wilayah Karang Sendulang, Karawang memiliki tingkat kekeruhan yang relatif tinggi, sehingga berimplikasi langsung terhadap tingkat sedimentasi di kolom perairan. Penumpukan sedimen berpotensi terjadi jika salah dalam pemilihan metode. Penumpukan sedimen ini berpotensi menghalangi penetrasi cahaya dan mengurangi aliran air, sehingga

fragmen karang yang ditransplantasikan tidak mampu melakukan fotosintesis secara optimal. Akibatnya, fragmen karang akan mengalami stres fisiologis yang berujung pada kematian. Oleh karena itu, pemilihan metode transplantasi yang sesuai dengan karakteristik lingkungan perairan Sendulang menjadi krusial, agar upaya rehabilitasi tidak justru berisiko menambah tingkat kegagalan ekosistem karang yang sudah rentan.

Paranje merupakan inovasi media transplantasi yang bentuknya menyerupai kurungan ayam, didesain khusus untuk fungsi ganda sebagai substrat/media transplantasi karang dan habitat bagi ikan. Modul ini memiliki dimensi cukup besar, diameter dan tinggi masing-masing 60 cm, lubang pada sisi samping dan atas untuk akses ikan dan sirkulasi nutrisi, serta bentuk hidrodinamis agar stabil terhadap arus bawah laut. Bobotnya berat (± 60 kg) karena terbuat dari campuran pasir dan semen, sehingga tahan terhadap tekanan arus laut. Desain ini menjaganya tetap pada tempatnya meski diterjang arus besar.



Gambar 4. 4 Desain Modul Paranje

Media transplantasi terumbu karang berbentuk Paranje memiliki sejumlah keunggulan dibandingkan metode konvensional. Dari segi stabilitas, paranje tergolong lebih kokoh karena terbuat dari bahan beton yang tahan lama, dikonstruksi memiliki tiga kaki penyangga pada bagian bawah. Desain ini memungkinkan paranje mencengkeram substrat dasar perairan dengan kuat dan selalu berdiri stabil, sehingga tidak mudah terguling meskipun terkena hempasan ombak maupun arus gelombang yang cukup kuat. Selain itu, risiko tertutupnya fragmen karang oleh sedimen dapat diminimalisir karena bentuk bagian atas paranje yang dibuat membulat, sehingga meminimalkan akumulasi endapan di permukaan media. Keunggulan lain yang tidak kalah penting adalah perannya sebagai habitat buatan bagi ikan dan biota asosiasi lainnya. Hal ini dimungkinkan karena sisi-sisi paranje didesain dengan lubang yang relatif besar, memberikan ruang perlindungan

dan tempat bersembunyi/berlindung bagi berbagai organisme laut. Dengan kombinasi fungsi sebagai media transplantasi sekaligus habitat tambahan, paranje berpotensi meningkatkan efektivitas program rehabilitasi terumbu karang, baik dari sisi ekologis maupun keberlanjutan ekosistem perairan. Jika disimpulkan, keunggulan media transplantasi paranje antara lain :

1. Paranje lebih kokoh sehingga tidak mudah terguling apabila terkena hempasan ombak/gelombang, hal tersebut karena paranje terbuat dari beton dan pada bagian bawah paranje didesain memiliki tiga (3) kaki sehingga dapat mencengkrum ke substrat dasar perairan dengan kuat.
2. Sedimentasi di media transplantasi dapat diminimalisir karena bentuk bagian atas paranje dibuat membulat.
3. Ikan dan biota asosiasi lain dapat berlindung di dalam paranje karena lubang di sisi-sisi paranje didesain lebih besar.



(a)



(b)

Gambar 4. 5 Transplantasi Terumbu Karang dengan Metode Penempelan Fragmen di Gugus Karang Sendulang pada : Modul Paranje (a) *Line* transplan (b)

4.3 Koordinasi dan Kolaborasi

4.3.1 Koordinasi dan Kolaborasi dengan Pemangku Kepentingan di Pulau Biawak

Program Orang Tua Asuh Karang di Laut Utara Jakarta dan Jawa Barat (OTAK JAWARA) yang dilakukan di Pulau Biawak, Kabupaten Indramayu diinisiasi oleh PT Pertamina Hulu Energi Offshore North West Java (PHE ONWJ) bekerja sama dengan Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan, Institut Pertanian Bogor (PKSPL-IPB). Inisiatif ini lahir sebagai respons terhadap kondisi ekosistem terumbu karang yang mengalami tekanan akibat aktivitas manusia maupun perubahan lingkungan, sekaligus sebagai langkah nyata dalam upaya rehabilitasi dan konservasi sumber daya laut.

Keberhasilan program ini tidak hanya ditentukan oleh aspek teknis transplantasi karang, tetapi juga sangat bergantung pada dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, OTAK JAWARA dibangun dengan prinsip kemitraan multipihak yang menghubungkan sektor swasta, lembaga akademik, pemerintah, dan masyarakat pesisir. Pola kemitraan ini menciptakan model pengelolaan jasa ekosistem berbasis kolaborasi, di mana setiap pihak memiliki peran strategis:

- Pemerintah Daerah melalui Badan Lingkungan Hidup (BLH) dan Dinas Kelautan dan Perikanan (DKP) Kabupaten Indramayu berfungsi sebagai regulator dan pengarah kebijakan agar program sejalan dengan rencana pembangunan daerah.
- PHE ONWJ sebagai pihak swasta berperan dalam pendanaan, dukungan teknis, serta fasilitasi kegiatan di lapangan.
- PKSPL-IPB memberikan dukungan ilmiah, kajian akademik, dan inovasi teknologi dalam upaya rehabilitasi terumbu karang.
- Masyarakat pesisir Indramayu dilibatkan secara aktif dalam implementasi program, sehingga kegiatan konservasi tidak hanya menjadi agenda eksternal, tetapi juga bagian dari kesadaran dan kearifan lokal.

Dengan pola kolaboratif ini, OTAK JAWARA di Pulau Biawak tidak sekadar menjadi program transplantasi karang, melainkan juga sebuah gerakan sosial-ekologis yang mengedepankan sinergi lintas sektor. Tujuan akhirnya adalah terciptanya ekosistem laut yang lebih sehat, berdaya dukung tinggi, serta mampu memberikan manfaat berkelanjutan bagi masyarakat pesisir dan generasi mendatang.

4.3.2 Koordinasi dan Kolaborasi dengan Pemangku Kepentingan di Sendulang

Program Orang Tua Asuh Karang di Laut Utara Jakarta dan Jawa Barat (OTAK JAWARA) diinisiasi oleh PT Pertamina Hulu Energi Offshore North West Java (PHE ONWJ) bekerja sama dengan Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH) IPB University. Dalam tahap perencanaan, pelibatan Dinas Perikanan (DP) Karawang menjadi langkah strategis untuk menyelaraskan program dengan agenda pembangunan kelautan pemerintah daerah. DP Karawang turut serta dalam kegiatan koordinasi, sosialisasi, *capacity building*, serta memberikan dukungan teknis, termasuk pelatihan pembuatan media transplantasi paranje. Sementara itu, Pemerintah Desa (PemDes) Sukakerta dilibatkan untuk memperkuat dukungan sosial. PemDes berperan dalam mengoordinasikan sosialisasi lanjutan ke masyarakat, sekaligus meningkatkan kesadaran warga terhadap pentingnya kelestarian terumbu karang sebagai bagian dari sumber daya pesisir.

Kegiatan awal program ditandai dengan rapat koordinasi bersama para pemangku kepentingan yang dilaksanakan pada 17 Juni 2022 di Kantor Desa Sukakerta. Pertemuan ini dihadiri oleh perwakilan PHE ONWJ, Dinas Perikanan Kabupaten Karawang, ahli terumbu karang dari PPLH-IPB, Pemerintah Desa Sukakerta, Lembaga Pandu Alam Sendulang (PAS), serta masyarakat setempat. Dalam kesempatan ini, PHE ONWJ menyampaikan komitmennya untuk memfasilitasi PAS dan masyarakat Desa Sukakerta dalam melaksanakan upaya restorasi terumbu karang di perairan Desa Sukakerta. Kegiatan

koordinasi ini tidak hanya menjadi forum penyampaian perencanaan kegiatan, tetapi juga momentum lahirnya kolaborasi multi-pihak (*multi-stakeholder collaboration*), yang menggabungkan kekuatan akademisi, pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat lokal dalam satu tujuan bersama: membangun kembali ekosistem terumbu karang yang sehat, produktif, dan berkelanjutan.



Gambar 4. 6 Dokumentasi Kegiatan Koordinasi dan Perencanaan

Sebagai bentuk komitmen bersama dalam menjaga keberlanjutan ekosistem pesisir, para pemangku kepentingan menyepakati sebuah Nota Kesepahaman Bersama melalui Program Orang Tua Asuh Karang di Laut Utara Jakarta dan Jawa Barat (OTAK JAWARA). Nota kesepahaman tersebut tercatat dengan Nomor 783/IT3.L1.1/HK.07/2022, dan resmi ditandatangani pada 29 Juni 2022 di Desa Sukakerta, Kecamatan Cimalaya Wetan, Kabupaten Karawang, Provinsi Jawa Barat. Penandatanganan nota kesepahaman ini melibatkan berbagai pihak, yakni PT Pertamina Hulu Energi ONWJ, Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH)–Institut Pertanian Bogor (IPB), Pemerintah Desa Sukakerta, serta Kelompok Masyarakat “Pandu Alam Sendulang”. Kehadiran keempat pemangku kepentingan ini menandai lahirnya sinergi antara perusahaan, lembaga akademik, pemerintah desa, dan masyarakat lokal dalam mendukung upaya rehabilitasi terumbu karang secara kolaboratif.

Lebih lanjut, kegiatan inovasi ini juga memperoleh dukungan formal dari pemerintah daerah. Hal ini dibuktikan dengan terbitnya Surat Rekomendasi dari Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Jawa Barat dengan Nomor 5396/KL.01.04/DKP

pada tanggal 25 Juli 2022. Rekomendasi tersebut memperkuat legitimasi program dan menjadi payung hukum sekaligus dorongan moral untuk melanjutkan agenda konservasi laut secara berkelanjutan. Dengan adanya kesepahaman dan dukungan resmi ini, program OTAK JAWARA tidak hanya sekadar kegiatan teknis transplantasi karang, tetapi juga sebuah gerakan sosial-ekologis yang



menegaskan pentingnya kolaborasi lintas sektor demi masa depan ekosistem laut yang sehat.

4.4 Inovasi Metodologi Lainnya yang Pernah Dilakukan

4.4.1 Inovasi Metode Media Rak di Pulau Biawak, Indramayu

Salah satu metode transplantasi karang yang pernah diterapkan di Pulau Biawak, Indramayu, yaitu menggunakan media rak paralon. Dalam penerapannya, digunakan enam unit rak yang dilengkapi dengan kaki penopang di bagian bawah sebagai tempat meletakkan fragmen karang. Metode ini relatif sederhana dan cukup efektif untuk menjaga fragmen tetap berada pada posisi yang diinginkan, namun hasil yang diperoleh menunjukkan keterbatasan dalam aspek pertumbuhan karang.

Secara umum, kondisi karang pada media rak masih berada dalam keadaan hidup. Akan tetapi, laju pertumbuhan yang diamati tampak berjalan lambat. Beberapa faktor diduga menjadi penyebab utama kondisi tersebut. Pertama, pengikatan fragmen menggunakan kabel tis pada saat proses penyulaman tidak

cukup kuat, sehingga fragmen sering kali goyah dan belum menempel sempurna pada media transplantasi. Kondisi ini menyebabkan karang membutuhkan waktu lebih lama untuk beradaptasi dan melekat dengan substrat. Kedua, konstruksi rak paralon yang relatif rendah membuat fragmen lebih rentan terhadap sedimen. Arus dan gelombang yang kuat di sekitar perairan Pulau Biawak mampu mengangkat serta mengaduk substrat pasir, yang kemudian mengendap dan menutupi fragmen karang. Akumulasi sedimen ini dapat menghambat proses fotosintesis alga zooxanthellae yang bersimbiosis dengan karang, sehingga berpengaruh terhadap kesehatan dan pertumbuhan fragmen.



4.4.2 Inovasi Metode *Line* Transplan di Sendulang, Karawang

Metode *line* transplan merupakan salah satu inovasi teknik transplantasi karang yang memanfaatkan media berupa tali untuk menempatkan fragmen karang. Pada penerapannya, tali dipasang mengelilingi area modul paranje yang sudah ditempatkan di dasar laut. Fragmen karang kemudian diikat secara hati-hati pada tali tersebut sehingga dapat tergantung dan memperoleh ruang optimal untuk tumbuh. Total tali yang dipasang sepanjang 48 meter.

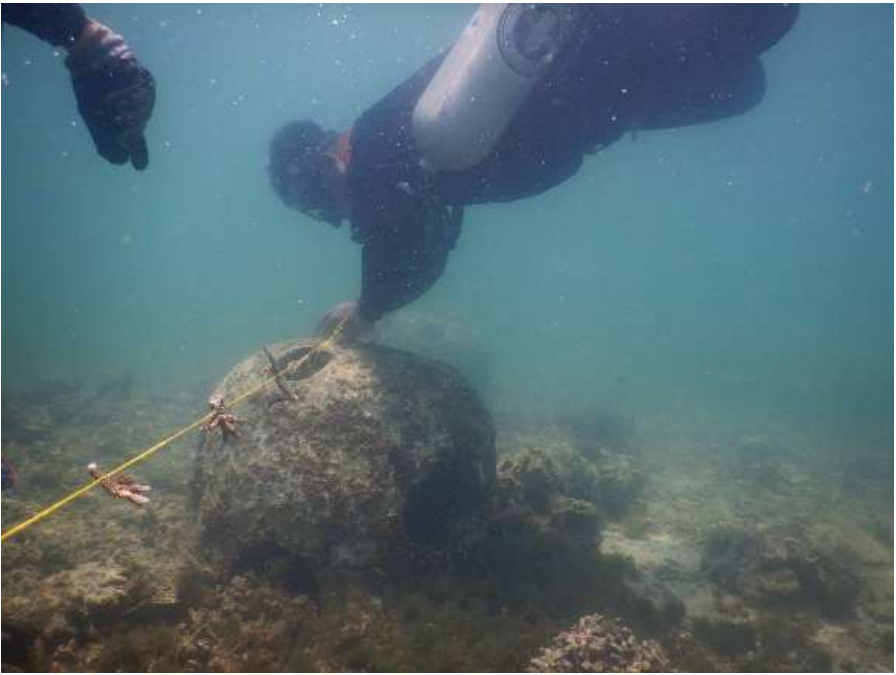
Metode *line* transplan merupakan salah satu inovasi teknik transplantasi karang yang



Gambar 4. 7 Inovasi Media Rak yang telah dilakukan

Meskipun demikian, fragmen yang ditempatkan pada rak paralon dengan kaki tambahan menunjukkan tingkat ketahanan yang lebih baik dibandingkan dengan rak yang lebih rendah. Hal ini memberikan gambaran bahwa ketinggian konstruksi media transplantasi berperan penting dalam mengurangi dampak sedimentasi. Pengalaman penggunaan media rak paralon ini menjadi pelajaran berharga bagi upaya rehabilitasi terumbu karang. Hasilnya menegaskan bahwa diperlukan metode transplantasi baru yang lebih efektif, tidak hanya mampu menjaga kelangsungan hidup fragmen karang, tetapi juga mendorong laju pertumbuhan yang optimal dengan meminimalkan tekanan dari faktor lingkungan seperti sedimentasi dan arus kuat.

menggunakan media berupa tali sebagai tempat penempelan fragmen karang. Pada praktiknya, tali dipasang mengelilingi modul paranje yang telah diletakkan di dasar laut. Fragmen karang kemudian diikat secara hati-hati pada tali tersebut sehingga dapat tergantung bebas dan memperoleh ruang optimal untuk beradaptasi serta bertumbuh. Total panjang tali yang dipasang mencapai 48 meter. Panjang tali yang relatif besar ini memungkinkan penempatan fragmen karang dalam jumlah yang lebih banyak sekaligus memberikan distribusi yang merata di sekitar modul paranje. Dengan demikian, pertumbuhan karang dapat menyebar secara lebih luas dan menciptakan area rehabilitasi yang lebih efektif.



Gambar 4. 8 Inovasi Metode *Line* Transplan di Sendulang, Karawang

Keunggulan metode ini terletak pada kesederhanaan dan fleksibilitasnya. Tali yang digunakan sebagai media penempelan memungkinkan fragmen karang tetap stabil meskipun terpapar arus dan gelombang. Selain itu, posisi fragmen yang menggantung atau menempel pada tali membuatnya lebih sedikit terpapar sedimen dasar laut dibandingkan dengan metode media rak yang relatif rendah. Dengan demikian, risiko tertutup pasir atau lumpur yang dapat menghambat pertumbuhan karang dapat dikurangi. Pemasangan tali di sekitar modul paranje juga memiliki keuntungan ekologis. Modul paranje, yang berbentuk kokoh dengan kaki penopang, mampu memberikan kestabilan struktur, sementara tali yang terpasang berfungsi sebagai tambahan permukaan tempat menempel fragmen karang. Kombinasi kedua

media ini menciptakan habitat mikro yang lebih beragam, tidak hanya bagi karang itu sendiri, tetapi juga bagi ikan dan biota laut lain yang memanfaatkan modul sebagai tempat berlindung.

Meskipun metode *line* transplan ini masih terbilang baru dalam penerapannya, hasil awal menunjukkan potensi yang menjanjikan. Fragmen karang yang ditransplantasi pada tali dapat bertahan dengan baik dan beradaptasi dengan lingkungan sekitarnya. Dalam jangka panjang, diharapkan inovasi ini mampu meningkatkan tingkat kelangsungan hidup serta percepatan pertumbuhan karang, sekaligus memperkaya struktur ekosistem terumbu buatan di sekitar Karang Sendulang.

B A B
05.

Proses Transplantasi di Lapangan

5.1 Social Engagement Komunitas dan Masyarakat Lokal

5.1.1 Diskusi Awal Bersama Warga Lokal

Tahapan awal yang tidak dapat diabaikan adalah melakukan konsultasi intensif dengan masyarakat setempat, khususnya nelayan dan pemangku adat yang memiliki pengetahuan mendalam tentang kondisi lokal. Diskusi ini biasanya dilaksanakan di balai desa atau rumah salah satu nelayan senior yang dihormati oleh masyarakat. Di dalam forum inilah terjadi pertemuan antara pengetahuan ilmiah modern dengan kearifan tradisional yang telah teruji selama puluhan bahkan ratusan tahun.

Warga lokal, terutama nelayan yang telah mengarungi lautan selama puluhan tahun, memiliki informasi yang sangat berharga tentang lokasi-lokasi terumbu karang yang masih dalam kondisi sehat, jenis-jenis karang yang tumbuh di berbagai area, hingga waktu-waktu yang paling aman untuk melakukan penyelaman.

Diskusi kolaboratif ini memiliki beberapa tujuan yang sangat penting, yaitu:

- a. Menentukan lokasi donor yang tidak berada di kawasan terlarang atau dilindungi secara ketat berdasarkan regulasi pemerintah maupun aturan adat setempat.
- b. Memastikan keamanan tim peneliti dan relawan dari berbagai ancaman seperti arus laut yang berbahaya, medan bawah laut yang sulit atau berbahaya, serta kondisi cuaca yang tidak mendukung.
- c. Menghormati dan mengintegrasikan kearifan lokal dalam proses restorasi, misalnya dengan menghindari pengambilan fragmen di area yang dianggap keramat atau memiliki nilai budaya dan spiritual tertentu bagi masyarakat setempat.

Hasil dari diskusi mendalam ini biasanya berupa peta sederhana yang dibuat secara partisipatif atau titik-titik koordinat GPS yang telah disepakati bersama, yang nantinya akan menjadi panduan utama saat pelaksanaan kegiatan di lapangan.





Gambar 5. 1 Diskusi Awal Bersama Warga Lokal pada Tanggal 17 Juni 2022 Desa Sukakerta – Kab. Karawang Bersama PHE ONWJ, PPLH IPB, Dinas Perikanan Kabupaten Karawang, Pemerintah Desa Sukakerta, Lembaga Pandu Alam Sendulang, dan Masyarakat Desa Sukakerta

5.1.2 Capacity Building dan Refrehsment Briefing

Pelestarian lingkungan dan pengelolaan sumber daya alam berkelanjutan, khususnya di wilayah pesisir dan laut, bukan hanya menjadi tanggung jawab pemerintah atau lembaga-lembaga tertentu saja. Keberhasilan upaya konservasi dan restorasi sangat bergantung pada tingkat partisipasi aktif, kesadaran, dan kapasitas masyarakat serta komunitas setempat yang secara langsung berinteraksi dengan sumber daya tersebut setiap harinya. Oleh karena itu, program pembangunan kapasitas (*capacity building*) dan *refreshment briefing* atau pembaruan pengetahuan kepada komunitas menjadi langkah yang sangat krusial dan strategis agar semua *stakeholder* dapat berperan secara maksimal dan berkelanjutan dalam upaya pelestarian ekosistem terumbu karang.

Langkah awal yang dilakukan dalam program *capacity building* adalah melakukan pendekatan yang intensif kepada masyarakat dan berbagai pihak terkait. Pendekatan ini bertujuan untuk membangun komunikasi yang efektif dan kerja sama yang harmonis agar tujuan pelestarian lingkungan dapat tercapai secara kolektif dan berkelanjutan.

Desa Sukakerta memiliki posisi yang sangat strategis dan unik karena merupakan satu-satunya desa yang memiliki ekosistem terumbu karang di Kabupaten Karawang. Keunikan ini memberikan potensi yang sangat besar sebagai daya tarik wisata bahari yang dapat memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat Desa Sukakerta serta masyarakat di kawasan sekitarnya. Potensi ini dapat dikembangkan menjadi *eco-tourism* yang berkelanjutan jika dikelola dengan tepat.

Sejak dilaksanakannya program transplantasi terumbu karang di gugusan karang Sendulang,

terjadi peningkatan yang signifikan dalam tingkat kesadaran dan pemahaman masyarakat tentang pentingnya kelestarian terumbu karang. Program ini tidak hanya berfungsi sebagai upaya restorasi fisik, tetapi juga sebagai media edukasi yang sangat efektif untuk meningkatkan *environmental awareness* di tingkat lokal.

Dampak positif dari program ini terlihat jelas dari tingginya antusiasme masyarakat dalam mengikuti seluruh rangkaian kegiatan *capacity building*. Masyarakat menunjukkan partisipasi aktif dalam berbagai aktivitas, mulai dari pelatihan teknis pembuatan media transplantasi, berperan langsung dalam proses penurunan dan pemasangan media di laut, hingga terlibat secara kontinu dalam kegiatan pemeliharaan dan pengamanan transplantasi karang dari berbagai ancaman.

Program restorasi terumbu karang ini melibatkan berbagai *stakeholder* yang memiliki peran dan tanggung jawab yang saling komplementer, yaitu:

- PT PHE ONWJ berperan sebagai pihak yang menginisiasi dan bertanggung jawab terhadap keberlangsungan program transplantasi terumbu karang.
- Masyarakat lokal yang tergabung dalam Lembaga Penggiat Terumbu Karang “Pandu Alam Sendulang” Desa Sukakerta Kabupaten Karawang berperan sebagai implementer utama di tingkat lapangan. Mereka tidak hanya bertindak sebagai pelaksana teknis, tetapi juga sebagai *guardian* dan *steward* yang akan menjaga keberlangsungan program dalam jangka panjang.
- Dinas Perikanan dan Kelautan (DKP) Provinsi Jawa Barat dan DKP Kabupaten Karawang berperan sebagai pembina kegiatan program transplantasi terumbu karang.



Gambar 5. 2 Kegiatan Capacity Building dan Transplantasi Karang Bersama PHE ONWJ, PPLH IPB, Dinas Perikanan Kabupaten Karawang, Pemerintah Desa Sukakerta, dan Lembaga Pandu Alam Sendulang di Desa Sukakerta Kab. Karawang tanggal 29 Juni 2022

5.2 Proses Pembuatan dan Pemasangan Struktur Media Transplantasi

Transplantasi terumbu karang merupakan salah satu teknik restorasi ekosistem laut yang paling efektif untuk membantu proses pertumbuhan kembali karang yang rusak atau telah mati. Untuk mencapai tujuan ini, diperlukan struktur buatan yang berfungsi sebagai substrat atau media tumbuh bagi karang baru. Struktur ini harus memenuhi kriteria kuat, tahan lama, dan ramah lingkungan agar mampu bertahan dalam kondisi laut yang sangat dinamis.

Dalam konteks program restorasi di Indonesia, telah dikembangkan inovasi media transplantasi yang dinamakan "paranje". Media transplantasi paranje merupakan hasil modifikasi dan inovasi dari media konvensional yang terbuat dari beton dengan bentuk setengah bola yang menyerupai sangkar ayam. Terminologi "paranje" sendiri merupakan istilah dalam bahasa Sunda yang merujuk pada sangkar ayam tradisional, yang menggambarkan bentuk dan fungsi dari struktur ini.

Desain paranje memiliki beberapa keunggulan yang signifikan. Pada bagian atas struktur paranje, fragmen karang akan ditempelkan dengan tujuan agar fragmen terumbu karang dapat tumbuh dan berkembang dengan optimal di media ini. Bentuk setengah lingkaran berfungsi untuk mempermudah proses mobilisasi dan penanganan media. Bagian tengah paranje dibuat kosong dan dilengkapi dengan beberapa lubang pada sisi-sisinya agar biota air dapat masuk ke dalam struktur dan menggunakannya sebagai tempat berlindung dari berbagai ancaman seperti arus kuat, predator, atau faktor lingkungan lainnya. Dengan demikian, paranje tidak hanya berfungsi sebagai media transplantasi, tetapi juga sebagai habitat buatan yang dapat meningkatkan keanekaragaman hayati lokal.

Pelaksanaan pembuatan serta pemasangan struktur media transplantasi dilaksanakan dengan mengutamakan aspek keselamatan kerja. Seluruh kegiatan menggunakan peralatan yang memadai dan sesuai standar Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3), seperti penggunaan sepatu boot, sarung tangan, serta perlengkapan pelindung lainnya untuk meminimalkan potensi risiko

kecelakaan. Komitmen terhadap keselamatan ini terbukti efektif, ditunjukkan dengan tidak adanya catatan insiden maupun kecelakaan kerja selama program berlangsung.

Selain itu, keberhasilan kegiatan tidak hanya ditunjang oleh peralatan, tetapi juga oleh sumber daya manusia (SDM) yang terlibat. Para pelaksana merupakan tenaga terlatih yang sebelumnya telah mendapatkan pendampingan melalui kegiatan capacity building, pelatihan teknis, dan dukungan pengetahuan praktis. Dengan demikian, program ini berjalan tidak hanya aman dan terkendali, tetapi juga mencerminkan sinergi antara kesiapan peralatan, standar keselamatan, serta kompetensi SDM yang andal.

5.2.1 Persiapan Alat dan Bahan

Sebelum memulai proses pembuatan struktur transplantasi, semua alat dan bahan harus dipersiapkan dengan teliti agar proses produksi dapat berjalan dengan lancar dan hasilnya maksimal.

Peralatan yang dibutuhkan meliputi:

- a. Cangkul dan skop yang digunakan untuk menggali bahan-bahan mentah dan mencampur berbagai komponen bahan bangunan.
- b. Meteran diperlukan untuk mengukur dimensi cetakan dan memastikan ukuran struktur sesuai dengan standar yang telah ditetapkan.
- c. Cetakan paranje khusus yang berbentuk modular harus dibuat sesuai dengan desain yang telah dirancang sebagai pola atau *template* untuk struktur beton yang akan diproduksi.
- d. Sendok semen dan berbagai alat tukang lainnya diperlukan untuk mengaduk campuran beton dan mengisi cetakan dengan tepat.
- e. Alat pengaduk, baik manual maupun mesin, membantu dalam mencampur semen, pasir, dan bahan lainnya secara merata.

Adapun bahan-bahan yang diperlukan meliputi:

- a. Semen sebagai bahan utama pengikat dalam campuran beton.

- b. Pasir berfungsi sebagai campuran untuk memberikan kekuatan dan tekstur pada beton.
- c. Air bersih diperlukan untuk mengaktifkan semen dan mengubah campuran menjadi adukan beton yang dapat dibentuk.
- d. Pengeras semen ditambahkan untuk membuat beton lebih tahan terhadap korosi air laut.
- e. Sekam digunakan sebagai bahan organik yang berfungsi sebagai agregat ringan untuk meningkatkan porositas struktur dan memungkinkan pertukaran air yang optimal.
- f. Kawat baja digunakan sebagai tulangan internal dalam struktur untuk memperkuat beton sehingga tidak mudah retak atau rusak.

5.2.2 Proses Percetakan Modul

Proses percetakan merupakan tahap inti dalam pembuatan struktur transplantasi karena menentukan bentuk akhir, dimensi, dan kualitas dari beton yang akan digunakan sebagai media transplantasi di lingkungan laut.

Langkah-langkah dalam proses percetakan modul meliputi:

- a. Perancangan cetakan paranje
Cetakan paranje harus dirancang sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan oleh ahli terumbu karang, yaitu:
 - Bentuk: biasanya modular dan dirancang sedemikian rupa sehingga memungkinkan karang untuk menempel dan tumbuh dengan optimal.
 - Ketebalan dinding: sesuai standar agar mampu menahan tekanan air dan gelombang.
 - Tinggi struktur: disesuaikan dengan karakteristik lokasi pemasangan agar tidak mudah tertimbun oleh sedimen yang terakumulasi dari waktu ke waktu.
 - Jumlah dan ukuran lubang pada struktur: harus diperhitungkan secara cermat karena lubang-lubang ini sangat penting untuk memfasilitasi aliran air dan sebagai ruang tumbuh karang.

b. Pencampuran beton

Campurkan semen, pasir, air, pengeras semen, dan sekam dengan perbandingan yang telah ditentukan. Pencampuran harus merata untuk mendapatkan kualitas beton yang optimal. Tambahkan kawat sebagai tulangan jika diperlukan untuk memberikan kekuatan tambahan.

c. Pengisian cetakan

Masukkan adukan beton ke dalam cetakan paranje secara perlahan dan merata. Gunakan sendok semen atau alat lain untuk memastikan tidak ada rongga udara yang tertinggal.

d. Perataan dan penghalusan

Ratakan permukaan beton dengan alat penghalus agar struktur lebih rapi dan siap untuk dikeringkan.

minimal 30 hari. Durasi ini dapat diperpanjang tergantung pada kondisi cuaca dan kelembaban udara. Selama periode penjemuran, air dalam campuran beton akan menguap secara perlahan, yang memungkinkan beton mengeras secara optimal. Proses ini juga membantu mengurangi alkalinitas beton yang dapat berbahaya bagi organisme laut.

b. Perawatan

Selama penjemuran, modul harus dilindungi dari kerusakan fisik seperti benturan atau beban berlebihan yang dapat menyebabkan retak. Posisi modul harus dijaga tetap rata dan stabil untuk mencegah terjadinya deformasi.



Gambar 5. 3 Proses Percetakan Modul dengan Melibatkan Masyarakat Lokal

5.2.3 Proses Pengeringan (*Curing*)

Setelah proses pencetakan selesai, modul beton tidak dapat langsung dipasang di lingkungan laut. Proses *curing* atau pengeringan merupakan tahap yang sangat penting untuk memastikan kekuatan dan durabilitas struktur dalam jangka panjang.

a. Penjemuran

Proses penjemuran dilakukan dengan menempatkan modul beton di bawah sinar matahari langsung selama periode

5.3 Mobilisasi Media Transplantasi dan Penempelan Fragmen Karang

Pasca-pengeringan, media transplantasi kemudian dimobilisasi ke lokasi transplantasi. Mobilisasi ini mengandalkan sarana transportasi air yang dioperasikan oleh komunitas lokal. Pengambilan fragmen karang merupakan langkah awal yang sangat menentukan keberhasilan program restorasi terumbu karang. Proses ini memerlukan

pendekatan yang sistematis dan hati-hati karena menyangkut keberlangsungan ekosistem yang sangat rapuh dan kompleks. Dalam praktiknya, kegiatan ini selalu diawali dengan persiapan yang matang, diskusi mendalam dengan masyarakat setempat, dan penerapan teknik pemanenan yang meminimalkan dampak negatif terhadap karang induk di habitat alaminya.

5.3.1 Mobilisasi Media Transplantasi

Setelah melewati proses pengeringan, media transplantasi dimobilisasi ke lokasi rencana transplantasi yang telah ditentukan sebelumnya. Proses mobilisasi dilaksanakan dengan melibatkan masyarakat dan kelompok pegiat konservasi lokal. Media transplantasi dibawa menggunakan perahu milik masyarakat.

yang memiliki karakteristik pertumbuhan dan fungsi ekologis yang berbeda-beda.

- c. Memastikan aksesibilitas lokasi dari berbagai aspek teknis, termasuk kedalaman yang sesuai untuk aktivitas penyelaman, jarak yang *reasonable* dari pantai, kondisi arus yang tidak terlalu kuat, serta stabilitas substrat dasar laut.

5.3.2 Kriteria Pemilihan Fragmen

Pemilihan fragmen donor tidak dapat dilakukan secara sembarangan dan harus mengikuti kriteria ilmiah yang ketat untuk memastikan keberhasilan program restorasi. Beberapa kriteria penting pemilihan meliputi:

- a. Keanekaragaman jenis karang

Tim restorasi akan berupaya mengambil beberapa jenis karang yang berbeda,



Gambar 5. 4 Mobilisasi Media Transplantasi

5.3.1 Persiapan dan Pemilihan Lokasi Donor

Setelah lokasi donor disepakati, tim teknis melakukan survei pendahuluan di lapangan. Survei pendahuluan ini memiliki beberapa tujuan, yaitu:

- a. Memastikan bahwa karang donor berada dalam kondisi sehat dan bebas dari berbagai penyakit yang dapat menular seperti *bleaching*, *black band disease*, atau *white syndrome* yang dapat membahayakan keberhasilan transplantasi.
- b. Melakukan penilaian terhadap keragaman jenis atau diversitas spesies yang ada di lokasi tersebut, karena restorasi yang berhasil dan berkelanjutan membutuhkan kombinasi dari beberapa jenis karang

seperti *Acropora* yang terkenal dengan pertumbuhan cepatnya, *Porites* yang dikenal tahan terhadap kondisi ekstrem, dan *Pocillopora* yang memiliki bentuk struktur yang menarik, agar ekosistem hasil restorasi memiliki struktur dan fungsi yang mirip dengan terumbu karang alami (Lirman & Schopmeyer, 2016).

- b. Ukuran koloni induk

Koloni yang dipilih harus memiliki ukuran yang cukup besar dan dalam kondisi sehat, biasanya berdiameter minimal 30-50 cm atau lebih. Persyaratan ini sangat penting untuk memastikan bahwa setelah fragmen diambil, koloni induk tetap memiliki kemampuan untuk bertahan hidup dan mampu tumbuh kembali dengan normal tanpa mengalami stres yang berlebihan (Epstein *et al.*, 2003).

c. Kondisi fisik karang donor

Karang donor harus bebas dari berbagai jenis kerusakan fisik, tidak dalam posisi terbalik akibat badai atau gelombang besar, serta tidak ditutupi oleh pertumbuhan alga yang berlebihan yang dapat mengganggu proses fotosintesis dan pertumbuhan karang.

5.3.3 Proses Pemanenan dan Penempelan Fragmen

Proses pemanenan fragmen harus dilakukan dengan hati-hati untuk meminimalkan tingkat stres pada karang. Berikut langkahnya:

- Penyelam membawa alat pemotongan khusus seperti tang karang atau gergaji tangan kecil yang tidak berkarat.
- Fragmen yang diambil umumnya berukuran 5-10 cm, cukup besar untuk memiliki kemampuan tumbuh yang baik, tetapi tidak terlalu besar sehingga tidak membebani atau merusak struktur koloni induk.
- Pemotongan dilakukan pada cabang atau bagian tepi koloni, bukan bagian tengah yang merupakan inti pertumbuhan dan reproduksi karang.
- Setiap kali melakukan pemotongan, penyelam harus memastikan tidak mengupas terlalu banyak bagian jaringan hidup dari koloni induk.
- Fragmen yang telah berhasil dipanen harus segera dimasukkan ke dalam keranjang

bawah air atau kantong jaring khusus yang telah disiapkan agar tidak hilang terbawa arus atau mengalami kerusakan tambahan. Dalam proses ini, penyelam juga harus memeriksa kembali apakah ada bagian karang yang patah secara tidak sengaja. Jika ditemukan potongan yang patah, potongan tersebut tetap harus dibawa dan dimanfaatkan di lokasi transplantasi untuk meminimalkan sampah.

5.3.4 Penanganan Setelah Pemanenan

Begitu fragmen berhasil diangkat ke permukaan, terdapat langkah-langkah penanganan yang sangat krusial untuk memastikan fragmen tetap dalam kondisi sehat dan siap untuk ditransplantasikan, yaitu sebagai berikut:

- Fragmen harus segera direndam dalam wadah yang berisi air laut yang sama dari lokasi donor untuk menjaga konsistensi kondisi lingkungan.
- Waktu dari pengambilan hingga penanaman harus dijaga sesingkat mungkin, idealnya kurang dari 2 jam, untuk meminimalkan stres fisiologis pada fragmen karang.
- Jika diperlukan perjalanan yang lebih jauh, wadah berisi fragmen harus dijaga dalam suhu yang stabil, terhindar dari paparan sinar matahari langsung yang dapat menyebabkan *overheating*, dan selalu diberikan aerasi untuk menjaga kadar oksigen yang optimal.



Gambar 5. 5 Proses Pemanenan Fragmen Karang

harus selalu berpegang teguh pada prinsip *"take less, leave more"* – mengambil sedikit saja yang diperlukan, dan menyisakan jauh lebih banyak di habitat alaminya. Prinsip ini memastikan bahwa karang donor dapat pulih dengan baik dan tetap menjalankan perannya di ekosistem.

5.3.5 Penempelan Fragmen Karang ke Media Transplan

Setelah tahap pengumpulan fragmen karang berhasil diselesaikan, proses berikutnya adalah pelaksanaan pelekatan atau fiksasi. Dalam fase ini, setiap individu fragmen karang yang telah dipersiapkan sebelumnya akan ditempelkan satu per satu ke permukaan media transplantasi. Untuk memastikan setiap fragmen dapat melekat dengan kuat dan stabil, digunakan sebuah bahan perekat khusus yang telah disiapkan agar efektif bekerja di dalam air dan aman bagi biota karang itu sendiri.



Gambar 5. 6 Proses Penempelan Fragmen Karang ke Media Transplantasi





B A B
06.

Monitoring & Evaluasi



K keberhasilan program transplantasi terumbu karang sangat bergantung pada sistem monitoring dan evaluasi yang komprehensif dan berkelanjutan. Monitoring merupakan proses pengumpulan data secara sistematis untuk memantau perkembangan kondisi terumbu karang hasil transplantasi, sedangkan evaluasi adalah analisis terhadap data yang terkumpul untuk menilai efektivitas program dan memberikan rekomendasi perbaikan.

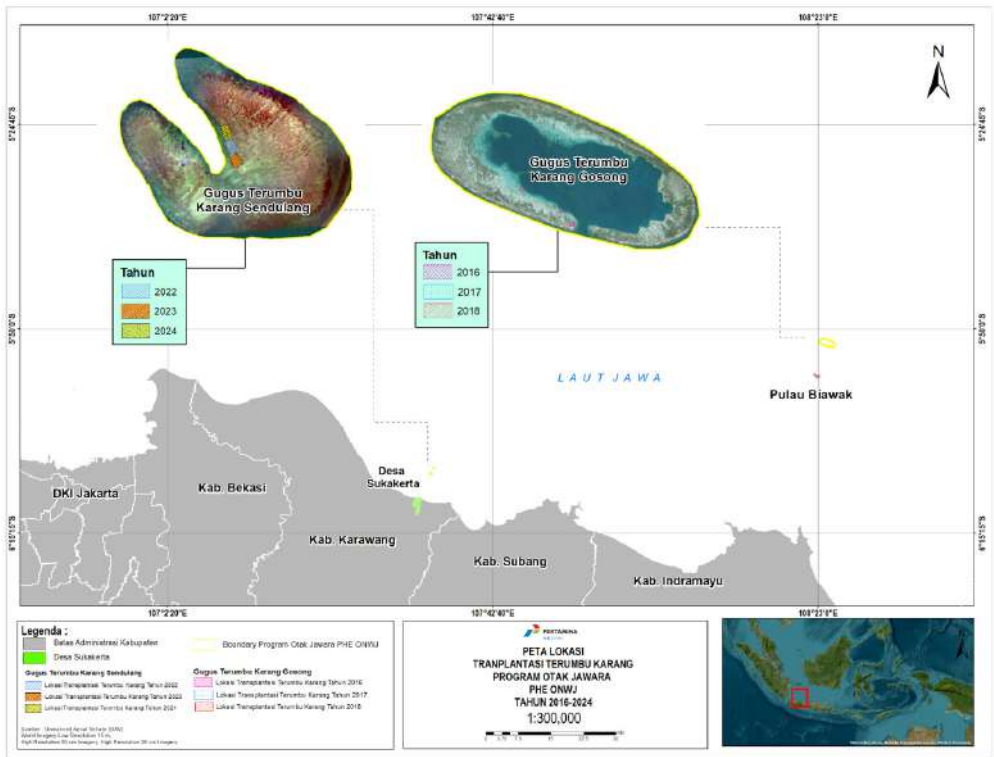
Program OTAK JAWARA menerapkan sistem monitoring yang mengintegrasikan pendekatan ilmiah dengan keterlibatan masyarakat lokal, sehingga menghasilkan data yang akurat sekaligus meningkatkan kapasitas masyarakat dalam pengelolaan sumber daya laut. Sistem ini dirancang untuk memberikan informasi berkelanjutan tentang kondisi ekosistem, tingkat keberhasilan transplantasi, dan dampak program terhadap keanekaragaman hayati laut.

6.1 Metodologi Pemantauan

6.1.1 Lokasi Kajian dan Pengambilan Data

Lokasi kajian untuk pengambilan data terumbu karang hasil transplantasi dilaksanakan di dua wilayah yang berada dalam area operasi PHE ONWJ. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada keberadaan ekosistem terumbu karang yang telah mengalami program transplantasi dan memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai area konservasi.

Monitoring dilakukan di dua lokasi utama yaitu Gugus Karang Sendulang yang terletak di Kabupaten Karawang dan Gugus Karang Pulau Biawak di Kabupaten Indramayu. Kedua lokasi ini dipilih berdasarkan pertimbangan ekologis dan teknis, dimana masing-masing lokasi memiliki karakteristik perairan dan kondisi lingkungan yang berbeda sehingga dapat memberikan gambaran komprehensif tentang efektivitas program transplantasi dalam berbagai kondisi.



Gambar 6. 1 Peta Lokasi Monitoring Kegiatan Transplantasi dan Keanekaragaman Hayati Ekosistem Terumbu Karang

6.1.2 Parameter yang Dikaji dalam Monitoring

Parameter terumbu karang, ikan karang, dan biota asosiasi karang yang dikaji dalam program monitoring ini mencakup aspek-aspek fundamental yang menentukan keberhasilan restorasi ekosistem. Parameter utama meliputi jumlah media transplantasi yang telah dipasang dan kondisinya, luasan areal transplantasi yang telah dicapai, jenis-jenis organisme yang mendiami area tersebut, kelimpahan masing-masing spesies, serta struktur komunitas ikan karang dan biota asosiasi karang lainnya yang mengindikasikan tingkat pemulihan ekosistem.

Pendekatan monitoring yang komprehensif ini memungkinkan tim untuk tidak hanya mengukur keberhasilan teknis transplantasi,

tetapi juga mengevaluasi dampak ekologis yang lebih luas terhadap keanekaragaman hayati laut. Parameter-parameter ini dipilih berdasarkan standar internasional monitoring terumbu karang dan disesuaikan dengan kondisi spesifik perairan Indonesia, khususnya karakteristik ekosistem laut di Pantai Utara Jawa.

6.1.3 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data terumbu karang, ikan karang, dan biota asosiasi karang lainnya dilakukan dengan metode observasi bawah air secara langsung menggunakan peralatan SCUBA diving. Pendekatan ini dipilih karena memberikan akses langsung kepada observer untuk mengamati kondisi habitat secara detail dan akurat, sekaligus memungkinkan dokumentasi visual yang komprehensif.

Metode observasi langsung dengan SCUBA diving memiliki keunggulan signifikan dibandingkan metode observasi permukaan, karena memungkinkan pengamatan yang lebih mendalam terhadap interaksi antar organisme, kondisi kesehatan karang, dan dinamika ekosistem yang terjadi di dasar laut. Selain itu, metode ini juga memungkinkan pengambilan data kuantitatif yang presisi melalui pengukuran langsung di lapangan.

6.1.3.1 Prosedur Survei Terumbu Karang

Metode pengumpulan data kondisi terumbu karang secara khusus ditujukan untuk mendata kondisi karang hasil transplantasi dengan tingkat akurasi yang tinggi. Dalam program monitoring ini, digunakan dua metode utama yaitu *Line Intercept Transect* (LIT) dan *Manta Tow*, dimana masing-masing metode memiliki fungsi dan keunggulan spesifik dalam pengumpulan data.

a. Metode *Line Intercept Transect* (LIT)

Metode transek garis menyinggung atau *Line Intercept Transect* (LIT) merupakan teknik survei standar yang menggunakan roll meter sepanjang 30 meter yang dibentangkan di atas substrat terumbu karang, dengan posisi sejajar garis pantai pada kedalaman yang telah ditentukan

sebelumnya. Teknik ini memberikan sampling yang sistematis dan dapat direplikasi, sehingga memungkinkan perbandingan data antar waktu dan lokasi.

Data yang dicatat dalam metode LIT mencakup bentuk pertumbuhan atau *life form* dari koloni karang keras, tipe substrat lain yang ditemukan, serta biota lain yang menyinggung roll meter selama pengukuran. Keluaran dari hasil data yang diambil dari metode ini meliputi informasi tentang jumlah media transplantasi karang yang masih berfungsi, jenis *life form* karang yang berkembang, genus karang transplantasi yang berhasil tumbuh, serta luasan areal transplantasi yang efektif.

English *et al.* (1997) menggolongkan bentuk pertumbuhan karang keras menjadi dua kelompok besar yaitu *Acropora* dan *Non-Acropora*, dengan masing-masing kelompok memiliki karakteristik morfologi dan ekologi yang berbeda. Klasifikasi ini penting dalam konteks monitoring karena berbagai bentuk pertumbuhan karang memiliki tingkat kerentanan dan respons yang berbeda terhadap tekanan lingkungan.



Gambar 6. 2 Proses Pengambilan Data Menggunakan Metode LIT



Tabel 6. 1 Kategori Bentuk Pertumbuhan Substrat Terumbu Karang

Kategori		Kode	Keterangan
Dead Coral		DC	Recently dead coral, white colored
Dead Coral with Algae		DCA	Dead coral overgrown with algae
Hard Coral:			
Acropora	Branching	ACB	Branching life form like a twig. Example: <i>A. formosa</i> , <i>A. palmate</i>
	Encrusting	ACE	Encrusting life form like an imperfect <i>Acropora</i> . Example: <i>A. Cuneata</i>
	Submassive	ACS	Branching plate and solid. Example: <i>A. palifera</i>
	Digitate	ACD	Branching tightly like fingers. Example: <i>A. digitifera</i> , <i>A. Humilis</i>
	Tabulate	ACT	Branching flat direction. Example: <i>A. hyacinthus</i>
Non Acropora	Branching	CB	Branching like a tree branch. Example: <i>Seriatopora ystrix</i>
	Encrusting	CE	Creeping form, attached to substrate. Example: <i>Montipora undata</i>
	Foliose	CF	Form like a foliage. Example: <i>Merulina ampliata</i>
	Massive	CM	Form like a big rock. Example: <i>Platygyra daedalea</i>
	Submassive	CS	Solid shape with a bulge. Example: <i>Porites lichen</i>
	Mushroom	CMR	Form like mushroom, solitary. Example: <i>Fungia repanda</i>
	Millepora	CME	All fire corals, yellow tip of the colony.
	Heliopora	CHL	Coral blue, the blue color on the skeleton
Other Fauna			
Soft Coral		SC	Soft coral
Sponge		SP	
Zoanthids		ZO	
Others		OT	Anemone, crinoid, holothurian, gorgonian, giant shell, ascidian
Algae	Alga Assemblage	AA	More than one species of algae
	Coralline Algae	CA	Algae that have a limestone structure
	Halimeda	HA	Algae of genera <i>Halimeda</i>
	Macroalgae	MA	Large algae
	Turf Agae	TA	Resembling a fine grass
Abiothic	Sand	S	Sand
	Rubble	R	Rubbles of coral
	Silt	SI	Mud
	Water	WA	Water column /gap with depth of > 50 cm
	Rock	RCK	
Other		DDD	Data is not recorded or missing

Sumber: English et al. 1997

Penggunaan metode *Line Intercept Transect* (LIT) memberikan beberapa keunggulan signifikan dalam monitoring terumbu karang. Pertama, area pengamatan yang lebih luas dengan panjang 30 meter memberikan representasi yang lebih baik dari kondisi keseluruhan habitat. Kedua, data yang diperoleh lebih presisi karena pengambilan data dilakukan dengan cara pengukuran langsung bukan perkiraan visual semata. Ketiga, metode ini dapat disesuaikan dengan kondisi terumbu karang berdasarkan perkiraan awal penutupan dan topografi dasar laut, sehingga memberikan fleksibilitas dalam aplikasi lapangan.

b. Metode *Manta Tow*

Metode *Manta Tow* adalah teknik pengamatan terumbu karang yang dilakukan dengan cara pengamat ditarik di belakang perahu kecil bermesin menggunakan tali sebagai penghubung antara perahu dengan pengamat. Teknik ini memungkinkan survei area yang lebih luas dalam waktu yang relatif singkat, sehingga efektif untuk penilaian kondisi umum terumbu karang.

6.1.3.2. Prosedur Survei Ikan Karang dan Biota Asosiasi Karang Lainnya

Metode yang digunakan untuk survei sumberdaya ikan karang dan biota asosiasi karang lainnya adalah sensus visual yang sudah dikembangkan oleh *Australian Institute of Marine Science* – AIMS (English et al., 1997). Metode *visual sensus* ini dilakukan di sepanjang garis LIT dengan lebar pengamatan 2,5 meter ke kiri dan ke kanan LIT. *Observer* yang melakukan *visual sensus* dilengkapi dengan alat SCUBA untuk dapat secara langsung melakukan estimasi jenis dan kelimpahan ikan di area yang telah ditentukan (di dalam transek).

1) Rancangan Sampling

Dalam pemilihan rancangan *sampling* sangat ditentukan oleh lokasi pengamatan dan tujuan dari pencatatan data ikan dan biota asosiasi karang lainnya itu dilakukan. Pemilihan *site* ini sangat penting misalnya pendataan dilakukan di rata-rata terumbu (*reef flat*), tubiran (*reef crest*) atau lereng terumbu (*reef slope*). Dalam kegiatan

monitoring ini *visual sensus* dilakukan disepanjang LIT untuk monitoring terumbu karang, di mana lokasinya mengikuti titik koordinat stasiun monitoring yang telah dilakukan pada tahun-tahun sebelumnya.

2) Pengumpulan Data

Peralatan yang digunakan dalam survei adalah 3 set lengkap alat SCUBA, sabak, pensil, *data sheet*, *roll meter* (30 meter), dan *Global Positioning System* (GPS) untuk menentukan posisi. Kegiatan ini membutuhkan total 4 (empat) orang dalam 1 tim dengan pembagian tugas sebagai berikut :

- a) 2 (dua) penyelam sebagai pengambil data/*observer*;
- b) 1 (satu) penyelam bertugas membentangkan *roll meter* sepanjang 30 meter dan melakukan dokumentasi foto dan video; dan
- c) 1 (satu) orang dibutuhkan di atas kapal sebagai *supervisor* kegiatan penyelaman.

3) Prosedur Sampling

Monitoring dilakukan di titik/stasiun pengamatan yang sudah ditetapkan sebelumnya. Saat di lapang penentuan posisi transek mengikuti koordinat yang sudah direkam dalam unit GPS. Posisi kapal diusahakan sedekat mungkin dengan lokasi transek dan perhatikan arah arus dan angin. 3 (tiga) penyelam masuk ke air. Penyelam pertama membawa *underwater camera* dan *roll meter*, penyelam kedua (*observer* Ikan karang) dan penyelam ketiga (*observer* terumbu karang) membawa pensil dan sabak bawah air (*underwater slate & pencil*).

Penyelam pertama memasang transek sepanjang 30 meter. Setelah transek dipasang, penyelam kedua dan ketiga masing-masing mengambil data terumbu karang dan ikan karang. Setelah penyelam pertama memasang transek, dilanjutkan dengan melakukan dokumentasi kegiatan yang sedang berlangsung dan kondisi lingkungan bawah air di lokasi transek. Ilustrasi pengambilan data terumbu karang dan ikan karang dapat dilihat pada **Gambar 6.3** dan **Gambar 6.4**.

Akurasi data dari kegiatan ini sangat tergantung dari keahlian dan pengalaman *observer* dalam observasi terumbu karang dan ikan karang. Beberapa buku yang umum digunakan sebagai referensi identifikasi terumbu karang dan ikan karang antara lain English *et al.* (1994), Veron, J.E.N. (2000), dan Allen G.R. (2000).

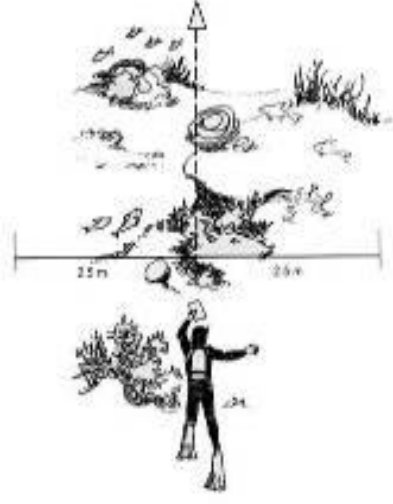
indeks keragaman, indeks keseragaman, dan indeks dominansi.

a. Kelimpahan

Kekayaan jenis ini untuk melihat jumlah ikan dan biota asosiasi karang lainnya yang berada dalam suatu kawasan tertentu. Hal ini berpengaruh nyata



Gambar 6. 3 Ilustrasi Pengambilan Data Terumbu Karang



Gambar 6. 4 Ilustrasi Pengambilan Data Ikan Karang Serta Biota Asosiasi Karang Lainnya

4) **Manajemen Data**

Hasil pengumpulan data di lapangan yang berupa *data sheet* kemudian dipindahkan ke komputer untuk selanjutnya diolah dan dianalisis. Pemindahan data ini dilakukan oleh *observer* yang bersangkutan dan pemeriksaan/validasi data perlu dilakukan oleh *observer* tersebut untuk menghindari kesalahan dalam *entry* data dan analisa data. Data yang sudah selesai dianalisis kemudian disimpan dalam bentuk *soft copy* ke dalam *external harddisc* atau *flash drive*.

6.1.4 Metode Analisis Data

6.1.4.1 Ikan Karang dan Biota Asosiasi Karang Lainnya

Analisis terhadap data ikan karang dan biota asosiasi karang lainnya hasil pengamatan dilakukan untuk mengetahui jenis, kelimpahan,

terhadap keanekaragaman ikan karang.

b. Indeks Keanekaragaman

Indeks ini merupakan perhitungan yang didasarkan pada informasi mengenai keteracakan dalam sebuah sistem dan logaritma basis dua. Indeks yang digunakan adalah indeks keanekaragaman Shannon – Wiener.

c. Indeks Keseragaman

Nilai indeks keseragaman digunakan untuk menggambarkan komposisi individu setiap spesies yang terdapat dalam satu komunitas ikan karang.

d. Indeks Dominansi

Indeks dominansi digunakan untuk menggambarkan ada tidaknya dominansi suatu jenis dalam satu komunitas.

e. Kelompok Fungsi Ikan Karang

Berdasarkan fungsi dalam sistem terumbu karang, ikan terumbu dibagi atas tiga kelompok (Adrim dan Yahmantoro, 1993) yaitu:

- 1) Ikan mayor adalah ikan-ikan yang berperan secara umum dalam sistem rantai makanan di daerah terumbu karang.
- 2) Ikan target adalah ikan yang mempunyai nilai ekonomis dan dikonsumsi oleh masyarakat.
- 3) Ikan indikator adalah ikan yang menjadi parameter terhadap kesehatan terumbu karang dalam hal ini dari famili Chaetodontidae.

6.2 Hasil Awal dan Pembelajaran

6.2.1 OTAK JAWARA dengan Menerapkan Inovasi Modul Honai di Gugus Karang Pulau Biawak

6.2.1.1 Terumbu Karang Hasil Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak

a. Areal Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak

Kegiatan transplantasi terumbu karang yang telah dilaksanakan PHE ONWJ melalui program OTAK JAWARA dengan menerapkan inovasi modul honai di Gugus Karang Pulau Biawak secara keseluruhan adalah seluas 0,05 ha.

b. *Life Form* Karang Transplan di Gugus Karang Pulau Biawak

Karang keras pada dasarnya hewan yang hidup berkoloni. Karang yang hidupnya berkoloni memiliki variasi bentuk pertumbuhan (*life form*). Bentuk pertumbuhan karang dibagi atas karang *Acropora* dan karang *non Acropora* (Zurba, 2019). Secara umum, *life form* yang ditransplan pada program transplantasi terumbu karang OTAK JAWARA dengan menerapkan inovasi modul honai di Gugus Karang Pulau Biawak terdiri dari jenis *Acropora Branching* (ACB) sebanyak 824 fragmen dan *Acropora Tabulate*

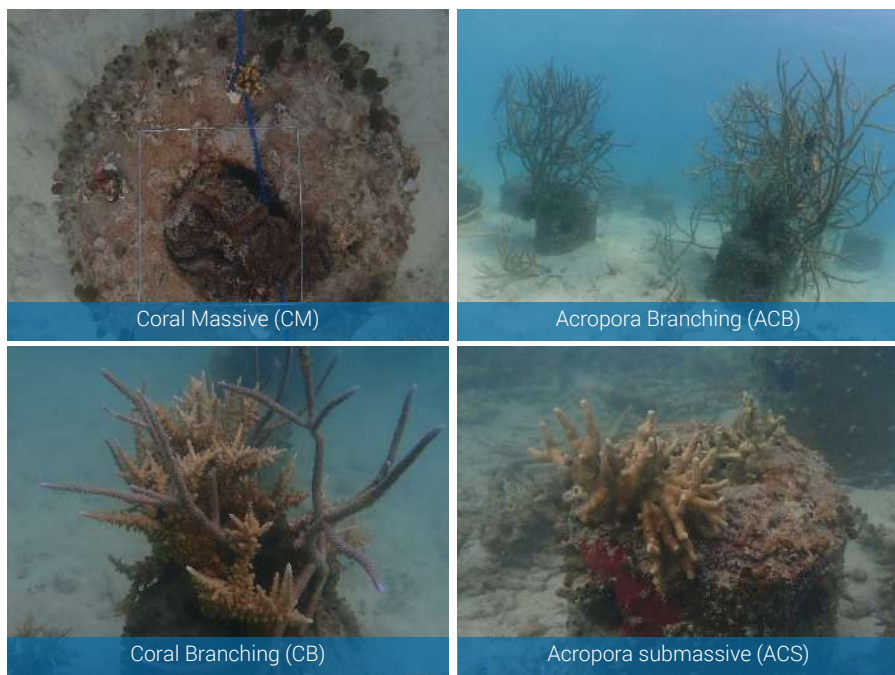
(ACT) sebanyak 613 fragmen. Kedua *life form* tersebut paling banyak ditransplan karena ketersediaannya di lokasi karang alami di dekat lokasi transplantasi paling banyak ditemukan. *Acropora* merupakan salah satu kelompok karang yang sangat dominan pada suatu perairan. Genera karang *Acropora* umumnya memiliki bentuk morfologi koloni yang bercabang yang merupakan salah satu komponen utama pembangun terumbu karang.

Life form lain yang ditransplan diantaranya adalah *Acropora submassive* (ACS), *Coral Branching* (CB), *Coral Massive* (CM), *Coral Encrusting* (CE), dan *Coral Foliose* (CF). Jumlah dari masing-masing *life form* yang ditransplan selama program OTAK JAWARA dengan menerapkan inovasi modul honai berjalan di Gugus Karang Pulau Biawak berlangsung ditampilkan pada **Tabel 6.2**.

Tabel 6. 2 *Life Form* Yang Ditransplan Selama Program Otak Jawa dengan Menerapkan Inovasi Modul Honai

No.	<i>Life Form</i>	Jumlah <i>Life Form</i> (Fragmen)
1	<i>Acropora Branching</i> (ACB)	824
2	<i>Acropora Tabulate</i> (ACT)	613
3	<i>Acropora submassive</i> (ACS)	10
4	<i>Coral Branching</i> (CB)	144
5	<i>Coral Massive</i> (CM)	21
6	<i>Coral Encrusting</i> (CE)	8
7	<i>Coral Foliose</i> (CF)	3
Jumlah		1.623

Jumlah *life form* yang telah ditransplan melalui program OTAK JAWARA dengan menerapkan inovasi modul honai di Gugus Karang Pulau Biawak adalah sebanyak 1.623 fragmen. Dokumentasi masing-masing jenis *life form* ditampilkan pada **Gambar 6.5**.



Gambar 6. 5 Life Form Karang yang Ditransplan di Modul Honai

c. Genus Karang Transplan di Gugus Karang Pulau Biawak

Genus terumbu karang merupakan klasifikasi ilmiah yang digunakan untuk mengelompokkan beragam jenis terumbu karang berdasarkan karakteristik morfologi dan genetik yang serupa. Genus terumbu karang yang ditransplan pada program OTAK JAWARA dengan menerapkan inovasi modul honai di Gugus Karang Pulau Biawak adalah *Acropora*, *Porites*, *Stylophora*, *Pavona*, dan *Pocillapora*. Jumlah fragmen dari masing-masing genus yang ditransplan selama program berlangsung ditampilkan pada **Tabel 6.3**.

Tabel 6. 3 Jumlah Fragmen dari Masing-Masing Genus yang Ditransplan Selama Program Berlangsung

No	Genus	Jumlah	Satuan
1	<i>Acropora</i>	1.388	fragmen
2	<i>Porites</i>	182	fragmen
3	<i>Stylophora</i>	46	fragmen
4	<i>Pavona</i>	3	fragmen
5	<i>Pocillopora</i>	4	fragmen
Jumlah		1.623	fragmen

Genus karang yang paling banyak ditransplan adalah *Acropora*. Genus *Acropora* adalah genus karang yang paling beragam, dan paling banyak ditemukan. Karang *Acropora* memiliki bentuk yang beragam, mulai dari bercabang, seperti pohon, hingga seperti pipa. Karang

Acropora dikenal dengan pertumbuhan yang cepat dan cenderung mendominasi bagian atas terumbu karang (Dubinsky, 2011). *Acropora* yang telah ditransplantasi adalah sebanyak 1.388 fragmen.

Kecepatan pertumbuhan karang bervariasi dan tergantung bentuk koloni. Jenis karang dalam bentuk *massive* hanya memiliki kecepatan pertumbuhan diameter sekitar 2 cm/tahun, sementara untuk pertumbuhan ke atas hanya kurang dari 1 cm/tahun. Pertumbuhan yang relatif cepat dimiliki karang dengan genus *Acropora* (**Gambar 6.6**), dimana kelompok genus ini bisa tumbuh sekitar 5 sampai 10 cm/tahun atau lebih. Kecepatan pertumbuhan karang termasuk lambat dan sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan dimana karang tersebut berada (Veron, 2000).

atau tumpul dengan struktur yang kokoh serta dengan pertumbuhan yang relatif lambat. Beberapa jenis *Porites* dapat membentuk karang yang sangat besar dan memberikan fondasi penting bagi ekosistem terumbu karang (Dubinsky, 2011). Jumlah *Porites* yang telah ditransplan pada kegiatan transplantasi terumbu karang ini adalah sebanyak 182 fragmen. *Stylophora* adalah genus karang yang memiliki bentuk seperti meja, karang ini biasanya berwarna putih, krem, atau coklat. Karang *Stylophora* dapat hidup di perairan dangkal hingga laut dalam (Spalding *et al.*, 2001). Jumlah *Stylophora* yang telah ditransplan pada kegiatan transplantasi terumbu karang ini adalah sebanyak 46 fragmen. *Pavona* dan *Pocillopora* merupakan genus karang yang hidup di modul honai hasil reproduksi seksual (planulasi), kedua genus karang



Gambar 6. 6 Genus *Acropora* yang Tumbuh Menjulung di Modul Honai Hasil Kegiatan Transplantasi Terumbu Karang di Gugus Karang Pulau Biawak

Selain *Acropora*, genus karang yang ditransplan pada kegiatan transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak adalah *Porites* dan *Stylophora*. Karang genus *Porites* cenderung memiliki bentuk bulat

tersebut hidup secara suksesi alami. Dokumentasi foto genus *Porites* dan *Stylophora* yang ditransplan di modul honai di Gugus Karang Pulau Biawak ditampilkan pada **Gambar 6.7** berikut.



Stylophora sp.



Porites sp.

Gambar 6. 7 Transplantasi Genus Lainnya pada Modul Honai

6.2.1.2. Keanekaragaman Hayati Ikan Karang di Areal Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak

Ekosistem terumbu karang sebagai ekosistem kompleks dan produktif yang dominan tersebar di kawasan pulau-pulau kecil Indonesia berperan penting sebagai habitat bagi berbagai jenis ikan, sehingga memberikan dampak pada tingginya produktivitas perikanan (ikan-ikan karang) yang bernilai ekonomis tinggi, dan juga sebagai aset yang berharga bagi kegiatan pariwisata bahari karena memiliki beraneka ragam biota laut dan panorama yang sangat indah (Nikijuluw *et al.* 2013).

Ikan karang merupakan jenis ikan yang habitat umumnya pada karang hidup. Keberadaan ikan karang sangat dipengaruhi oleh kondisi kesehatan terumbu. Terumbu karang yang sehat merupakan indikator kelimpahan ikan karang. Kebanyakan dari ikan-ikan tersebut bersembunyi di celah-celah karang sebagai tempat berlindung. Selain itu, ikan tersebut merupakan target tangkapan nelayan karena memiliki nilai ekonomi yang tinggi (Zurba, 2019).

Ikan karang adalah salah satu biota yang hidup pada ekosistem terumbu karang dan hidupnya sangat bergantung pada kondisi terumbu karang. Peranan biofisik ekosistem terumbu karang sangat beragam, diantaranya sebagai tempat tinggal, tempat berlindung, tempat mencari makan dan berkembang biak bagi beragam biota laut, termasuk didalamnya ikan karang.

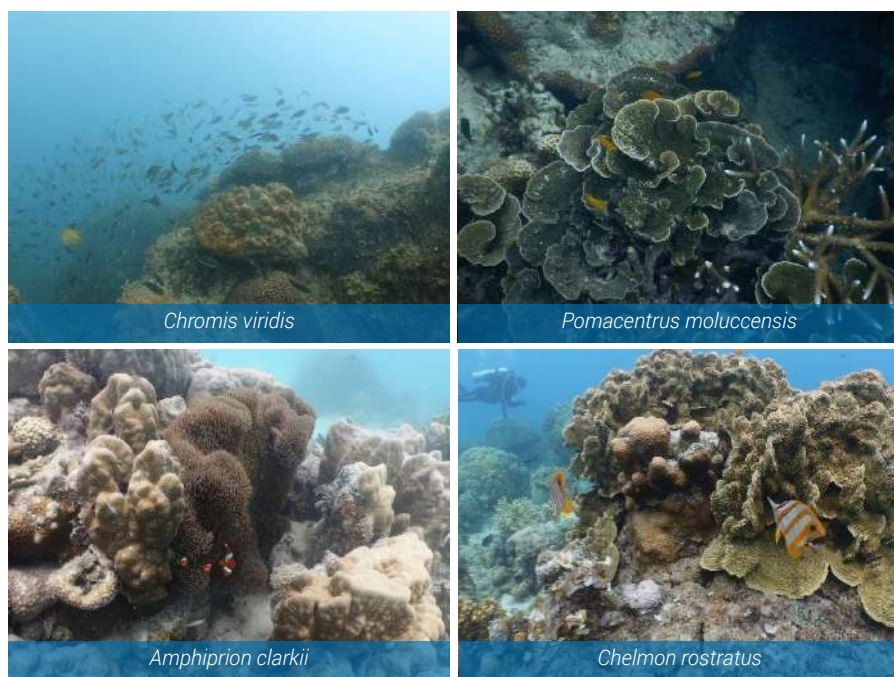
a. Komposisi Jenis Ikan Karang di Areal Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak

Jumlah spesies ikan karang yang dijumpai pada Tahun 2024 di lokasi transplantasi Gugus Karang Pulau Biawak adalah sebanyak 30 spesies. Jumlah spesies ikan karang pada lima (5) tahun terakhir mulai dari Tahun 2020 hingga Tahun 2024 relatif selalu mengalami peningkatan. Jenis spesies ikan karang di lokasi transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak ditampilkan pada **Tabel 6.4** dan beberapa jenis ikan karang yang ditemukan di sekitar lokasi transplantasi di Gugus Pulau Biawak ditampilkan pada **Gambar 6.8**.

Tabel 6. 4 Komposisi Jumlah Spesies Ikan Karang di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak

No	Spesies	Keberadaan Spesies				
		2020	2021	2022	2023	2024
1	<i>Abudefduf sexfasciatus</i>	1	1	1	1	1
2	<i>Abudefduf vaigiensis</i>	-	-	1	1	1
3	<i>Amblyglyphidodon curacao</i>	1	1	1	1	1
4	<i>Amphiprion clarkii</i>	1	1	1	1	1
5	<i>Caesio teres</i>	1	1	1	1	1
6	<i>Chaetodon baronessa</i>	1	1	1	1	1
7	<i>Chaetodon octofasciatus</i>	1	1	1	1	1
8	<i>Chaetodontoplus mesoleucus</i>	1	1	1	1	1
9	<i>Cheilinus fasciatus</i>	-	-	-	1	1
10	<i>Chelmon rostratus</i>	-	-	-	1	1
11	<i>Chlorurus sordidus</i>	1	1	1	-	-
12	<i>Choerodon anchorago</i>	-	-	1	1	1
13	<i>Chromis viridis</i>	1	1	1	1	1
14	<i>Chrysiptera rex</i>	1	1	1	1	1
15	<i>Dascyllus reticulatus</i>	1	1	-	-	-
16	<i>Diproctacanthus xanthurus</i>	-	-	1	1	1
17	<i>Dischistodus perspicillatus</i>	1	1	1	1	1
18	<i>Dischistodus prosopotaenia</i>	1	1	1	1	1
19	<i>Epibulus insidiator</i>	1	1	1	1	1
20	<i>Halichoeres chloropterus</i>	1	1	1	1	1
21	<i>Halichoeres dussumieri</i>	-	-	1	1	1
22	<i>Halichoeres melanochir</i>	1	1	1	1	1
23	<i>Heniochus varius</i>	-	-	-	1	1
24	<i>Labroides dimidiatus</i>	1	1	1	1	1
25	<i>Lutjanus decussatus</i>	1	1	1	1	1
26	<i>Neoglyphidodon crossi</i>	1	1	1	1	1
27	<i>Neoglyphidodon melas</i>	-	-	1	1	1
28	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	1	1	1	1	1
29	<i>Pterocaesio tessellatus</i>	1	1	1	1	1
30	<i>Scarus dimidiatus</i>	-	1	-	-	-
31	<i>Scarus flavipectoralis</i>	1	1	1	1	1
32	<i>Scarus quoyi</i>	1	1	1	1	1
33	<i>Thalassoma lunare</i>	1	1	1	1	1
Keberadaan Spesies		24	25	28	30	30

Keterangan : (1) : ditemukan (-) : tidak ditemukan



Gambar 6. 8 Beberapa Jenis Ikan Karang yang Ditemukan di Sekitar Lokasi Transplantasi di Gugus Pulau Biawak

- b. Kelimpahan (Komposisi Jumlah Individu) Ikan Karang di Areal Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak

Jumlah individu ikan karang yang ditemukan pada saat pengamatan di lokasi transplantasi Gugus Karang Pulau Biawak pada Tahun 2024 adalah 789 ekor. Jenis ikan karang dengan jumlah individu yang paling banyak ditemukan adalah jenis *Caesio teres* dengan jumlah

individu sebanyak 108 ekor. Jenis ikan karang dengan jumlah individu paling sedikit ditemukan adalah jenis *Heniochus varius* dengan jumlah individu sebanyak 3 ekor. Jumlah individu ikan karang selama lima (5) tahun terakhir mulai Tahun 2020 hingga Tahun 2024 cenderung mengalami peningkatan. Jumlah individu dari setiap jenis yang ditemukan ditampilkan pada **Tabel 6.5**.

Tabel 6. 5 Komposisi Jumlah Individu Ikan Karang yang Dijumpai di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak

No	Spesies	Jumlah Individu (ekor)				
		2020	2021	2022	2023	2024
1	<i>Abudefduf sexfasciatus</i>	30	27	30	30	30
2	<i>Abudefduf vaigiensis</i>	0	0	26	20	20
3	<i>Amblyglyphidodon curacao</i>	22	32	27	21	21
4	<i>Amphiprion clarkii</i>	3	3	6	8	8
5	<i>Caesio teres</i>	143	97	93	108	108
6	<i>Chaetodon baronessa</i>	5	8	20	24	24
7	<i>Chaetodon octofasciatus</i>	18	11	6	17	17
8	<i>Chaetodontoplus mesoleucus</i>	29	37	13	7	7
9	<i>Cheilinus fasciatus</i>	0	0	0	15	15
10	<i>Chelmon rostratus</i>	0	0	0	24	24
11	<i>Chlorurus sordidus</i>	10	15	3	0	0
12	<i>Choerodon anchorago</i>	0	0	8	17	17
13	<i>Chromis viridis</i>	31	34	50	81	81
14	<i>Chrysiptera rex</i>	34	35	48	37	37
15	<i>Dascyllus reticulatus</i>	7	10	0	0	0
16	<i>Diproctacanthus xanthurus</i>	0	0	24	18	18
17	<i>Dischistodus perspicillatus</i>	64	72	83	21	21
18	<i>Dischistodus prosopotaenia</i>	45	44	10	9	9
19	<i>Epibulus insidiator</i>	17	27	20	20	20
20	<i>Halichoeres chloropterus</i>	7	8	17	14	14
21	<i>Halichoeres dussumieri</i>	0	0	7	10	10
22	<i>Halichoeres melanochir</i>	7	2	22	24	24
23	<i>Heniochus varius</i>	0	0	0	3	3
24	<i>Labroides dimidiatus</i>	3	2	2	6	6
25	<i>Lutjanus decussatus</i>	4	2	4	11	11
26	<i>Neoglyphidodon crossi</i>	11	14	13	6	6
27	<i>Neoglyphidodon melas</i>	0	0	4	8	8
28	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	77	78	72	62	62
29	<i>Pterocaesio tessellatus</i>	6	7	12	11	11
30	<i>Scarus dimidiatus</i>	0	10	0	0	0
31	<i>Scarus flavipectoralis</i>	57	72	61	62	62
32	<i>Scarus quoyi</i>	14	10	3	5	5
33	<i>Thalassoma lunare</i>	90	95	83	90	90
Jumlah Individu (ekor)		734	752	767	789	789

- c. Indeks Keanekaragaman Jenis Ikan Karang di Areal Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak

Indeks keanekaragaman jenis (H') ikan karang di Lokasi Transplantasi

di Gugus Karang Pulau Biawak pada pengamatan Tahun 2024 adalah sebesar 3,01 dengan kategori tinggi. Kondisi ikan karang di lokasi pengamatan adalah keanekaragamannya tinggi, penyebaran

jumlah individu tiap jenis tinggi, kestabilan komunitas tinggi, dan tekanan ekologi rendah. Indeks keanekaragaman jenis (H')

ikan karang dari Tahun 2020 hingga Tahun 2024 ditampilkan pada **Tabel 6.6** berikut.

Tabel 6.6 Indeks Keanekaragaman Ikan Karang di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak

No	Spesies	Indeks Keanekaragaman Jenis (H')				
		2020	2021	2022	2023	2024
1	<i>Abudefduf sexfasciatus</i>	0,13	0,12	0,13	0,12	0,12
2	<i>Abudefduf vaigiensis</i>	-	-	0,11	0,09	0,09
3	<i>Amblyglyphidodon curacao</i>	0,11	0,13	0,12	0,10	0,10
4	<i>Amphiprion clarkii</i>	0,02	0,02	0,04	0,05	0,05
5	<i>Caesio teres</i>	0,32	0,26	0,26	0,27	0,27
6	<i>Chaetodon baronessa</i>	0,03	0,05	0,10	0,11	0,11
7	<i>Chaetodon octofasciatus</i>	0,09	0,06	0,04	0,08	0,08
8	<i>Chaetodontoplus mesoleucus</i>	0,13	0,15	0,07	0,04	0,04
9	<i>Cheilinus fasciatus</i>	-	-	-	0,08	0,08
10	<i>Chelmon rostratus</i>	-	-	-	0,11	0,11
11	<i>Chlorurus sordidus</i>	0,06	0,08	0,02	-	-
12	<i>Choerodon anchorago</i>	-	-	0,05	0,08	0,08
13	<i>Chromis viridis</i>	0,13	0,14	0,18	0,23	0,23
14	<i>Chrysiptera rex</i>	0,14	0,14	0,17	0,14	0,14
15	<i>Dascyllus reticulatus</i>	0,04	0,06	-	-	-
16	<i>Diproctacanthus xanthurus</i>	-	-	0,11	0,09	0,09
17	<i>Dischistodus perspicillatus</i>	0,21	0,22	0,24	0,10	0,10
18	<i>Dischistodus prosopotaenia</i>	0,17	0,17	0,06	0,05	0,05
19	<i>Epibulus insidiator</i>	0,09	0,12	0,10	0,09	0,09
20	<i>Halichoeres chloropterus</i>	0,04	0,05	0,08	0,07	0,07
21	<i>Halichoeres dussumieri</i>	-	-	0,04	0,06	0,06
22	<i>Halichoeres melanochir</i>	0,04	0,02	0,10	0,11	0,11
23	<i>Heniochus varius</i>	-	-	-	0,02	0,02
24	<i>Labroides dimidiatus</i>	0,02	0,02	0,02	0,04	0,04
25	<i>Lutjanus decussatus</i>	0,03	0,02	0,03	0,06	0,06
26	<i>Neoglyphidodon crossi</i>	0,06	0,07	0,07	0,04	0,04
27	<i>Neoglyphidodon melas</i>	-	-	0,03	0,05	0,05
28	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	0,24	0,24	0,22	0,20	0,20
29	<i>Pterocaesio tessellatus</i>	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06
30	<i>Scarus dimidiatus</i>	-	0,06	-	-	-
31	<i>Scarus flavipectoralis</i>	0,20	0,22	0,20	0,20	0,20
32	<i>Scarus quoyi</i>	0,08	0,06	0,02	0,03	0,03
33	<i>Thalassoma lunare</i>	0,26	0,26	0,24	0,25	0,25
Indeks Keanekaragaman Jenis (H')		2,69	2,78	2,90	3,01	3,01

Keterangan : (-) : tidak ditemukan

- d. Indeks Keceragaman dan Indeks Dominansi Ikan Karang di Areal Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak

Indeks keceragaman (E) ikan karang di areal transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak pada Tahun 2024 adalah 0,88. Nilai tersebut menunjukkan kelimpahan individu dari berbagai spesies ikan karang di areal transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak tersebar secara merata, yang berarti terdapat banyak spesies ikan karang yang hidup di komunitas tersebut.

Indeks dominansi (C) ikan karang di areal transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak pada Tahun 2024 adalah 0,07. Nilai tersebut menunjukkan distribusi ikan dalam ekosistem tersebut relatif merata. Tidak ada satu spesies ikan yang mendominasi sepenuhnya, serta variasi spesies ikan dalam populasi terbilang seimbang. Indeks keceragaman dan indeks dominansi ikan karang di areal transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak pada Tahun 2024 ditampilkan pada **Tabel 6.7** berikut.

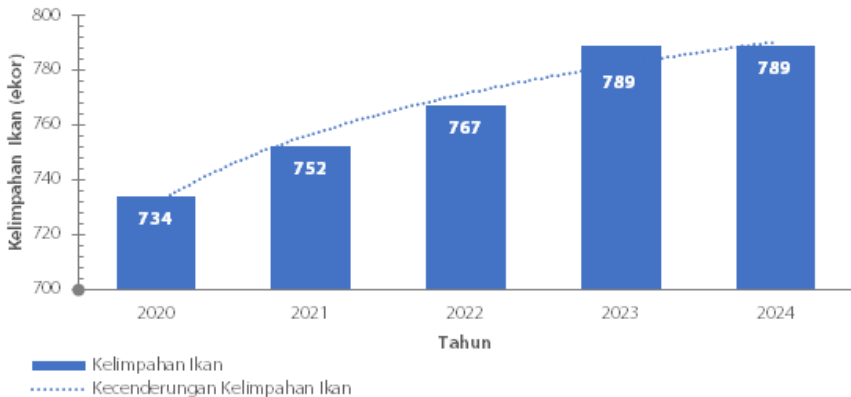
Tabel 6. 7 Indeks Keceragaman dan Indeks Dominansi Ikan Karang di Areal Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak pada Tahun 2024

Indeks	Nilai	Status
Keceragaman (E)	0,88	stabil/tinggi
Dominansi (C)	0,07	tidak ada spesies yang mendominasi

- e. Status dan Kecenderungan Ikan Karang di Areal Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak

Status dan Kecenderungan Kelimpahan (Komposisi Jumlah Individu) Ikan Karang di Areal Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak

Kecenderungan kelimpahan ikan karang pada lokasi transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak dari Tahun 2020 hingga 2024 relatif selalu mengalami peningkatan. Pada Tahun 2020 kelimpahan ikan karang di lokasi tersebut adalah sebanyak 734 ekor dan pada Tahun 2024 kelimpahan ikan karang meningkat menjadi 789 ekor. Kecenderungan kelimpahan ikan karang selama 5 (lima) Tahun mulai dari Tahun 2020 hingga Tahun 2024 ditampilkan pada **Gambar 6.9** berikut.



Gambar 6. 9 Kecenderungan Kelimpahan (Komposisi Jumlah Individu) Ikan Karang (ekor) di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak pada Tahun 2020-2024

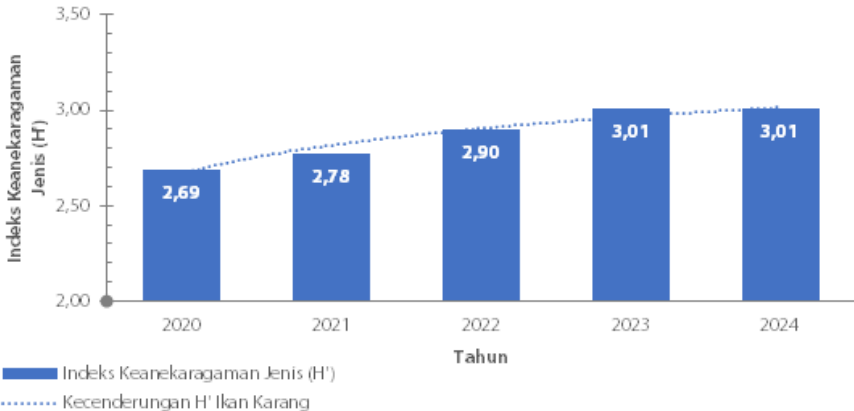
- f. Status dan Kecenderungan indeks Keanekaragaman Jenis (H') Ikan Karang di Areal Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak

Kecenderungan nilai indeks keanekaragaman jenis (H') ikan karang pada lokasi transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak dari Tahun 2020 hingga 2024 relatif selalu mengalami peningkatan. Pada Tahun 2020 indeks keanekaragaman ikan karang adalah sebesar 2,69 (kategori sedang) dan pada tahun 2024 indeks keanekaragaman ikan karang meningkat menjadi sebesar 3,01 (kategori tinggi). Kecenderungan indeks keanekaragaman ikan karang dari tahun 2020 hingga 2024 ditampilkan pada **Gambar 6.10** berikut.

invertebrata laut seperti moluska, krustasea, echinodermata, dan berbagai jenis hewan lainnya. Keanekaragaman makrozoobenthos di ekosistem terumbu karang sangat penting karena organisme ini berperan dalam berbagai fungsi ekologi, termasuk pemakan detritus, proses dekomposisi, dan interaksi dengan organisme lain dalam rantai makanan laut (Purnomo, 2008).

- a. Komposisi Jenis Biota Asosiasi Karang Lainnya di Areal Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak

Jumlah spesies biota asosiasi karang lainnya yang ditemukan pada Tahun 2024 di lokasi transplantasi Gugus Karang Pulau Biawak adalah 10 spesies. Spesies biota asosiasi karang lainnya yang ditemukan



Gambar 6. 10 Kecenderungan Indeks Keanekaragaman (H') Ikan Karang di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak pada Periode Tahun 2020-2024

Keanekaragaman hayati biota asosiasi karang lainnya (makrozoobenthos) di ekosistem terumbu karang merujuk pada beragamnya organisme makroskopis yang hidup di dasar laut di sekitar terumbu karang. Makrozoobenthos mencakup berbagai jenis

Tahun 2020 hingga Tahun 2024 relatif mengalami peningkatan. Jenis spesies biota asosiasi karang lainnya di lokasi transplantasi Gugus Karang Pulau Biawak ditampilkan pada **Tabel 6.8** berikut.

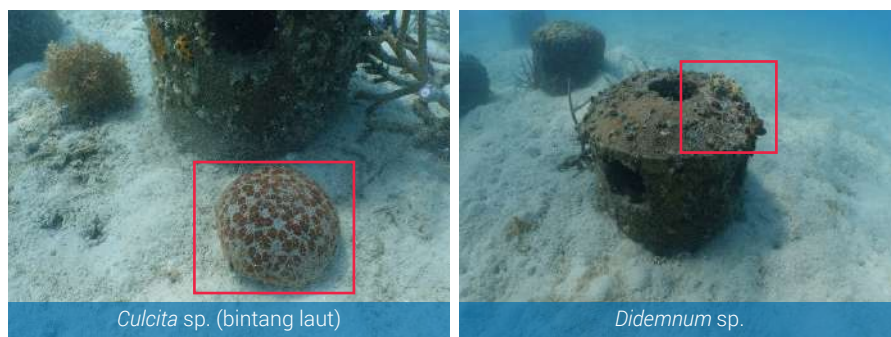
Tabel 6. 8 Komposisi Jumlah Spesies Biota Asosiasi Karang Lainnya di Lokasi Transplantasi Karang di Gugus Karang Pulau Biawak

No	Spesies	Keberadaan Spesies				
		2020	2021	2022	2023	2024
1	<i>Balanomorpha</i> sp.	1	1	1	1	1
2	<i>Calyptrea</i> sp.	1	1	1	1	1
3	<i>Ciprea</i> sp.	1	1	1	1	1
4	<i>Culcita</i> sp.	-	-	-	1	1
5	<i>Diadema antillarum</i> .	-	-	1	1	1
6	<i>Didemnum</i> sp.	1	1	1	1	1
7	<i>Harpago</i> sp.	1	1	1	1	1
8	<i>Pinctada</i> sp.	1	1	1	1	1
9	<i>Tridacna</i> sp.	-	-	-	1	1
10	<i>Trochus</i> sp.	-	1	1	1	1
Jumlah spesies		6	7	8	10	10

Keterangan: (1) : ditemukan (-) : tidak ditemukan

Modul Honai yang juga berfungsi sebagai *artificial reef* menjadi tempat berlindung komunitas biota asosiasi karang. Dengan meningkatnya keanekaragaman komunitas biota asosiasi karang di lokasi transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak, hal tersebut

menandakan terjadi perbaikan kualitas lingkungan di lokasi tersebut. Dokumentasi foto biota asosiasi karang lainnya yang ditemukan di lokasi transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak ditampilkan pada **Gambar 6.11** berikut.



Gambar 6. 11 Biota Asosiasi Karang yang Ditemukan di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak

- b. Komposisi Jumlah Individu Biota Asosiasi Karang Lainnya di Areal Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak

Jumlah individu biota asosiasi karang lainnya yang ditemukan pada saat pengamatan di lokasi transplantasi Gugus Karang Pulau Biawak pada tahun 2024 adalah 3.870 individu. Jenis biota biota asosiasi karang lainnya dengan jumlah individu yang paling banyak ditemukan adalah jenis *Didemnum* sp. dengan jumlah individu sebanyak 2.582. Jenis biota asosiasi lain dengan jumlah individu paling sedikit ditemukan adalah jenis *Culcita* sp. dengan jumlah individu sebanyak 6. Jumlah individu biota asosiasi karang lainnya pada Tahun 2020 hingga Tahun 2024 mengalami peningkatan. Jumlah individu dari setiap jenis biota asosiasi karang lainnya yang ditemukan selama pengamatan ditampilkan pada **Tabel 6.9.** berikut.

Tabel 6. 9 Komposisi Jumlah Individu Biota Asosiasi Karang Lainnya yang Dijumpai di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak

No	Spesies	Jumlah Individu				
		2020	2021	2022	2023	2024
1	<i>Balanomorpha</i> sp.	588	612	874	902	902
2	<i>Calyptraea</i> sp.	108	124	98	104	104
3	<i>Ciprea</i> sp.	16	42	58	72	72
4	<i>Culcita</i> sp.	0	0	0	6	6
5	<i>Diadema antillarum</i>	0	0	3	18	18
6	<i>Didemnum</i> sp.	2.306	2.602	2.628	2.582	2.582
7	<i>Harpago</i> sp.	10	24	34	44	44
8	<i>Pinctada</i> sp.	14	22	42	58	58
9	<i>Tridacna</i> sp.	0	0	0	30	30
10	<i>Trochus</i> sp.	0	32	34	54	54
Jumlah Individu		3.042	3.458	3.771	3.870	3.870

- c. Indeks Keanekaragaman Jenis Biota Asosiasi Karang Lainnya di Areal Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak

Indeks keanekaragaman jenis (H') biota biota asosiasi karang lainnya di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak pada pengamatan Tahun 2024 adalah sebesar 1,03. Indeks keanekaragaman jenis biota asosiasi karang lainnya di lokasi transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak selalu mengalami peningkatan setiap tahunnya. Indeks keanekaragaman jenis (H') biota asosiasi lain ditampilkan pada **Tabel 6.10** berikut.

Tabel 6. 10 Indeks Keanekaragaman Biota Asosiasi Lain di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak

No	Spesies	Indeks Keanekaragaman Jenis (H')				
		2020	2021	2022	2023	2024
1	<i>Balanomorpha</i> sp.	0,318	0,306	0,339	0,339	0,339
2	<i>Calyptraea</i> sp.	0,119	0,119	0,095	0,097	0,097
3	<i>Ciprea</i> sp.	0,028	0,054	0,064	0,074	0,074
4	<i>Culcita</i> sp.	-	-	-	0,010	0,010

No	Spesies	Indeks Keanekaragaman Jenis (H')				
		2020	2021	2022	2023	2024
5	<i>Diadema antillarum</i>	-	-	0,006	0,025	0,025
6	<i>Didemnum</i> sp.	0,210	0,214	0,252	0,270	0,270
7	<i>Harpago</i> sp.	0,019	0,034	0,042	0,051	0,051
8	<i>Pinctada</i> sp.	0,025	0,032	0,050	0,063	0,063
9	<i>Tridacna</i> sp.	-	-	-	0,038	0,038
10	<i>Trochus</i> sp.	-	0,043	0,042	0,060	0,060
Indeks Keanekaragaman Jenis (H')		0,72	0,80	0,89	1,03	1,03

Keterangan : (-) : tidak ditemukan

- d. Indeks Keseragaman dan Indeks Dominansi Biota Asosiasi Karang Lainnya di Areal Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak

Indeks Keseragaman (E) biota asosiasi karang lainnya di areal transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak pada Tahun 2024 adalah 0,45. Indeks keseragaman biota asosiasi lain dengan nilai 0,45 tersebut menunjukkan bahwa kelimpahan individu dari berbagai spesies biota asosiasi karang lainnya di areal transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak cukup merata. Hal ini berarti bahwa terdapat berbagai spesies biota asosiasi karang lainnya yang hidup di komunitas tersebut, tetapi terdapat satu atau dua spesies yang memiliki kelimpahan individu yang lebih tinggi dibandingkan spesies lainnya.

Indeks dominansi biota asosiasi karang lainnya di areal transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak pada Tahun 2024 adalah 0,50. Hal ini menunjukkan bahwa ada tingkat dominansi yang cukup tinggi dari satu atau beberapa jenis biota dalam komunitas tersebut. Artinya, satu atau beberapa jenis biota tersebut memiliki jumlah individu yang lebih besar dibandingkan dengan jenis biota lainnya. Indeks keseragaman dan indeks dominansi biota asosiasi karang lainnya di areal transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak pada Tahun 2024 ditampilkan pada **Tabel 11** berikut.

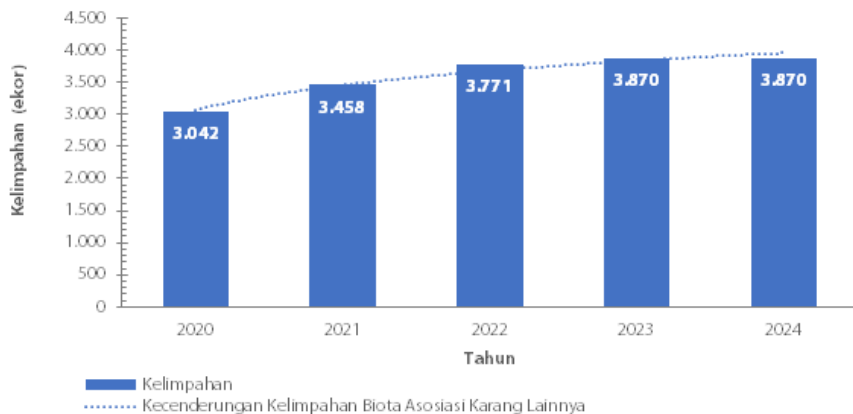
Tabel 6. 11 Indeks Keseragaman dan Indeks Dominansi Ikan Karang di Areal Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak

Indeks	Nilai	Status
Keseragaman (E)	0,45	rendah
Dominansi (C)	0,50	ada spesies yang mendominasi

- e. Status dan Kecenderungan Biota Asosiasi Karang Lainnya pada Areal Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak

- 1) Status dan Kecenderungan Kelimpahan (Komposisi Jumlah Individu) Biota Asosiasi Karang Lainnya pada Areal Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak

Kecenderungan kelimpahan (komposisi jumlah individu) biota asosiasi lain pada areal transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak dari Tahun 2020 hingga Tahun 2024 relatif mengalami peningkatan. Pada Tahun 2020 kelimpahan biota asosiasi lain adalah sebanyak 3.042 ekor kemudian relatif meningkat setiap tahunnya hingga pada Tahun 2024 kelimpahan biota asosiasi karang lainnya menjadi sebanyak 3.870 ekor. Kecenderungan kelimpahan biota asosiasi karang lainnya selama 5 (lima) periode dari Tahun 2020 hingga Tahun 2024 ditampilkan pada **Gambar 12** berikut.

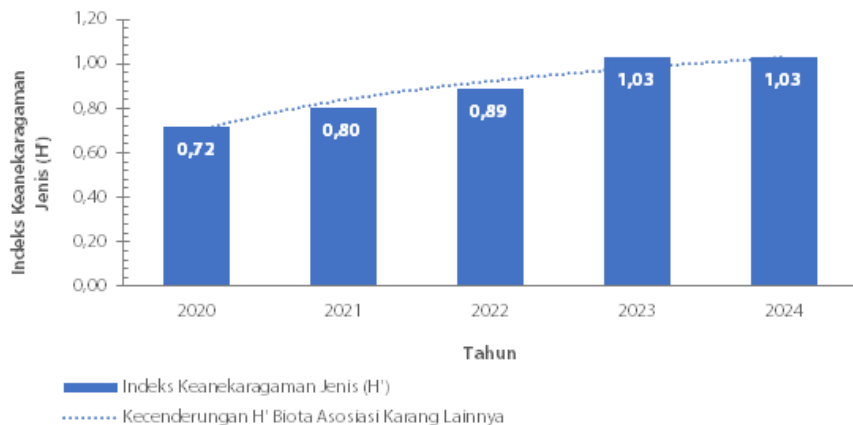


Gambar 6. 12 Kecenderungan Indeks Keanekaragaman (H') Biota Asosiasi Karang Lainnya di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak pada Periode Tahun 2020-2024

- 2) Status dan Kecenderungan Indeks Keanekaragaman Jenis (H') Biota Asosiasi Karang Lainnya pada Areal Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak

Kecenderungan nilai indeks keanekaragaman jenis (H') biota asosiasi karang lainnya di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak dari Tahun 2020 hingga Tahun 2024 mengalami kenaikan. Pada

Tahun 2020 indeks keanekaragaman Biota Asosiasi Karang Lainnya adalah sebesar 0,72 kemudian selalu meningkat hingga pada Tahun 2024 indeks keanekaragaman biota asosiasi lain menjadi sebesar 1,03. Kecenderungan indeks keanekaragaman biota asosiasi karang lainnya dari Tahun 2020 hingga Tahun 2024 ditampilkan pada **Gambar. 13** berikut.



Gambar 6. 13 Kecenderungan Indeks Keanekaragaman (H') Biota Asosiasi Karang Lainnya pada Areal Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak pada Periode Tahun 2020-2024

6.2.2 OTAK JAWARA dengan menerapkan inovasi Modul Paranje di Gugus Karang Sendulang

6.2.2.1 Terumbu Karang Hasil Transplantasi di Gugus Karang Sendulang

Kegiatan transplantasi karang di Gugus Karang Sendulang yang telah dilaksanakan PHE ONWJ melalui program OTAK JAWARA menerapkan inovasi modul paranje. Pada Tahun 2024 kegiatan transplantasi terumbu karang dilaksanakan dengan menerapkan inovasi modul paranje dan kombinasi *line transplan*. Luas areal transplantasi terumbu karang pada Tahun 2024 adalah 0,06 ha.

a. Areal Transplantasi di Gugus Karang Sendulang

Kegiatan transplantasi karang di Gugus Karang Sendulang yang telah dilaksanakan PHE ONWJ melalui program

OTAK JAWARA dengan menerapkan inovasi modul paranje. Pada Tahun 2024 kegiatan transplantasi terumbu karang dilaksanakan dengan menerapkan inovasi modul paranje dan kombinasi *line transplan*. Luas areal transplantasi terumbu karang pada Tahun 2024 adalah 0,06 ha.

Secara keseluruhan, areal transplantasi yang telah dilaksanakan PHE ONWJ melalui program OTAK JAWARA dengan menerapkan inovasi modul paranje di Gugus Karang Sendulang adalah seluas 0,11 ha. Kegiatan transplantasi tersebut dilaksanakan dengan menerapkan inovasi modul paranje. Luasan areal transplantasi program OTAK JAWARA dengan menerapkan inovasi modul paranje yang telah dilaksanakan di Gugus Karang Sendulang ditampilkan pada **Tabel 6.12** berikut.



Penempelan fragmen karang di Paranje



Line transplan

Sumber: Laporan Monitoring Program Orang Tua Asuh Karang di Laut Utara Jakarta dan Jawa Barat Tahun 2024

Gambar 6. 14 Transplantasi Terumbu Karang dengan Metode Penempelan Fragmen pada Modul Paranje dan Line Transplan di Gugus Karang Sendulang

Tabel 6. 12 Areal Transplantasi Program OTAK JAWARA di Gugus Karang Sendulang

Lokasi	Transplantasi Sebelum Tahun 2024	Transplantasi pada Tahun 2024	Transplantasi Keseluruhan	Satuan
Gugus Karang Sendulang	0,11	0,06	0,17	ha

b. *Life Form* Karang Transplan di Gugus Karang Sendulang

Karang keras pada dasarnya hewan yang hidup berkoloni. Karang yang hidupnya berkoloni memiliki variasi bentuk pertumbuhan (*life form*). Bentuk pertumbuhan karang dibagi atas karang *Acropora* dan karang *non Acropora* (Zurba, 2019). *Life form* yang ditransplan pada program transplantasi terumbu karang OTAK JAWARA dengan menerapkan inovasi modul paranje terdiri dari jenis *Acropora Branching* (ACB) sebanyak 973 fragmen dan *Acropora Tabulate* (ACT) sebanyak 320 fragmen.

Kedua *life form* tersebut paling banyak ditransplan karena ketersediaannya di lokasi karang alami di dekat lokasi transplan paling banyak ditemukan. *Acropora* merupakan salah satu kelompok karang yang sangat dominan pada suatu perairan. Genera karang *Acropora* umumnya memiliki bentuk morfologi koloni yang bercabang yang merupakan salah satu komponen utama pembangun terumbu karang. *Life form* lain yang ditransplan diantaranya adalah *Acropora submassive* (ACS), *Coral Branching* (CB), *Coral Massive* (CM), dan *Coral Encrusting* (CE). Jumlah dari masing-masing *life form* yang ditransplan selama program OTAK

JAWARA dengan menerapkan inovasi modul paranje berjalan di Gugus Karang Sendulang berlangsung ditampilkan pada **Tabel 13** berikut.

Tabel 6. 13 *Life Form* yang Ditransplan Selama Program OTAK JAWARA dengan Menerapkan Inovasi Modul Paranje Berlangsung

No	Jenis <i>Life Form</i> (batang)	Jumlah <i>Life Form</i> (batang)
1	<i>Acropora Branching</i> (ACB)	973
2	<i>Acropora Tabulate</i> (ACT)	320
3	<i>Acropora Submassive</i> (ACS)	24
4	<i>Coral Branching</i> (CB)	13
5	<i>Coral Massive</i> (CM)	19
6	<i>Coral Encrusting</i> (CE)	23
Jumlah		1.372

Jumlah *life form* yang telah ditransplan melalui program OTAK JAWARA dengan menerapkan inovasi modul paranje di Gugus Karang Sendulang adalah sebanyak 1.372 fragmen. Dokumentasi masing-masing jenis *life form* ditampilkan pada **Gambar 6.15** berikut.



Acropora Branching (ACB)



Acropora Tabulate (ACT)



Acropora submassive (ACS)



Coral Branching (CB)



Coral Massive (CM)



Coral Encrusting (CE)

Sumber: Laporan Monitoring Program Orang Tua Asuh Karang di Laut Utara Jakarta dan Jawa Barat Tahun 2024

Gambar 6. 15 Life Form Karang yang Ditransplan di Modul Paranje

c. Genus Karang Transplan di Gugus Karang Sendulang

Genus terumbu karang merupakan klasifikasi ilmiah yang digunakan untuk mengelompokkan beragam jenis terumbu karang berdasarkan karakteristik morfologi dan genetik yang serupa. Jenis genus terumbu karang yang ditransplan pada program OTAK JAWARA dengan menerapkan inovasi modul paranje di Gugus Karang Sendulang adalah *Acropora*, *Porites*, dan *Stylophora*. Jumlah fragmen dari masing-masing genus yang ditransplan selama program berlangsung ditampilkan pada **Tabel 6.14** berikut.

Tabel 6. 14 Jumlah Fragmen dari Masing-Masing Genus yang Ditransplan Selama Program Berlangsung

No	Genus	Jumlah	Satuan
1	<i>Acropora</i>	1.314	fragmen
2	<i>Porites</i>	26	fragmen
3	<i>Stylophora</i>	32	fragmen
Jumlah		1.372	fragmen

Genus karang yang paling banyak ditransplan adalah *Acropora*. Genus *Acropora* adalah genus karang yang paling beragam, dan paling banyak ditemukan. Karang *Acropora* memiliki bentuk yang beragam, mulai dari bercabang, seperti pohon, hingga seperti pipa. Karang *Acropora* dikenal dengan pertumbuhan yang cepat dan cenderung mendominasi bagian atas terumbu karang (Dubinsky, 2011). *Acropora* yang telah ditransplantasi adalah sebanyak 1.314 fragmen.

Kecepatan pertumbuhan karang bervariasi dan tergantung bentuk koloni. Jenis karang dalam bentuk *massive* hanya memiliki kecepatan pertumbuhan diameter sekitar 2 cm/tahun, sementara untuk pertumbuhan ke atas hanya kurang dari 1 cm/tahun. Pertumbuhan yang relatif cepat dimiliki karang dengan genus *Acropora*, dimana kelompok genus ini bisa tumbuh sekitar 5 sampai 10 cm/tahun atau lebih. Kecepatan pertumbuhan karang termasuk lambat dan sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan dimana karang tersebut berada (Veron, 2000).



Sumber: Laporan Monitoring Program Orang Tua Asuh Karang di Laut Utara Jakarta dan Jawa Barat Tahun 2024

Gambar 6. 16 *Acropora* yang Tumbuh di Modul Paranje Hasil Kegiatan Transplantasi Terumbu Karang di Gugus Karang Sendulang

Selain *Acropora*, genus karang yang ditransplan pada kegiatan transplantasi di Gugus Karang Sendulang adalah *Porites* dan *Stylophora*. Karang genus *Porites* cenderung memiliki bentuk bulat atau tumpul dengan struktur yang kokoh serta dengan pertumbuhan yang relatif lambat. Beberapa jenis *Porites* dapat membentuk karang yang sangat besar dan memberikan fondasi penting bagi ekosistem terumbu karang (Dubinsky, 2011). Jumlah *Porites* yang telah ditransplan pada kegiatan transplantasi terumbu karang ini adalah sebanyak 26 fragmen. *Stylophora* adalah genus karang yang memiliki bentuk seperti meja, karang ini biasanya berwarna putih, krem, atau coklat. Karang *Stylophora* dapat hidup di perairan dangkal hingga laut dalam (Spalding *et al.*, 2001). Jumlah *Stylophora* yang telah ditransplan pada kegiatan transplantasi terumbu karang ini adalah sebanyak 32 fragmen. Dokumentasi gambar genus *Porites* dan *Stylophora* yang ditransplan di honai di Gugus Karang Sendulang ditampilkan pada **Gambar 6.17** berikut.

6.2.2.2. Media Transplantasi di Gugus Karang Sendulang

Kegiatan transplantasi terumbu karang pada Tahun 2024 di Gugus Karang Sendulang dilaksanakan dengan menggunakan metode inovasi media transplantasi paranje dan *line transplan*. Paranje merupakan inovasi media transplantasi yang dikembangkan PHE ONWJ. Paranje didesain dengan berbagai keunggulan, diantaranya lebih kokoh sehingga tidak mudah terguling apabila terkena hampasan ombak/gelombang, paranje dibuat membulat sehingga sedimentasi di media transplantasi dapat diminimalisir, serta ikan dan organisme asosiasi lain dapat menjadikan paranje sebagai tempat berlindung karena paranje dibuat berongga. Jumlah paranje yang dijadikan media transplantasi pada kegiatan transplantasi Tahun 2024 ini adalah sebanyak 105 buah dengan jumlah fragmen yang ditempel sebanyak 420 fragmen. Pada kegiatan transplantasi dengan metode *line transplan*, tali yang menjadi media transplan yang dipergunakan sepanjang 24 meter dengan fragmen yang dipasang sebanyak 60 fragmen. Informasi detail



Sumber: Laporan Monitoring Program Orang Tua Asuh Karang di Laut Utara Jakarta dan Jawa Barat Tahun 2024

Gambar 6. 17 Genus Lainnya yang Ditransplan di Modul Paranje

kegiatan transplantasi terumbu karang di Gugus Karang Sendulang pada Tahun 2024 ditampilkan pada **Tabel 6.15** berikut.

melibatkan ahli terumbu karang dari PPLH IPB, melibatkan kelompok masyarakat di Kabupaten Karawang, yaitu kelompok Pandu

Tabel 6. 15 Data Kegiatan Transplantasi Terumbu Karang di Gugus Karang Sendulang pada Tahun 2024

No	Metode Transplantasi	Jumlah	Jumlah Fragmen	Life Form	Genus Karang
1	Paranje	105 buah	420 fragmen	• <i>Acropora Branching</i> (ACB)	• <i>Acropora</i> sp.
2	<i>Line transplan</i>	24 meter	60 fragmen	• <i>Acropora Tabulate</i> (ACT)	• <i>Porites</i> sp.
				• <i>Coral Branching</i> (CB)	• <i>Stylophora</i> sp.

Rangkaian kegiatan transplantasi terumbu karang dengan metode penempelan fragmen pada paranje diantaranya ialah pembuatan media paranje, mobilisasi paranje ke lokasi transplantasi, pemanenan bibit calon donor, serta penempelan bibit pada paranje. Pada kegiatan transplantasi ini, PHE ONWJ

Alam Sendulang (PAS) serta perwakilan masyarakat umum. Selain itu, PHE ONWJ juga melaksanakan koordinasi dengan pihak pemerintah setempat. Dokumentasi foto kegiatan transplantasi terumbu karang di Gugus Karang Sendulang ditampilkan pada **Gambar 6.18** berikut.



Sumber: Laporan Monitoring Program Orang Tua Asuh Karang di Laut Utara Jakarta dan Jawa Barat Tahun 2024

Gambar 6. 18 Tahapan Kegiatan Transplantasi dengan Metode Penempelan Fragmen pada Paranje

6.2.2.3. Kecenderungan Hasil Transplantasi di Gugus Karang Sendulang

Upaya rehabilitasi ekosistem terumbu karang di Gugus Karang Sendulang melalui program OTAK JAWARA telah dilaksanakan PHE ONWJ sejak Tahun 2022. Pada Tahun 2022, PHE ONWJ melaksanakan kegiatan transplantasi terumbu karang tersebut dengan menerapkan inovasi media transplantasi paranje.

a. Genus Karang Transplan di Gugus Karang Sendulang

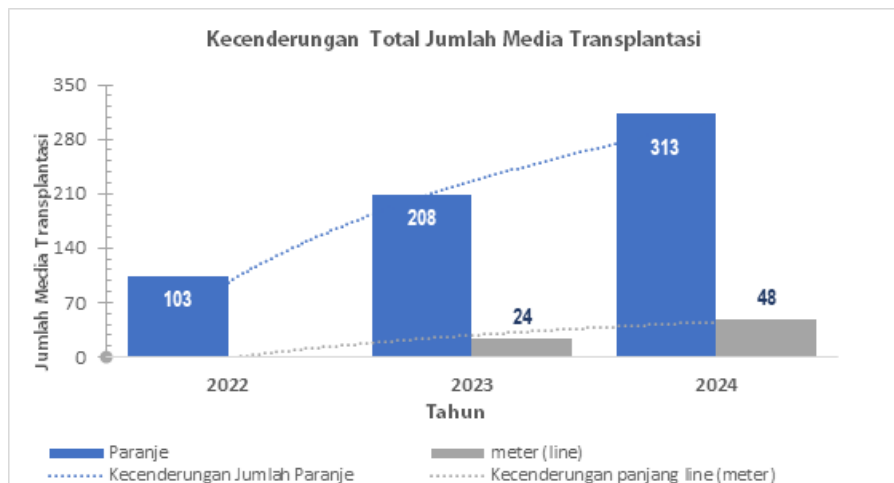
Kegiatan transplantasi terumbu karang di Gugus Karang Sendulang dilaksanakan dengan menggunakan 2 (dua) jenis media tranplantasi. Media tranplantasi tersebut adalah paranje yang merupakan inovasi media yang dikembangkan oleh PHE ONWJ, serta media transplantasi *line*. Jumlah paranje yang ditransplan pada Tahun 2022 adalah sebanyak 103 buah

dan pada Tahun 2023 dan 2024 masing-masing sebanyak 105 buah. Pajang media transplantasi *line* pada kegiatan transplantasi terumbu karang di Gugus Karang Sendulang pada Tahun 2023 hingga 2024 adalah sepanjang 48 meter. Jumlah media transplantasi selama Program OTAK JAWARA di Gugus Karang Sendulang berlangsung ditampilkan pada **Tabel 6.16** berikut.

Kecenderungan total media transplantasi yang tersebar di Gugus Karang Sendulang tersebut pada Tahun 2022 adalah sebanyak 103 paranje. Total media transplantasi tersebut kemudian meningkat pada Tahun 2024 menjadi 313 paranje dan 48 meter *line*. Kecenderungan total pada setiap jenis media transplantasi pada periode Tahun 2022 hingga 2024 ditampilkan pada **Gambar 6.19** berikut.

Tabel 6. 16 Jumlah Media Transplantasi pada Program OTAK JAWARA di Gugus Karang Sendulang

Lokasi	Media	2022	2024	2024	Jumlah	Satuan
Gugus Karang Sendulang	Paranje	103	105	105	313	buah
	Tali	Belum dilaksanakan	24	24	48	meter



Gambar 6. 19 Kecenderungan Total Media Transplantasi pada Program OTAK JAWARA dengan Menerapkan Inovasi Modul Paranje di Gugus Karang Sendulang dari Periode Tahun 2022 – 2024

- b. Kecenderungan Total Fragmen Karang pada Program Transplantasi di Gugus Karang Sendulang

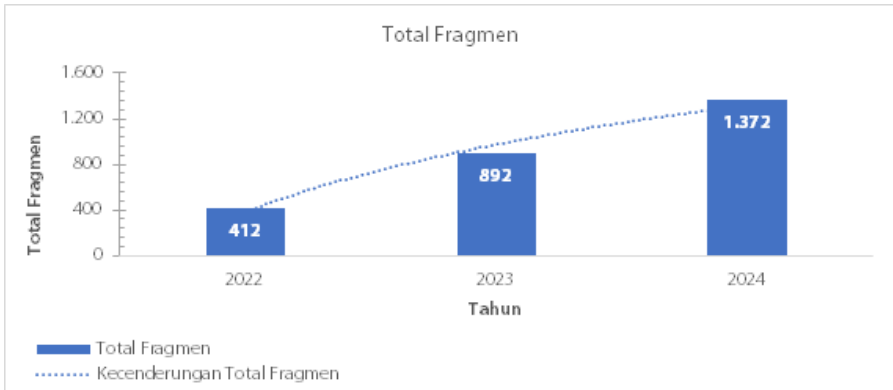
Program OTAK JAWARA dengan menerapkan inovasi media transplantasi paranje di Gugus Karang Sendulang dilaksanakan dengan melakukan penempelan fragmen karang. Jumlah fragmen karang yang telah ditransplantasi selama program ini berlangsung adalah sebanyak 1.372 fragmen. Data jumlah fragmen yang ditransplan dari Tahun 2022 sampai Tahun 2024 ditampilkan pada **Tabel 6.17**.

total fragmen yang ditransplan kemudian meningkat pada Tahun 2024 menjadi 1.372 fragmen. Kecenderungan total fragmen yang ditransplan pada Tahun 2022 hingga Tahun 2024 ditampilkan pada **Gambar 6.20** berikut.

- c. Kecenderungan Luasan Areal Transplantasi di Gugus Karang Sendulang
- Kegiatan transplantasi di Gugus Karang Paranje pada Tahun 2022 adalah seluas 0,05 ha, kemudian pada Tahun 2023 dan 2024 masing-masing seluas 0,06 ha. Luas areal transplantasi program

Tabel 6. 17 Jumlah Fragmen yang Ditransplan di Gugus Karang Sendulang

Lokasi	Jumlah Fragmen yang Ditransplan				Satuan
	2022	2023	2024	Jumlah	
Gugus Karang Sendulang	412	480	480	1.372	fragmen



Gambar 6. 20 Kecenderungan Fragmen yang Ditransplan pada Program OTAK JAWARA dengan Menerapkan Inovasi Modul Paranje di Gugus Karang Sendulang pada Periode Tahun 2022 – 2024

Kecenderungan total fragmen yang ditransplan pada program OTAK JAWARA dengan Menerapkan Inovasi Modul Paranje di Gugus Karang Sendulang pada Periode Tahun 2022 adalah 412 fragmen,

OTAK JAWARA dengan menerapkan inovasi modul paranje di Gugus Karang Sendulang Tahun 2022 hingga Tahun 2024 ditampilkan pada **Tabel 6.18** berikut.

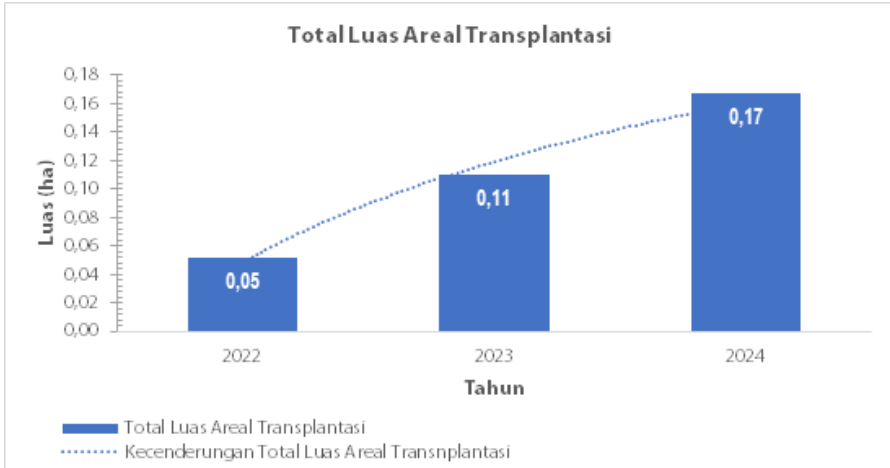
Tabel 6. 18 Luas Areal Transplantasi Program OTAK JAWARA dengan Menerapkan Inovasi Modul Paranje di Gugus Karang Sendulang

Lokasi	Luas Areal Transplantasi			Jumlah	Satuan
	2022	2023	2024		
Gugus Karang Sendulang	0,05	0,06	0,06	0,17	ha

Luasan areal transplantasi terumbu karang tersebut tersebar di Gugus Karang Sendulang seluas 0,17 ha. Kecenderungan total luasan areal transplantasi terumbu karang melalui program OTAK JAWARA dengan menerapkan inovasi modul paranje pada Tahun 2022 hingga Tahun 2024 ditampilkan pada **Gambar 6.21** berikut.

bersembunyi di celah-celah karang sebagai tempat berlindung. Selain itu, ikan tersebut merupakan target tangkapan nelayan karena memiliki nilai ekonomi yang tinggi (Zurba, 2019).

Ikan karang adalah salah satu biota yang hidup pada ekosistem terumbu karang dan hidupnya sangat bergantung pada kondisi



Gambar 6. 21 Kecenderungan Total Luas Areal Transplantasi Program OTAK JAWARA dengan Menerapkan Inovasi Modul Paranje di Gugus Karang Sendulang pada Tahun 2022 – 2024

6.2.2.4. Keanekaragaman Hayati Ikan Karang di Gugus Karang Sendulang

Ekosistem terumbu karang sebagai ekosistem kompleks dan produktif yang dominan tersebar di kawasan pulau-pulau kecil Indonesia berperan penting sebagai habitat bagi beragam jenis ikan, sehingga memberikan dampak pada tingginya produktivitas perikanan (ikan-ikan karang) yang bernilai ekonomis tinggi, dan juga sebagai aset yang berharga bagi kegiatan pariwisata bahari karena memiliki beraneka ragam biota laut dan panorama yang sangat indah (Nikijuluw *et al.* 2013).

Ikan karang merupakan jenis ikan yang habitat umumnya pada karang hidup. Keberadaan ikan karang sangat dipengaruhi oleh kondisi kesehatan terumbu. Terumbu karang yang sehat merupakan indikator kelimpahan ikan karang. Kebanyakan dari ikan-ikan tersebut

terumbu karang. Peranan biofisik ekosistem terumbu karang sangat beragam, diantaranya sebagai tempat tinggal, tempat berlindung, tempat mencari makan dan berkembang biak bagi beragam biota laut, termasuk didalamnya ikan karang.

a. Komposisi Jenis Ikan Karang di Gugus Karang Sendulang

Jumlah spesies ikan karang yang ditemukan pada Tahun 2024 di lokasi transplantasi di Gugus Karang Sendulang adalah sebanyak 12 spesies. Spesies ikan karang pada Tahun 2024 mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan Tahun 2022. Jenis spesies ikan karang di lokasi transplantasi Gugus Karang Sendulang ditampilkan pada **Tabel 6.19** dan beberapa jenis ikan karang yang ditemukan di lokasi transplantasi di Gugus Karang Sendulang ditampilkan pada **Gambar 6.22**.

Tabel 6. 19 Komposisi Jumlah Spesies Ikan Karang di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang

No	Spesies	Keberadaan Spesies		
		2022	2023	2024
1	<i>Abudefduf bengalensis</i>	1	1	1
2	<i>Caesio cuning</i>	-	1	1
3	<i>Cephalopholis boenak</i>	1	-	-
4	<i>Chaetodon octofasciatus</i>	-	-	1
5	<i>Chelmon rostratus</i>	-	-	1
6	<i>Diploprion bifasciatum</i>	-	1	1
7	<i>Epinephelus merra</i>	1	1	1
8	<i>Halichoeres chloropterus</i>	1	-	-
9	<i>Halichoeres melanurus</i>	-	1	1
10	<i>Halichoeres nebulosus</i>	-	1	1
11	<i>Myripristis vittata</i>	-	1	1
12	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>	-	1	1
13	<i>Platax boersii</i>	-	-	1
14	<i>Pomacentrus bankanensis</i>	-	1	1
15	<i>Pomacentrus brachialis</i>	-	1	1
16	<i>Pomacentrus javanicus</i>	1	-	-
17	<i>Pomacentrus simsiang</i>	-	1	1
18	<i>Scolopsis affinis</i>	1	-	-
19	<i>Scolopsis margaritifera</i>	1	-	-
20	<i>Siganus javus</i>	1	1	1
Keberadaan Spesies		8	12	15

Keterangan : (1) : ditemukan (-) : tidak ditemukan

Spesies yang bercetak tebal: spesies yang baru ditemukan pada Tahun 2024

*Chaetodon octofasciatus**Chelmon rostratus*



Sumber: Laporan Monitoring Program Orang Tua Asuh Karang di Laut Utara Jakarta dan Jawa Barat Tahun 2024

Gambar 6. 22 Beberapa Jenis Ikan Karang yang Ditemukan di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang

- b. Komposisi Jumlah Individu Ikan Karang di Gugus Karang Sendulang

Jumlah individu ikan karang yang ditemukan pada saat pengamatan di lokasi transplantasi Gugus Karang Sendulang pada Tahun 2024 adalah 206 ekor. Jenis ikan karang dengan jumlah individu yang paling banyak ditemukan adalah jenis *Siganus javus* dengan jumlah individu sebanyak 206 ekor. Jenis ikan karang dengan jumlah individu paling

sedikit ditemukan adalah jenis *Diploprion bifasciatum* dengan jumlah individu sebanyak 1 ekor. Jumlah individu ikan karang pada Tahun 2022 hingga Tahun 2024 mengalami peningkatan. Jumlah individu dari setiap jenis yang dijumpai secara detail ditampilkan pada **tabel 6.20** dan dokumentasi foto kawanan ikan yang ditemukan di lokasi transplantasi di Gugus Karang Sendulang dijasikan pada **Gambar 6.23**.

Tabel 6. 20 Komposisi Jumlah Individu Ikan Karang yang Dijumpai di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang

No	Spesies	Jumlah Individu (ekor)		
		2022	2023	2024
1	<i>Abudefduf bengalensis</i>	13	21	45
2	<i>Caesio cuning</i>	0	4	38
3	<i>Cephalopholis boenak</i>	1	0	0
4	<i>Chaetodon octofasciatus</i>	0	0	6
5	<i>Chelmon rostratus</i>	0	0	3
6	<i>Diploprion bifasciatum</i>	0	5	1
7	<i>Epinephelus merra</i>	4	3	2
8	<i>Halichoeres chloropterus</i>	2	0	0
9	<i>Halichoeres melanurus</i>	0	7	5
10	<i>Halichoeres nebulosus</i>	0	10	5
11	<i>Myripristis vittata</i>	0	4	3
12	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>	0	3	5
13	<i>Platax boersii</i>	0	0	10

No	Spesies	Jumlah Individu (ekor)		
		2022	2023	2024
14	<i>Pomacentrus bankanensis</i>	0	15	6
15	<i>Pomacentrus brachialis</i>	0	16	10
16	<i>Pomacentrus javanicus</i>	2	0	0
17	<i>Pomacentrus simsiang</i>	0	66	3
18	<i>Scolopsis affinis</i>	2	0	0
19	<i>Scolopsis margaritifera</i>	2	0	0
20	<i>Siganus javus</i>	7	7	64
Jumlah Individu (ekor)		33	161	206

Keterangan : Spesies yang bercetak tebal: spesies yang baru ditemukan pada Tahun 2024



Gambar 6. 23 Kawanan Ikan Buna Emas (*Platax Boersii*) yang Ditemukan di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang

- c. Komposisi Jumlah Individu Ikan Karang di Gugus Karang Sendulang
- Indeks keanekaragaman jenis (H') ikan karang di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang pada pengamatan Tahun 2024 adalah sebesar 2,03. Kondisi ikan karang di lokasi pengamatan adalah

keanekaragamannya kecil, penyebaran jumlah individu tiap jenis rendah, kestabilan komunitas rendah, tekanan ekologi relatif besar. Indeks keanekaragaman jenis (H') ikan karang ditampilkan pada **Tabel 6.21** berikut.

Tabel 6. 21 Indeks Keanekaragaman Ikan Karang di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang

No	Spesies	Indeks Keanekaragaman Jenis (H')		
		2022	2023	2024
1	<i>Abudefduf bengalensis</i>	0,37	0,27	0,33
2	<i>Caesio cuning</i>	-	0,09	0,31
3	<i>Cephalopholis boenak</i>	0,11	-	-
4	<i>Chaetodon octofasciatus</i>	-	-	0,10
5	<i>Chelmon rostratus</i>	-	-	0,06
6	<i>Diploprion bifasciatum</i>	-	0,11	0,03
7	<i>Epinephelus merra</i>	0,26	0,07	0,04
8	<i>Halichoeres chloropterus</i>	0,17	-	-
9	<i>Halichoeres melanurus</i>	-	0,14	0,09
10	<i>Halichoeres nebulosus</i>	-	0,17	0,09
11	<i>Myripristis vittata</i>	-	0,09	0,06
12	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>	-	0,07	0,09
13	<i>Platax boersii</i>	-	-	0,15
14	<i>Pomacentrus bankanensis</i>	-	0,22	0,10
15	<i>Pomacentrus brachialis</i>	-	0,23	0,15
16	<i>Pomacentrus javanicus</i>	0,17	-	-
17	<i>Pomacentrus simsiang</i>	-	0,37	0,06
18	<i>Scolopsis affinis</i>	0,17	-	-
19	<i>Scolopsis margaritifera</i>	0,17	-	-
20	<i>Siganus javus</i>	0,33	0,14	0,36
Indeks Keanekaragaman Jenis (H')		1,74	1,97	2,03

Keterangan : (-) : tidak ditemukan

Spesies yang bercetak tebal: spesies yang baru ditemukan pada Tahun 2024

- d. Indeks Keseragaman dan Indeks Dominansi Ikan Karang di Areal Transplantasi di Gugus Karang Sendulang

Indeks Keseragaman (E) ikan karang di areal transplantasi di Gugus Karang Sendulang pada Tahun 2024 adalah 0,75. Nilai tersebut menunjukkan kelimpahan individu dari berbagai spesies ikan karang di areal transplantasi di Gugus Karang Sendulang tersebar secara merata. Ini berarti bahwa terdapat banyak spesies ikan karang yang hidup di komunitas tersebut. Indeks dominansi (C) ikan karang di areal transplantasi di Gugus Karang Sendulang pada Tahun 2024 adalah 0,19. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi ikan dalam ekosistem tersebut relatif merata. Tidak

ada satu spesies ikan yang mendominasi sepenuhnya, dan variasi spesies ikan dalam populasi terbilang seimbang. Indeks keseragaman dan indeks dominansi ikan karang di areal transplantasi di Gugus Karang Sendulang pada Tahun 2024 ditampilkan pada **Tabel 6.22** berikut.

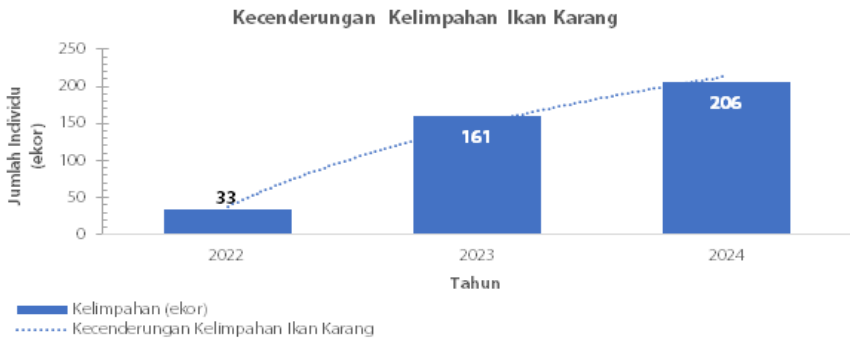
Tabel 6. 22 Indeks Keseragaman dan Indeks Dominansi Ikan Karang di Areal Transplantasi di Gugus Karang Sendulang

Indeks	Nilai	Status
Keseragaman (E)	0,75	stabil/tinggi
Dominansi (C)	0,19	tidak ada spesies yang mendominasi

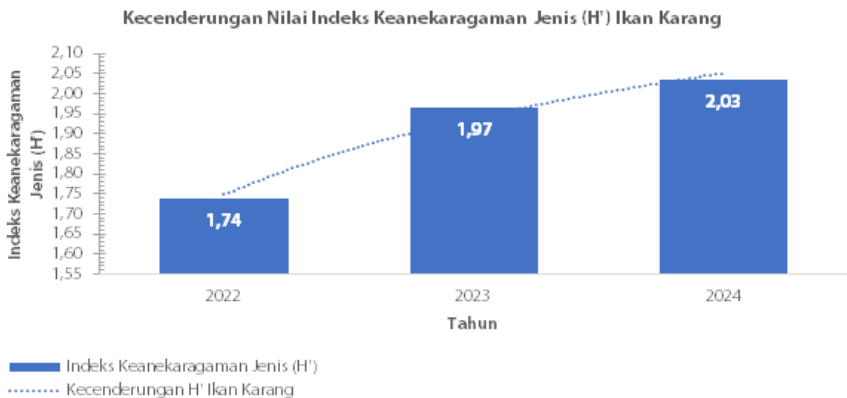
e. Status dan Kecenderungan Ikan Karang di Gugus Karang Sendulang

- 1) Status dan Kecenderungan Kelimpahan (Komposisi Jumlah Individu) Ikan Karang di Areal Transplantasi di Gugus Karang Sendulang

Kecenderungan kelimpahan (komposisi jumlah individu) ikan karang di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang pada Tahun 2024 mengalami peningkatan dibandingkan tahun sebelumnya. Pada Tahun 2023 kelimpahan ikan karang adalah sebanyak 161 dan pada Tahun 2024 kelimpahan ikan karang meningkat menjadi 206. Kecenderungan kelimpahan ikan karang dari Tahun 2022 hingga Tahun 2024 ditampilkan pada **Gambar 6.24**.



Gambar 6. 24 Kecenderungan Kelimpahan Ikan Karang di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang pada PeriodeTahun 2022-2024



Gambar 6. 25 Kecenderungan Indeks Keanekaragaman (H') Ikan Karang di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang pada Tahun 2022-2024

6.2.2.5. Keanekaragaman Hayati Biota Asosiasi Karang Lainnya di Areal Transplantasi di Gugus Sendulang

Keanekaragaman hayati biota asosiasi karang lainnya (makrozoobenthos) di ekosistem terumbu karang merujuk pada beragamnya organisme makroskopis yang hidup di dasar laut di sekitar terumbu karang. Makrozoobenthos mencakup berbagai jenis invertebrata laut seperti moluska, krustasea, echinodermata, dan berbagai jenis hewan lainnya. Keanekaragaman makrozoobenthos di ekosistem terumbu karang sangat penting karena organisme ini berperan dalam berbagai fungsi ekologi, termasuk pemakan detritus, proses dekomposisi, dan interaksi dengan organisme lain dalam rantai makanan laut (Purnomo, 2008).

- a. Komposisi Jumlah Spesies Biota Asosiasi Karang Lainnya di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang

Jumlah spesies biota asosiasi karang lainnya yang ditemukan pada Tahun 2024

di lokasi transplantasi Gugus Karang Sendulang adalah 8 spesies. Spesies biota asosiasi karang lainnya yang ditemukan pada Tahun 2022 hingga Tahun 2024 mengalami peningkatan. Jenis spesies biota asosiasi karang lainnya di lokasi transplantasi di Gugus Karang Sendulang ditampilkan pada **Tabel 6.23** berikut.

Paranje yang juga berfungsi sebagai *artificial reef* menjadi tempat berlindung komunitas biota asosiasi karang. Dengan semakin meningkatnya keanekaragaman komunitas biota asosiasi karang di lokasi transplantasi di Gugus Karang Sendulang, hal tersebut menandakan terjadi perbaikan kualitas lingkungan di lokasi tersebut. Dokumentasi foto biota asosiasi karang yang ditemukan di lokasi transplantasi di Gugus Karang Sendulang ditampilkan pada **Gambar 6.26** berikut.

Tabel 6. 23 Komposisi Jumlah Spesies Biota Asosiasi Karang Lainnya di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang

NO	Spesies	Keberadaan Spesies		
		2022	2023	2024
1	<i>Diadema antillarum</i>	1	1	1
2	<i>Balanomorpha</i> sp.	-	1	1
3	<i>Calyptrea</i> sp.	-	1	1
4	<i>Heteractis</i> sp.	1	1	1
5	<i>Thalamita</i> sp.	1	1	1
6	<i>Culcita</i> sp.	-	1	1
7	<i>Conus</i> sp.	-	1	1
8	<i>Dardanus</i> sp.	1	1	1
9	<i>Echinothrix calamaris</i>	-	-	1
10	<i>Mespilia globulus</i>	-	-	1
Jumlah spesies		4	8	10

Keterangan : (1) : ditemukan (-) : tidak ditemukan

Spesies yang bercetak tebal: spesies yang baru ditemukan pada Tahun 2024



Sumber: Laporan Monitoring Program Orang Tua Asuh Karang di Laut Utara Jakarta dan Jawa Barat Tahun 2024

Gambar 6. 26 Biota Asosiasi Karang yang Ditemukan di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang

- b. Komposisi Jumlah Individu Biota Asosiasi Lain yang dijumpai di lokasi transplantasi di Gugus Karang Sendulang

Jumlah individu biota asosiasi karang lainnya yang ditemukan pada saat pengamatan di lokasi transplantasi Gugus Karang Sendulang pada Tahun 2024 adalah 1.001 individu. Jenis biota asosiasi karang lainnya dengan jumlah individu yang paling banyak ditemukan adalah jenis *Diadema antillarum* dengan jumlah sebanyak 244 individu. Jenis biota asosiasi lain dengan jumlah individu

paling sedikit ditemukan adalah jenis *Culcita* sp. dan *Heteractis* sp. dengan jumlah masing-masing sebanyak 1 individu. Jumlah individu biota asosiasi karang lainnya di lokasi transplantasi di Gugus Karang Sendulang pada 2024 mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan Tahun 2023. Jumlah individu dari setiap jenis biota asosiasi karang lainnya yang ditemukan selama pengamatan ditampilkan pada **Tabel 6.24** berikut.

Tabel 6. 24 Komposisi Jumlah Individu Biota Asosiasi Lain yang Dijumpai di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang

No	Spesies	Jumlah Individu		
		2022	2023	2024
1	<i>Diadema antillarum</i>	13	195	244
2	<i>Balanomorph</i> sp.	0	412	592
3	<i>Calyptraea</i> sp.	0	134	101
4	<i>Heteractis</i> sp.	1	1	1
5	<i>Thalamita</i> sp.	2	3	2
6	<i>Culcita</i> sp.	0	1	1
7	<i>Conus</i> sp.	0	2	5
8	<i>Dardanus</i> sp.	2	6	23
9	<i>Echinothrix calamaris</i>	0	0	22
10	<i>Mespilia globulus</i>	0	0	10
Jumlah Individu		18	754	1.001

Keterangan : Spesies yang bercetak tebal: spesies yang baru ditemukan pada Tahun 2024

- c. Indeks Keanekaragaman Jenis Biota Asosiasi Karang Lainnya di Areal Transplantasi di Gugus Karang Sendulang
- Indeks keanekaragaman jenis (H') biota asosiasi karang lainnya di lokasi transplantasi di Gugus Karang Sendulang pada pengamatan Tahun 2024 adalah sebesar 1,16. Indeks keanekaragaman jenis biota asosiasi karang lainnya di lokasi transplantasi di Gugus Karang Sendulang mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan Tahun 2023. Indeks keanekaragaman jenis (H') biota asosiasi karang lainnya di lokasi transplantasi di Gugus Karang Sendulang ditampilkan pada **Tabel 6.25** berikut.

Tabel 6. 25 Indeks Keanekaragaman Biota Asosiasi Lain di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang

No	Spesies	Indeks Keanekaragaman Jenis (H')		
		2022	2023	2024
1	<i>Diadema antillarum</i>	0,235	0,350	0,365
2	<i>Balanomorph</i> sp.	-	0,330	0,190
3	<i>Calyptraea</i> sp.	-	0,307	0,269
4	<i>Heteractis</i> sp.	0,161	0,009	0,009
5	<i>Thalamita</i> sp.	0,244	0,022	0,016
6	<i>Culcita</i> sp.	-	0,009	0,009
7	<i>Conus</i> sp.	-	0,016	0,033
8	<i>Dardanus</i> sp.	0,244	0,038	0,106
9	<i>Echinothrix calamaris</i>	-	-	0,103
10	<i>Mespilia globulus</i>	-	-	0,057
Indeks Keanekaragaman Jenis (H')		0,88	1,08	1,16

Keterangan : (-) : tidak ditemukan

Spesies yang bercetak tebal: spesies yang baru ditemukan pada Tahun 2024

- d. Indeks Kseragaman dan Indeks Dominansi Biota Asosiasi Karang Lainnya di Areal Transplantasi di Gugus Karang Sendulang

Indeks Kseragaman (E) biota asosiasi lain di areal transplantasi di Gugus Karang Sendulang pada Tahun 2024 adalah 0,50. Indeks kseragaman biota asosiasi lain dengan nilai 0,49 tersebut menunjukkan bahwa kelimpahan individu dari berbagai spesies biota asosiasi lain di areal transplantasi di Gugus Karang Sendulang cukup merata. Hal ini berarti bahwa terdapat berbagai spesies biota asosiasi lain yang hidup di komunitas tersebut, tetapi terdapat satu atau dua spesies yang memiliki kelimpahan individu yang lebih tinggi dibandingkan spesies lainnya.

Indeks dominansi ikan karang di areal transplantasi di Gugus Karang Sendulang pada Tahun 2024 adalah 0,74. Hal ini menunjukkan bahwa ada tingkat dominansi yang cukup tinggi dari satu atau beberapa jenis biota dalam komunitas tersebut. Artinya, satu atau beberapa jenis biota tersebut memiliki jumlah individu yang lebih besar dibandingkan dengan jenis biota lainnya. Indeks kseragaman dan indeks dominansi biota asosiasi lain di areal transplantasi di Gugus Karang Sendulang pada Tahun 2024 ditampilkan pada **Tabel 6.26** berikut.

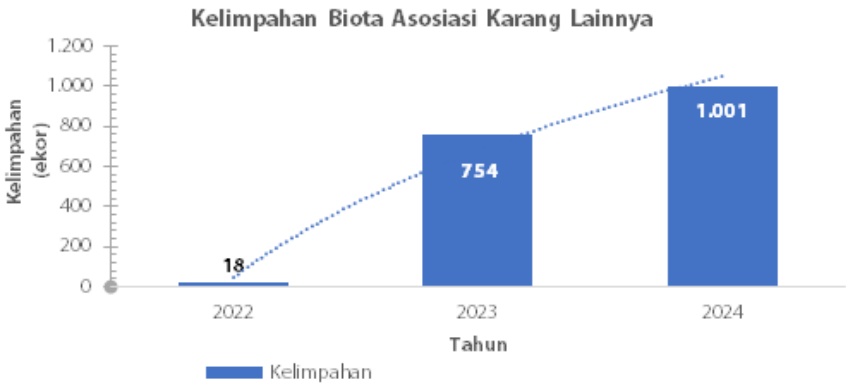
Tabel 6. 26 Indeks Kseragaman dan Indeks Dominansi Ikan Karang di Areal Transplantasi di Gugus Karang Sendulang

Indeks	Nilai	Status
Kseragaman (E)	0,50	rendah
Dominansi (C)	0,74	ada spesies yang mendominasi

- e. Status dan Kecenderungan Kelimpahan Biota Asosiasi Karang Lainnya di Areal Transplantasi di Gugus Karang Sendulang

- 1) Status dan Kecenderungan kelimpahan (komposisi jumlah individu) biota asosiasi karang lainnya di Lokasi

Kecenderungan kelimpahan (komposisi jumlah individu) biota asosiasi karang lainnya di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang pada Tahun 2024 mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan Tahun 2023. Pada Tahun 2023 kelimpahan biota asosiasi karang lainnya adalah sebanyak 754 ekor, kemudian meningkat menjadi 1.001 ekor pada Tahun 2024. Kecenderungan kelimpahan biota asosiasi karang lainnya dari Periode Tahun 2022 hingga Tahun 2024 ditampilkan pada **Gambar 6.27** berikut.



Gambar 6. 27 Kecenderungan Kelimpahan (Komposisi Jumlah Individu) Biota Asosiasi Karang Lainnya di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang pada Periode Tahun 2022-2024

- 2) Status dan Kecenderungan Indeks Keanekaragaman (H') Biota Asosiasi Karang Lainnya di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang

Kecenderungan nilai indeks keanekaragaman jenis (H') biota asosiasi karang lainnya di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang pada Tahun 2024 mengalami peningkatan jika dibandingkan dengan Tahun 2023. Pada Tahun 2023 indeks keanekaragaman biota asosiasi karang lainnya sebesar 1,08 kemudian meningkat menjadi 1,16 pada Tahun 2024. Kecenderungan indeks keanekaragaman biota asosiasi karang lainnya dari Periode Tahun 2022 hingga Tahun 2024 ditampilkan pada **Gambar 6.28** berikut.

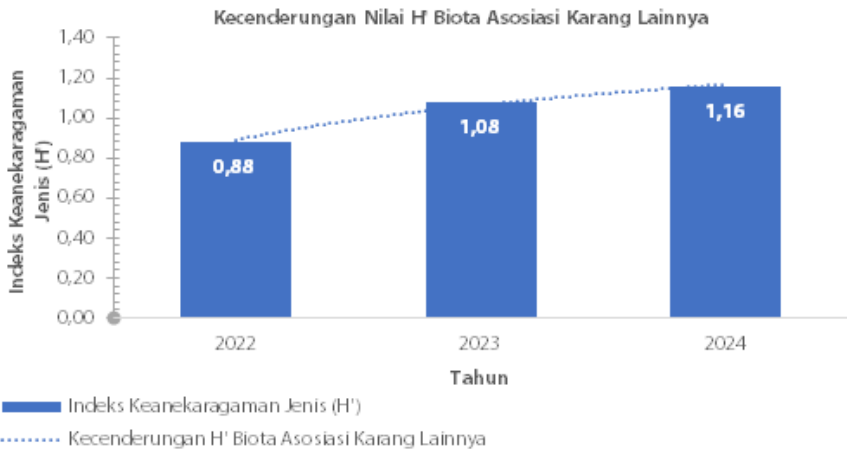
6.3 Masalah yang Dihadapi dan Solusi di Lapangan

6.3.1 Tantangan Teknis Monitoring

6.3.1.1 Kondisi Visibilitas Rendah

Salah satu tantangan utama dalam monitoring terumbu karang di Pantai Utara Jawa adalah kondisi perairan yang keruh dengan visibilitas rendah. Di Gugus Karang Sendulang, jarak pandang bawah air hanya berkisar 0,5-2 meter, sementara di Pulau Biawak kondisinya sedikit lebih baik dengan visibilitas 2-4 meter. Kondisi ini menyulitkan identifikasi spesies dan pengambilan data yang akurat. Solusi yang diterapkan:

- Penggunaan lampu *underwater* yang kuat untuk meningkatkan visibilitas saat pengamatan



Gambar 6. 28 Kecenderungan Indeks Keanekaragaman (H') Biota Asosiasi Karang Lainnya di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang pada Periode Tahun 2022-2024

- Modifikasi protokol monitoring dengan mengurangi panjang transek dari 50 meter menjadi 30 meter
- Pelatihan intensif bagi observer untuk meningkatkan kemampuan identifikasi dalam kondisi visibilitas terbatas
- Penggunaan kamera underwater dengan *setting* khusus untuk kondisi keruh

6.3.1.2 Tingginya Sedimentasi

Sedimentasi yang tinggi, terutama di lokasi Gugus Karang Sendulang, sering menutupi fragmen karang dan menyulitkan pengamatan kondisi kesehatan karang. Solusi yang diterapkan:

- Pembersihan sedimen secara berkala dari media transplantasi menggunakan kipas tangan *underwater*
- Desain modifikasi modul paranje dengan bentuk yang lebih resisten terhadap penumpukan sedimen
- Pemilihan waktu monitoring yang tepat, menghindari periode setelah hujan deras atau angin kencang
- Koordinasi dengan BMKG untuk prediksi cuaca sebelum kegiatan monitoring

6.3.1.3 Arus dan Gelombang Kuat

Kondisi arus yang kuat terutama saat musim angin barat menyulitkan penyelam untuk melakukan pengamatan dengan stabil dan akurat. Solusi yang diterapkan:

- Penjadwalan monitoring berdasarkan kondisi cuaca dan musim
- Penggunaan *anchor line* sebagai pegangan bagi penyelam
- Pembagian tim monitoring menjadi kelompok kecil untuk efisiensi
- *Training* khusus untuk *diving* dalam kondisi arus kuat

6.3.2 Tantangan Biologi dan Ekologi

6.3.2.1 Predasi oleh Biota Pemakan karang

Ditemukan adanya predasi terhadap fragmen karang yang baru ditransplantasi oleh bintang laut mahkota duri (*Acanthaster planci*) dan beberapa jenis ikan pemakan karang. Solusi yang diterapkan:

- Pemantauan rutin dan *removal* manual bintang laut mahkota duri
- Pemasangan penghalang fisik berupa jaring halus di sekitar fragmen baru
- Pemilihan fragmen yang lebih besar dan tahan terhadap predasi
- Edukasi kepada nelayan untuk melaporkan keberadaan predator

6.3.2.2 Kompetisi dengan Alga

Pertumbuhan alga yang cepat sering menutupi fragmen karang dan menghambat pertumbuhannya, terutama dalam kondisi nutrisi tinggi. Solusi yang diterapkan:

- Pembersihan alga secara manual dan berkala
- Introduksi ikan herbivora di area transplantasi
- Monitoring kualitas air untuk mengidentifikasi sumber nutrisi berlebih
- Koordinasi dengan pihak terkait untuk pengendalian sumber polusi

6.3.3 Tantangan Sosial dan Kelembagaan

6.3.3.1 Keterbatasan Kapasitas Lokal

Pada awal program, kemampuan masyarakat lokal dalam melakukan monitoring masih terbatas, baik dari segi teknis *diving* maupun identifikasi biota. Solusi yang diterapkan:

- Program *training* berkelanjutan untuk anggota Pandu Alam Sendulang (PAS)
- Sertifikasi *diving* untuk anggota masyarakat yang potensial
- Penyediaan peralatan monitoring yang sesuai dengan kapasitas lokal
- *Mentoring* jangka panjang oleh ahli dari PPLH-IPB

6.3.3.2 Konsistensi Monitoring

Menjaga konsistensi monitoring dalam jangka panjang menjadi tantangan terutama terkait komitmen dan ketersediaan waktu anggota Masyarakat. Solusi yang diterapkan:

- Pembentukan sistem *reward* dan insentif untuk monitor lokal
- Integrasi monitoring dengan kegiatan ekonomi masyarakat
- Pengembangan protokol monitoring yang sederhana namun efektif
- Pembagian tanggung jawab monitoring antar anggota komunitas

6.3.4 Tantangan Logistik dan Operasional

6.3.4.1 Akses Transportasi

Akses menuju lokasi monitoring, terutama Gugus Karang Sendulang, terkadang terhambat oleh cuaca buruk dan keterbatasan armada kapal. Solusi yang diterapkan:

- Pengadaan kapal khusus untuk kegiatan monitoring
- Pembangunan jejaring dengan nelayan lokal untuk *backup* transportasi
- Penyusunan rencana monitoring yang fleksibel berdasarkan kondisi cuaca
- Pelatihan *basic seamanship* untuk tim monitoring

6.3.4.2 Perawatan Peralatan

Peralatan monitoring yang terpapar air laut secara terus-menerus memerlukan perawatan khusus untuk menjaga fungsinya. Solusi yang diterapkan:

- Protokol *maintenance* rutin untuk semua peralatan
- Penyediaan *spare parts* dan *backup equipment*
- *Training maintenance* kepada tim lokal
- Kerjasama dengan *supplier* untuk *after-sales service*

6.3.5 Adaptasi Protokol Monitoring

Berdasarkan berbagai tantangan yang dihadapi, protokol monitoring telah mengalami beberapa adaptasi:

6.3.5.1 Modifikasi Metode Sampling

- Pengurangan panjang transek dari 50m menjadi 30m untuk efisiensi dalam kondisi visibilitas rendah
- Penambahan frekuensi sampling untuk mengompensasi area sampling yang lebih kecil
- Penggunaan metode foto-kuadrat sebagai *backup* data ketika kondisi tidak memungkinkan observasi langsung

6.3.5.2 Integrasi Teknologi

- Penggunaan GPS *underwater* untuk *marking* posisi yang lebih akurat
- Implementasi sistem data digital untuk mengurangi kesalahan *transcription*
- Penggunaan *drone* untuk survei area yang luas dan dokumentasi

6.3.5.3 Pendekatan Partisipatif

- Pengembangan *citizen science approach* dengan melibatkan masyarakat dalam pengumpulan data dasar
- *Training* identifikasi spesies indikator kepada nelayan
- Sistem pelaporan berbasis komunitas untuk *early warning system*

Melalui berbagai adaptasi dan solusi yang diterapkan, program monitoring OTAK JAWARA berhasil menghasilkan data yang konsisten dan berkualitas, meskipun beroperasi dalam kondisi yang menantang. Pembelajaran dari pengalaman ini menjadi *valuable input* untuk pengembangan protokol monitoring terumbu karang di lokasi dengan karakteristik serupa.



B A B

07.

**Dampak
Program**
bagi Karawang
& Indramayu



Program transplantasi terumbu karang OTAK JAWARA yang dilaksanakan di dua lokasi strategis telah memberikan dampak signifikan bagi ekosistem laut dan masyarakat pesisir di Kabupaten Karawang dan Indramayu. Keberhasilan program ini tidak hanya dapat diukur dari aspek teknis restorasi, tetapi juga dari transformasi ekologis yang terjadi di kedua lokasi tersebut. Inovasi teknologi yang dikembangkan, yaitu modul honai di Gugus Karang Pulau Biawak dan modul paranje di Gugus Karang Sendulang, telah membuktikan efektivitasnya dalam mendukung pemulihan ekosistem terumbu karang yang berkelanjutan.

Dampak positif program ini terlihat jelas dari peningkatan keanekaragaman hayati laut, baik dari segi jumlah genus karang, spesies ikan karang, maupun biota asosiasi lainnya. Lebih dari sekadar restorasi fisik, program ini telah menciptakan ekosistem yang berfungsi sebagai *nursery ground*, *feeding ground*, dan habitat kritis bagi berbagai spesies laut. Fenomena suksesi alami yang terjadi di lokasi transplantasi menunjukkan bahwa upaya restorasi telah berhasil memicu regenerasi ekosistem secara mandiri, sebuah indikator keberhasilan yang sangat penting dalam konservasi laut.

7.1 Inovasi Modul Honai di Gugus Karang Pulau Biawak

7.1.1 Peningkatan Jumlah Genus Karang

Upaya pemulihan terumbu karang di Gugus Karang Pulau Biawak membawa kabar baik bagi ekosistem laut. Melalui penerapan modul honai berupa struktur kubah buatan yang berfungsi sebagai substrat pertumbuhan, keanekaragaman genus karang terbukti mengalami peningkatan. Modul ini menjadi tempat hidup bagi karang hasil transplantasi, sekaligus memicu munculnya genus baru melalui suksesi alami.

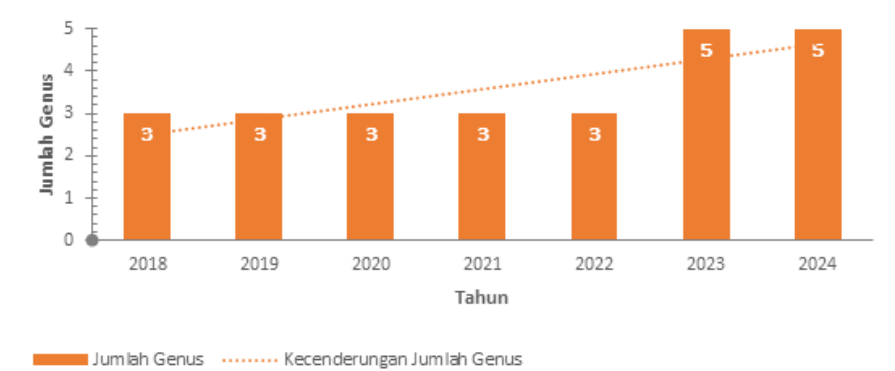
Pada awal pemantauan, tahun 2018–2022, hanya terdapat tiga genus karang hasil transplantasi, yaitu *Acropora*, *Porites*, dan *Stylophora*. Pada tahun 2023, terjadi lonjakan keanekaragaman dengan hadirnya dua genus baru yaitu *Pavona* dan *Pocillopora* (**Tabel 7.1**). Menariknya, kedua genus tambahan tersebut bukanlah hasil dari transplantasi, melainkan tumbuh secara alami melalui **planulasi** proses reproduksi seksual karang yang menghasilkan larva (planula) yang terbawa arus, menempel pada permukaan modul honai, lalu berkembang menjadi koloni baru.

Tabel 7. 1 Jumlah Genus Karang yang Ditransplantasi dan yang Tumbuh dari Suksesi Alami di Modul Honai

No	Genus	Tahun							Hasil Reproduksi
		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	
1	<i>Acropora</i> sp.	1	1	1	1	1	1	1	Transplantasi
2	<i>Porites</i> sp.	1	1	1	1	1	1	1	Transplantasi
3	<i>Stylophora</i> sp.	1	1	1	1	1	1	1	Transplantasi
4	<i>Pavona</i> sp.	-	-	-	-	-	1	1	Planulasi
5	<i>Pocillopora</i> sp.	-	-	-	-	-	1	1	Planulasi
Jumlah Genus		3	3	3	3	3	5	5	

Keterangan: (1) : ditemukan (-) : tidak ditemukan

Fenomena ini menjadi bukti bahwa modul honai tidak hanya mempertahankan karang hasil intervensi manusia, tetapi juga berperan sebagai titik kolonisasi baru bagi karang liar dari perairan sekitarnya. Peningkatan keanekaragaman ini divisualisasikan dalam **Gambar 7.1**, yang menggambarkan perubahan komposisi genus karang dari tahun ke tahun. Dengan kata lain, modul honai bertindak layaknya “rumah pembibitan” bawah laut tempat di mana rekayasa teknologi dan proses alami bekerja berdampingan untuk memulihkan kembali keindahan dan fungsi ekosistem terumbu karang.



Gambar 7. 1 Peningkatan Jumlah Genus Karang di Lokasi Transplantasi Gugus Karang Pulau Biawak

Munculnya genus karang baru di modul honai melalui proses planulasi menjadi bukti kuat bahwa struktur ini efektif sebagai media pertumbuhan karang secara alami. Tanpa bantuan manusia, larva karang (planula) yang hanyut di kolom air mampu menemukan “rumah” baru pada permukaan modul dan berkembang menjadi koloni sehat. Rahasia keberhasilan modul honai terletak pada material dan teksturnya. Dibuat dari beton atau konkrit dengan permukaan

keras dan kasar, modul ini menciptakan kondisi ideal bagi planula untuk menempel. Tekstur tersebut memberikan pegangan yang kuat, mengurangi risiko lepas akibat arus, sekaligus menyediakan celah-celah kecil yang melindungi planula dari gangguan predator atau gesekan sedimen.

Penelitian oleh Willis dan Oliver (1988) memperkuat temuan ini. Mereka menjelaskan bahwa planula memiliki kemampuan untuk mengenali dan memilih substrat yang sesuai sebelum menetap dan memulai pertumbuhan polip baru.

a) Permukaan yang kasar

Planula karang dilengkapi dengan sel khusus yang disebut nematosista (nematocyst), yang mampu mengeluarkan jarum-jarum mikroskopis. Struktur ini membantu mereka mencengkeram permukaan yang tidak rata. Tekstur kasar memberi lebih banyak titik pegangan, sehingga planula tidak mudah terlepas oleh arus laut.

b) Permukaan yang keras

Pertumbuhan koloni karang membutuhkan fondasi yang kokoh. Substrat keras seperti batu karang mati, beton, atau struktur buatan mampu menopang kerangka kalsium karbonat yang dibentuk polip karang seiring pertumbuhannya.

c) Permukaan yang bersih

Planula karang enggan menempel pada permukaan yang sudah ditempati organisme lain, seperti alga atau lapisan bakteri. Lapisan biofilm yang tebal dapat mengganggu penempelan, bahkan memicu kematian planula sebelum mereka sempat berkembang.

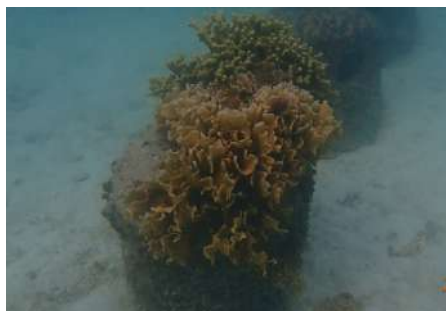
d) Permukaan yang memiliki variasi warna

Menariknya, beberapa studi menunjukkan bahwa planula memiliki preferensi terhadap substrat dengan warna bervariasi. Perbedaan warna dapat berperan sebagai sinyal visual atau memengaruhi suhu mikro pada permukaan, sehingga memengaruhi tingkat keberhasilan penempelan.

Perjalanan awal kehidupan karang dimulai dengan terjadinya pelepasan sel telur dan

sperma dari polip karang ke kolom air. Peristiwa ini, yang sering disebut *spawning*, menciptakan pemandangan seperti hujan partikel berwarna di laut. Begitu bertemu di perairan, sel telur dan sperma saling membuahi, membentuk zigot. Zigot ini kemudian mengalami serangkaian pembelahan sel hingga menjadi larva yang disebut planula. Proses pemilihan substrat ini sangat krusial. Ketika planula menemukan permukaan yang sesuai, ia akan melepaskan senyawa perekat yang disebut "silika" untuk menempel dengan kuat pada substrat tersebut. Setelah itu, planula mulai bermetamorfosis menjadi polip, organisme kecil yang menjadi fondasi kehidupan terumbu karang. Seiring waktu, polip inilah yang akan tumbuh menjadi karang dewasa. Setiap polip memiliki kerangka luar yang terbuat dari kalsium karbonat (CaCO_3), material keras yang membentuk struktur kokoh terumbu. Kerangka ini tidak statis, ia akan terus bertambah seiring pertumbuhan polip, lapis demi lapis, seperti batu bata yang disusun tanpa henti oleh arsitek mikroskopis. Pada beberapa spesies, polip dapat membentuk koloni besar dan kompleks yang menyerupai kota bawah laut. Struktur ini menjadi rumah bagi ribuan organisme laut lainnya, dari ikan kecil hingga invertebrata, sekaligus berperan penting sebagai pelindung garis pantai dari gelombang besar. Dengan demikian, polip bukan hanya "batu hidup", tetapi arsitek utama ekosistem laut tropis.

Penemuan **genus karang baru** yang tumbuh alami pada modul honai di Gugus Karang Pulau Biawak menjadi bukti nyata bahwa **substrat modul honai** menyediakan kondisi ideal bagi planula untuk menempel dan berkembang. Artinya, struktur ini tidak hanya berfungsi sebagai media transplantasi karang, tetapi juga sebagai titik kolonisasi alami yang mendukung regenerasi terumbu secara berkelanjutan. Hasil ini membuktikan bahwa inovasi teknologi dan mekanisme ekologis dapat berjalan beringan, menghadirkan solusi rehabilitasi terumbu karang yang berkelanjutan dan selaras dengan proses alam. Dokumentasi foto *Pavona* dan *Pocillopora* yang ditemukan di modul honai ditampilkan pada **Gambar 7.2**.



Pavona sp.

Pocillopora sp.

Gambar 7. 2 Genus Karang yang Hidup Secara Alami di Modul Honai



Stylophora sp.

Porites sp.

Gambar 7. 3 Genus Hasil Transplantasi pada Modul Honai



Gambar 7. 4 Acropora yang Tumbuh Menjulangi di Modul Honai Hasil Kegiatan Transplantasi Terumbu Karang di Gugus Karang Pulau Biawak

7.1.2 Peningkatan Jumlah Spesies Ikan Karang

Pertambahan jumlah genus karang di lokasi transplantasi bukan hanya kabar baik bagi ekosistem karang itu sendiri, tetapi juga bagi penghuni laut lainnya. Struktur karang yang semakin beragam menciptakan habitat yang nyaman bagi berbagai spesies ikan, menyediakan tempat berlindung sekaligus sumber makanan yang melimpah. Hasil penelitian yang dilakukan Fadli *et al.* (2012) membuktikan bahwa jumlah spesies ikan karang meningkat seiring bertambahnya usia terumbu buatan. Terumbu berumur satu tahun rata-rata dihuni oleh $3,2 \pm SE$

0,7 spesies ikan, sementara pada usia tiga tahun, jumlahnya melonjak menjadi $7,4 \pm SE$ 1,2 spesies. Artinya, setiap tahun tambahan usia terumbu memberikan peluang lebih besar bagi keanekaragaman hayati untuk berkembang. Di Gugus Karang Pulau Biawak, data menunjukkan pola serupa yang mana pada awal inovasi transplantasi menggunakan modul honai di tahun 2017, tercatat hanya terdapat 19 spesies ikan karang di lokasi sekitar. Namun, seiring perbaikan habitat, jumlah ini meningkat secara konsisten sekitar 1–2 spesies tiap tahun, hingga mencapai 30 spesies pada tahun 2023.



Chelmon rostratus



Pomacentrus moluccensis



Amphiprion clarkii



Abudefduf sexfasciatus

Gambar 7. 5 Beberapa Jenis Ikan Karang yang Ditemukan di Sekitar Lokasi Transplantasi di Gugus Pulau Biawak

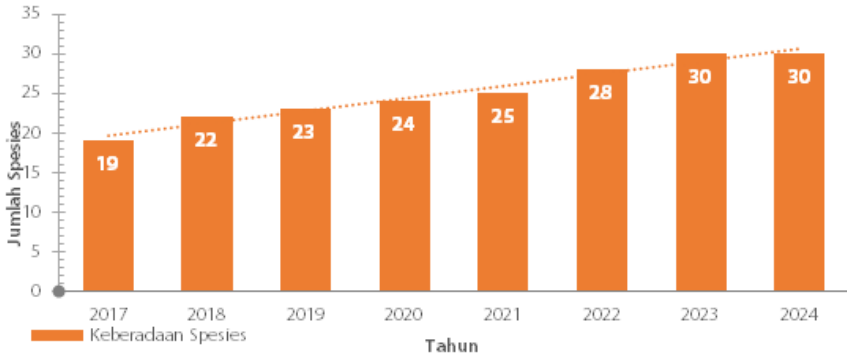


Gambar 7. 6 Kawanan Ikan Karang yang Ditemukan di Sekitar Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak

Setiap karang baru yang tumbuh seolah mengirimkan undangan tak kasat mata kepada ikan-ikan di perairan sekitar, memanggil mereka kembali untuk menjadikan terumbu sebagai rumah. Modul honai berperan sebagai "pionir" yang menancapkan fondasi bagi koloni karang baru, menciptakan habitat transisi yang perlahan berubah menjadi ekosistem matang. Di antara

celah-celahnya kini bersembunyi ikan-ikan berwarna cerah seperti *Chaetodon* sp. (ikan kepe-kepe) yang dikenal sensitif terhadap kualitas habitat, menjadi penanda alam bahwa ekosistem sedang menuju pemulihan. Pada waktu tertentu, dapat pula dijumpai ikan-ikan herbivora seperti *Pomacentrus* sp. (ikan betok) yang membantu mengendalikan pertumbuhan alga, atau predator kecil yang

berperan dalam menjaga keseimbangan populasi. Kecenderungan jumlah spesies ikan karang di lokasi transplantasi Gugus Karang Pulau Biawak ditampilkan pada **Gambar 7.7**.



Gambar 7. 7 Peningkatan Jumlah Spesies Ikan Karang di Lokasi Transplantasi Gugus Karang Pulau Biawak tahun 2017–2024

Keanekaragaman spesies ini tidak hanya bermakna ekologis, tetapi juga menjadi bukti visual yang kuat tentang keberhasilan rehabilitasi terumbu karang. Tabel yang menyajikan daftar spesies ikan karang di lokasi transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak menjadi semacam "buku tamu" ekosistem (**Tabel 7.2**), menunjukkan bahwa kawasan ini kembali ramai oleh penghuni lama yang pernah menghilang, dan bahkan kedatangan pendatang baru yang sebelumnya jarang terlihat. Proses ini menegaskan satu hal penting:

"memperbaiki karang bukan hanya membangun kembali struktur fisiknya, melainkan menghidupkan kembali denyut kehidupan di seluruh ekosistem laut."

Tabel 7. 2 Peningkatan Jumlah Spesies Ikan Karang Periode Tahun 2017–2024 di Lokasi Transplantasi Gugus Karang Pulau Biawak

No	Spesies	Nama Lokal/ Dagang	Keberadaan Spesies							
			2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1	<i>Abudefduf sexfasciatus</i>	Ikan zebra	1	1	1	1	1	1	1	1
2	<i>Abudefduf vaigiensis</i>	Ikan betok laut	-	-	-	-	-	1	1	1
3	<i>Amblyglyphidodon curacao</i>	Ikan padi-padi	1	1	1	1	1	1	1	1
4	<i>Amphiprion clarkii</i>	Ikan giru ekor kuning	1	-	1	1	1	1	1	1
5	<i>Caesio teres</i>	Ikan ekor kuning	1	1	1	1	1	1	1	1
6	<i>Chaetodon baronessa</i>	Ikan kepe-kepe merak ekor kuning	1	-	1	1	1	1	1	1
7	<i>Chaetodon octofasciatus</i>	Ikan kepe-kepe garis	1	1	1	1	1	1	1	1
8	<i>Chaetodontoplus mesoleucus</i>	Ikan kepe-kepe biru kuning	1	1	1	1	1	1	1	1
9	<i>Cheilinus fasciatus</i>	Ikan keling dada merah	1	1	-	-	-	-	1	1

No	Spesies	Nama Lokal/ Dagang	Keberadaan Spesies							
			2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
10	<i>Chelmon rostratus</i>	Ikan bagang	-	-	-	-	-	-	1	1
11	<i>Chlorurus sordidus</i>	Ikan kakaktua	1	1	1	1	1	1	-	-
12	<i>Choerodon anchorago</i>	Ikan kakapan	1	-	-	-	-	1	1	1
13	<i>Chromis viridis</i>	Ikan betook hijau/ jae-jae	1	1	1	1	1	1	1	1
14	<i>Chrysiptera rex</i>	ikan kupu-kupu	1	1	1	1	1	1	1	1
15	<i>Dascyllus reticulatus</i>	Ikan dakocan putih	-	1	1	1	1	-	-	-
16	<i>Diproctacanthus xanthurus</i>	Ikan dokter	-	1	-	-	-	1	1	1
17	<i>Dischistodus perspicillatus</i>	Ikan bombin tanda putih	1	1	1	1	1	1	1	1
18	<i>Dischistodus prosopotaenia</i>	Ikan bombin tanda madu	1	1	1	1	1	1	1	1
19	<i>Epibulus insidiator</i>	Ikan nuri hidup	-	1	1	1	1	1	1	1
20	<i>Halichoeres chloropterus</i>	Ikan keling hijau	-	1	1	1	1	1	1	1
21	<i>Halichoeres dussumieri</i>	Ikan bayeman	-	1	-	-	-	1	1	1
22	<i>Halichoeres hortulanus</i>	Ikan keeling perak	-	-	-	-	-	-	-	-
23	<i>Halichoeres melanochir</i>	Ikan wrasses tempat dada	-	-	-	1	1	1	1	1
24	<i>Heniochus varius</i>	Ikan layaran coklat	-	-	-	-	-	-	1	1
25	<i>Labroides dimidiatus</i>	Ikan keling pembersih	1	1	1	1	1	1	1	1
26	<i>Lutjanus decussatus</i>	Ikan menggaru	-	1	1	1	1	1	1	1
27	<i>Neoglyphidodon crossi</i>	Ikan manukan	1	-	1	1	1	1	1	1
28	<i>Neoglyphidodon melas</i>	Ikan manukan dasi	-	-	-	-	-	1	1	1
29	<i>Pomacentrus chrysurus</i>	Ikan berisisip kipas	-	-	-	-	-	-	-	-
30	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	Ikan betok laut	-	-	1	1	1	1	1	1
31	<i>Pterocaesio tessellatus</i>	Ikan lalosi	-	1	1	1	1	1	1	1
32	<i>Scarus dimidiatus</i>	Ikan kakatu	1	-	-	-	1	-	-	-
33	<i>Scarus flavipectoralis</i>	Ikan kakatua sirip kuning	-	1	1	1	1	1	1	1
34	<i>Scarus quoyi</i>	Kerotong, Angke, Bayan, Perencong	1	1	1	1	1	1	1	1
35	<i>Thalassoma lunare</i>	Ikan becok bulan	1	1	1	1	1	1	1	1
Keberadaan Spesies			19	22	23	24	25	28	30	30

Keterangan : (1) : ditemukan (-) : tidak ditemukan

7.1.3 Peningkatan Jumlah Spesies Biota Asosiasi Karang Lainnya

Jumlah spesies biota asosiasi karang lainnya yang ditemukan pada Tahun 2024 di lokasi transplantasi Gugus Karang Pulau Biawak adalah 10 spesies. Spesies biota asosiasi karang lainnya yang ditemukan Tahun 2017 hingga Tahun 2024 relatif selalu mengalami peningkatan. Jumlah spesies biota asosiasi karang lainnya yang ditemukan pada tahun 2017 hanya terdapat 4 spesies. Hasil monitoring terakhir di tahun 2024 menemukan 10 spesies biota asosiasi karang lainnya di lokasi Gugus Karang Pulau Biawak. Data ini menunjukkan adanya tren positif, karena sejak tahun 2017 hingga 2024 jumlah spesies tersebut relatif selalu mengalami peningkatan secara bertahap. Kehadiran biota asosiasi, menjadi indikator penting bahwa ekosistem terumbu karang hasil transplantasi tidak hanya mendukung kehidupan ikan, tetapi juga menciptakan ruang hidup bagi organisme

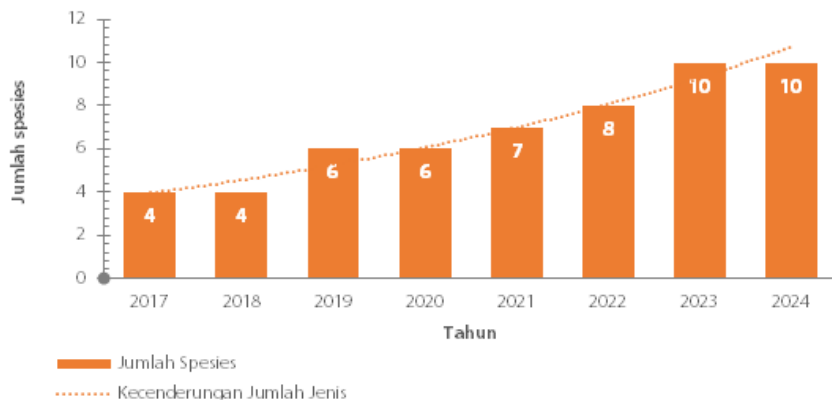
lain yang memiliki peran fungsional dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Spesies spesies biota asosiasi karang lainnya di lokasi transplantasi Gugus Karang Pulau Biawak ditampilkan pada **Tabel 7.3**.

Meningkatnya jumlah spesies biota asosiasi karang lainnya di lokasi transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak merupakan dampak positif dari adanya kegiatan transplantasi terumbu karang di lokasi tersebut. Menurut Haris dan Nel (2018), terumbu karang yang sehat dan pulih memiliki produktivitas yang tinggi, menghasilkan organisme planktonik dan partikel-partikel organik kecil yang menjadi sumber makanan bagi makrozoobenthos. Dengan memulihkan terumbu karang, sumber daya makanan dapat meningkat, mendukung pertumbuhan dan kelimpahan makrozoobenthos.

Tabel 7. 3 Komposisi Jumlah Spesies Biota Asosiasi Karang Lainnya di Lokasi Transplantasi Karang di Gugus Karang Pulau Biawak

No	Spesies	Keberadaan Spesies							
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
1	<i>Balanomorpha sp</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
2	<i>Calyptraea sp</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
3	<i>Ciprea sp</i>	-	-	1	1	1	1	1	1
4	<i>Culcita sp</i>	-	-	-	-	-	-	1	1
5	<i>Diadema antillarum</i>	1	-	-	-	-	1	1	1
6	<i>Didemnum sp</i>	1	1	1	1	1	1	1	1
7	<i>Harpago sp</i>	-	1	1	1	1	1	1	1
8	<i>Pinctada sp</i>	-	-	1	1	1	1	1	1
9	<i>Tridacna sp</i>	-	-	-	-	-	-	1	1
10	<i>Trochus sp</i>	-	-	-	-	1	1	1	1
Jumlah spesies		4	4	6	6	7	8	10	10

Keterangan : (1) : ditemukan (-) : tidak ditemukan (*) : baseline



Gambar 7. 8 Peningkatan Jumlah Spesies Biota Asosiasi Karang Lain di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Pulau Biawak pada Tahun 2017 hingga Tahun 2024



Culcita sp. (bintang laut)



Didemnum sp.

Gambar 7. 9 Beberapa Jenis Asosiasi Karang Lain yang Ditemukan di Sekitar Lokasi Transplantasi di Gugus Pulau Biawak

7.2 Inovasi Modul Paranje di Gugus Karang Sendulang

7.2.1 Peningkatan Genus Karang Transplan

Genus terumbu karang merupakan klasifikasi ilmiah yang digunakan untuk mengelompokkan beragam jenis terumbu karang berdasarkan karakteristik morfologi dan genetik yang serupa. Adapun genus terumbu karang yang ditransplan dalam program ini di Gugus Karang Sendulang meliputi tiga kelompok utama, yaitu *Acropora*, *Porites*, dan *Stylophora*. Genus *Acropora* dikenal memiliki pertumbuhan yang relatif cepat serta berperan penting dalam membentuk struktur kompleks terumbu karang. Sementara itu, genus *Porites* merupakan karang masif yang lebih tahan terhadap tekanan lingkungan dan berperan sebagai penyedia stabilitas ekosistem. Sedangkan *Stylophora*, dengan bentuk percabangan yang khas, mampu menciptakan mikrohabitat yang ideal bagi berbagai biota laut asosiasi. Jumlah fragmen dari masing-masing genus yang ditransplan selama program berlangsung disajikan pada **Tabel 7.4**, yang menggambarkan upaya sistematis dalam menjaga keseimbangan antara karang bercabang cepat tumbuh dan karang masif yang lebih tahan lama, sehingga menciptakan ekosistem yang lebih resilien terhadap perubahan lingkungan laut.

Tabel 7. 4 Jumlah Fragmen Dari Masing-Masing Genus yang Ditransplan Selama Program Berlangsung

No	Genus	Jumlah	Satuan
1	<i>Acropora</i>	1.314	fragmen
2	<i>Porites</i>	26	fragmen
3	<i>Stylophora</i>	32	fragmen
Jumlah		1.372	fragmen

Genus karang yang paling banyak ditransplantasi dalam program OTAK JAWARA di Gugus Karang Sendulang adalah *Acropora*, dengan total sebanyak 1.314 fragmen. Genus *Acropora* merupakan salah satu genus karang yang paling beragam dan paling banyak ditemukan di ekosistem terumbu karang tropis. Karang ini memiliki bentuk

morfologi yang sangat bervariasi, mulai dari percabangan menyerupai pohon, bentuk pipih menyerupai meja (*table coral*), hingga struktur silindris mirip pipa. Karakteristik utama *Acropora* adalah laju pertumbuhan yang relatif cepat dibandingkan genus karang lainnya, sehingga berperan penting dalam mempercepat proses rehabilitasi habitat laut. Selain itu, *Acropora* cenderung mendominasi bagian atas terumbu karang dan berkontribusi besar dalam membentuk struktur tiga dimensi yang kompleks, yang pada gilirannya menyediakan ruang hidup dan tempat berlindung bagi berbagai jenis ikan serta biota asosiasi karang (Dubinsky, 2011). Oleh karena itu, pemilihan *Acropora* sebagai genus utama dalam kegiatan transplantasi tidak hanya strategis untuk mempercepat pemulihan ekosistem, tetapi juga untuk mengembalikan fungsi ekologis terumbu karang secara optimal.

Kecepatan pertumbuhan karang bervariasi dan tergantung bentuk koloni. Jenis karang dalam bentuk *massive* hanya memiliki kecepatan pertumbuhan diameter sekitar 2 cm/tahun, sementara untuk pertumbuhan ke atas hanya kurang dari 1 cm/tahun. Pertumbuhan yang relatif cepat dimiliki karang dengan genus *Acropora*, dimana kelompok genus ini bisa tumbuh sekitar 5 sampai 10 cm/tahun atau lebih. Kecepatan pertumbuhan karang termasuk lambat dan sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan dimana karang tersebut berada (Veron, 2000).

Kecepatan pertumbuhan karang sangat bervariasi dan dipengaruhi oleh bentuk koloni serta kondisi lingkungannya. Karang dengan bentuk *massive* umumnya memiliki laju pertumbuhan yang relatif lambat, yaitu hanya sekitar 2 cm/tahun pada diameter dan kurang dari 1 cm/tahun pada pertumbuhan vertikal. Sebaliknya, genus *Acropora* dikenal memiliki laju pertumbuhan yang jauh lebih cepat, yakni dapat mencapai 5–10 cm/tahun atau lebih, tergantung kondisi lingkungan perairan. Pertumbuhan karang pada dasarnya dikategorikan sebagai pertumbuhan lambat bila dibandingkan dengan organisme laut lain, karena sangat dipengaruhi oleh

faktor lingkungan (Veron, 2000), seperti ketersediaan cahaya, kualitas air, suhu, arus, serta interaksi dengan organisme lain. Dengan demikian, keberhasilan program transplantasi karang tidak hanya ditentukan oleh teknik dan inovasi modul yang digunakan, tetapi juga sangat bergantung pada kesesuaian kondisi lingkungan perairan tempat transplantasi dilakukan.

Selain *Acropora*, genus karang lain yang ditransplantasi dalam kegiatan rehabilitasi di Gugus Karang Sendulang adalah *Porites* dan *Stylophora*. Karang dari genus *Porites* umumnya memiliki bentuk bulat atau tumpul dengan struktur yang padat dan kokoh. Pertumbuhannya relatif lambat, namun beberapa spesies *Porites* mampu membentuk koloni besar yang berperan sebagai fondasi penting dalam menopang stabilitas ekosistem terumbu karang (Dubinsky, 2011). Pada kegiatan transplantasi ini, jumlah fragmen *Porites* yang berhasil ditanam adalah sebanyak 26 fragmen.

7.2.2 Peningkatan Jumlah Spesies Ikan Karang

Jumlah spesies ikan karang yang ditemukan pada tahun 2024 di lokasi transplantasi Gugus Karang Sendulang tercatat sebanyak 15 spesies. Jumlah ini menunjukkan adanya tren peningkatan yang konsisten dibandingkan dengan tahun-tahun sebelumnya, yaitu 8 spesies pada tahun 2022 dan 12 spesies pada tahun 2023. Pertambahan jumlah spesies dalam kurun waktu dua tahun terakhir ini menjadi indikator kuat bahwa program rehabilitasi karang melalui transplantasi berhasil menciptakan habitat yang layak huni bagi berbagai ikan karang.

Secara ekologis, tren ini juga penting sebagai penanda bahwa ekosistem hasil transplantasi mulai berfungsi mendekati kondisi alami. Kehadiran spesies ikan karang dalam jumlah yang semakin banyak memberi kontribusi dalam menjaga siklus energi dan materi di dalam ekosistem, sehingga meningkatkan daya dukung kawasan secara keseluruhan.



Chaetodon octofasciatus



Chelmon rostratus



Platax boersii

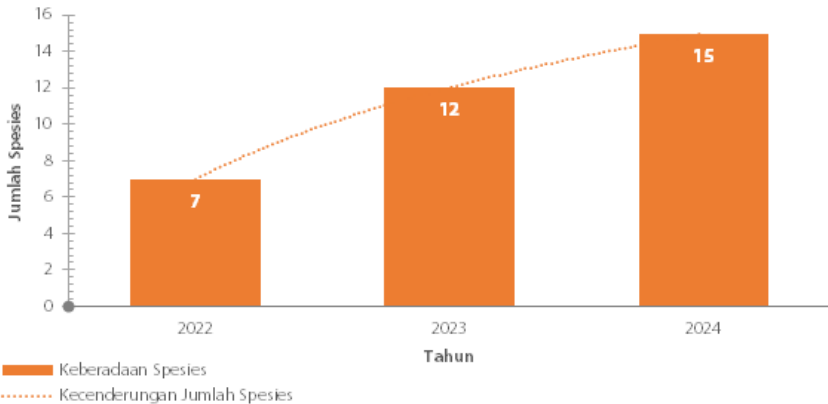


Siganus javus

Gambar 7. 10 Beberapa Spesies Ikan Karang yang Ditemukan di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang

Meningkatnya jumlah spesies ikan karang di lokasi transplantasi di Gugus Karang Sendulang merupakan dampak positif dari adanya kegiatan transplantasi terumbu

peningkatan. Spesies spesies biota asosiasi karang lainnya di lokasi transplantasi di Gugus Karang Sendulang ditampilkan pada **Tabel 7.5**.



Gambar 7. 11 Peningkatan Jumlah Spesies Ikan Karang di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang pada Tahun 2022 sampai Tahun 2024

karang di lokasi tersebut (**Gambar 7.10**). Terumbu karang memegang peranan penting dalam ekosistem laut, berfungsi secara fisik sebagai pemecah ombak dan secara ekologis sebagai habitat bagi berbagai biota laut (Rumkorem, Kurnia dan Yulianda, 2019). Menurut Rinkevich (2014), transplantasi terumbu karang adalah salah satu teknik rehabilitasi terumbu karang yang bertujuan untuk meningkatkan keanekaragaman ikan karang dan ekosistem terumbu karang. Dampak positif dari transplantasi terumbu karang terhadap keanekaragaman ikan karang mencakup meningkatkan habitat ikan karang, peningkatan sumber makanan, meningkatkan kemungkinan penyelamatan spesies, dan pemulihan struktur ekosistem. Grafik perbandingan jumlah spesies ikan pada Tahun 2022 dan 2024 ditampilkan pada **Gambar 7.11**.

7.2.3 Peningkatan Jumlah Spesies Biota Asosiasi Karang Lainnya

Jumlah spesies biota asosiasi karang lainnya yang ditemukan pada Tahun 2024 di lokasi transplantasi Gugus Karang Sendulang adalah 8 spesies. Spesies biota asosiasi karang lainnya yang ditemukan pada Tahun 2022 hingga Tahun 2024 mengalami

Tabel 7. 5 Komposisi Jumlah Spesies Biota Asosiasi Karang Lainnya di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang

No	Spesies	Keberadaan Spesies		
		2022	2023	2024
1	<i>Diadema antillarum</i>	1	1	1
2	<i>Balanomorph</i> sp.	-	1	1
3	<i>Calyptrea</i> sp.	-	1	1
4	<i>Heteractis</i> sp.	1	1	1
5	<i>Thalamita</i> sp.	1	1	1
6	<i>Culcita</i> sp.	-	1	1
7	<i>Conus</i> sp.	-	1	1
8	<i>Dardanus</i> sp.	1	1	1
9	<i>Echinothrix calamaris</i>	-	-	1
10	<i>Mespilia globulus</i>	-	-	1
Jumlah spesies		4	8	10

Keterangan :

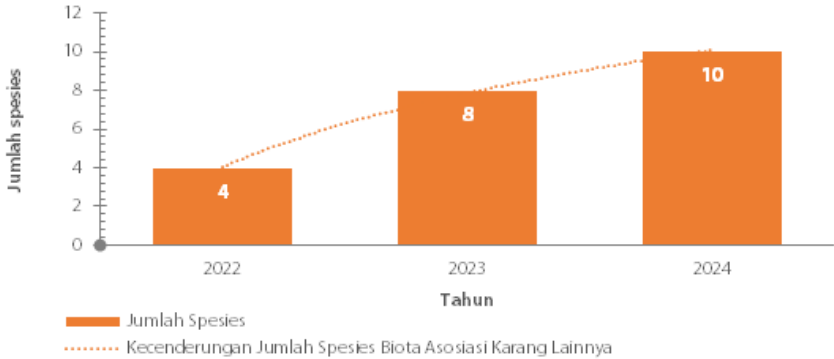
(1) : ditemukan

(-) : tidak ditemukan

Nama Spesies (Bold) : Spesies baru pada Tahun 2024

Meningkatnya jumlah spesies biota asosiasi karang lainnya di lokasi transplantasi di Gugus Karang Sendulang merupakan dampak positif dari adanya kegiatan transplantasi terumbu karang di lokasi tersebut.

yang paling nyata adalah meningkatnya kesadaran lingkungan di kalangan masyarakat pesisir, pemangku kepentingan lokal, hingga generasi muda. Keterlibatan masyarakat dalam proses transplantasi



Gambar 7. 12 Peningkatan Jumlah Spesies Biota Asosiasi Karang Lainnya di Lokasi Transplantasi di Gugus Karang Sendulang pada Tahun 2022 sampai Tahun 2024

Program Tranplantasi terumbu karang oleh PHE ONWJ Terbukti dapat memperbaiki kondisi ekosistem. Berdasarkan data Zuhri *et al.* (2023), kondisi terumbu karang di Gugus karang Sendulang mengalami penurunan kualitas, pada Tahun 2019, persentase tutupan *hard coral* di Gugus karang Sendulang adalah sebesar 25% kemudian menurun pada Tahun 2021 menjadi 8%. Berdasarkan penelitian Chemello *et al* (2022) Transplantasi terumbu karang dapat meningkatkan keanekaragaman hayati makrozoobenthos. Hal ini karena terumbu karang yang sehat menyediakan habitat yang kaya akan makanan dan perlindungan bagi berbagai spesies makrozoobenthos. Grafik perbandingan jumlah spesies biota asosiasi karang lainnya pada Tahun 2022 dan Tahun 2024 ditampilkan pada **Gambar 7.12**.

7.3 Dampak Sosial

Program rehabilitasi terumbu karang yang dilakukan di Gugus Karang Pulau Biawak maupun Sendulang tidak hanya berdampak pada aspek ekologi, tetapi juga membawa pengaruh yang signifikan terhadap masyarakat sekitar. Salah satu dampak sosial

karang, pemantauan ekosistem, hingga kegiatan sosialisasi membuat mereka tidak hanya menjadi penonton, tetapi juga aktor utama dalam upaya konservasi.

Partisipasi aktif masyarakat tersebut telah menumbuhkan rasa memiliki (*sense of belonging*) terhadap ekosistem laut di sekitarnya. Nelayan, misalnya, mulai menyadari bahwa menjaga terumbu karang sama artinya dengan menjaga keberlanjutan sumber daya ikan yang menjadi sandaran hidup mereka. Sementara itu, kelompok masyarakat desa mendapatkan pengalaman langsung dalam teknik transplantasi karang, monitoring biota, serta praktik ilmiah sederhana yang biasanya hanya ditemui dalam ranah akademis. Dengan demikian, program ini berfungsi sekaligus sebagai wahana edukasi lingkungan berbasis praktik lapangan.

Selain itu, kegiatan penyuluhan dan pelatihan yang terintegrasi dalam program konservasi telah mendorong peningkatan literasi lingkungan masyarakat. Kegiatan diskusi, pelatihan dan demonstrasi transplantasi karang berhasil menjembatani ilmu pengetahuan dengan praktik lokal,

menjadikan isu konservasi bukan lagi topik abstrak, tetapi sesuatu yang dekat dengan kehidupan sehari-hari. Anak muda yang diajak untuk terlibat dalam kegiatan kunjungan lapangan dan edukasi lingkungan juga mendapat pengalaman langsung tentang pentingnya menjaga laut, sehingga tumbuh generasi baru yang lebih peduli terhadap keberlanjutan ekosistem.

Tidak kalah penting, keberhasilan program ini juga memperkuat kolaborasi antar pihak mulai dari komunitas konservasi, pemerintah daerah, hingga sektor swasta dalam mengembangkan model pengelolaan lingkungan berbasis partisipasi. Kolaborasi ini menciptakan ruang dialog dan pembelajaran bersama, sehingga memperkuat jejaring sosial dan memperluas dampak program di luar wilayah lokasi transplantasi. Dengan demikian, dampak sosial dari program rehabilitasi karang tidak hanya berhenti pada terjaganya ekosistem, tetapi juga menciptakan transformasi pengetahuan, sikap, dan perilaku masyarakat. Peningkatan kesadaran dan edukasi lingkungan menjadi modal sosial yang sangat penting untuk keberlanjutan jangka panjang, karena ekosistem yang sehat hanya dapat tercapai bila dijaga bersama oleh masyarakat yang memiliki kesadaran ekologis tinggi.

7.4 Perbandingan Dampak

Jika dibandingkan dengan lokasi transplantasi lainnya, yakni Gugus Karang Pulau Biawak, pola peningkatan jumlah spesies ikan karang di Gugus Karang Sendulang menunjukkan tren serupa. Di Pulau Biawak, jumlah spesies ikan karang yang teridentifikasi sejak awal kegiatan transplantasi pada tahun 2017 adalah sekitar 19 spesies, dan terus mengalami peningkatan bertahap setiap tahunnya hingga mencapai 30 spesies pada tahun 2023. Tren ini memperlihatkan bahwa semakin lama terumbu hasil transplantasi berkembang, semakin tinggi pula daya tariknya bagi ikan karang untuk menetap dan membentuk komunitas yang lebih beragam.

Sementara itu, di Gugus Karang Sendulang, jumlah spesies ikan karang juga menunjukkan pertumbuhan positif dari 8 spesies pada

tahun 2022, meningkat menjadi 12 spesies pada tahun 2023, dan bertambah lagi menjadi 15 spesies pada tahun 2024. Meski berbeda dalam skala waktu, kedua lokasi transplantasi tersebut menegaskan satu pola yang sama, yaitu bahwa kompleksitas struktur habitat karang yang terbentuk dari hasil rehabilitasi memiliki korelasi langsung dengan meningkatnya jumlah spesies ikan karang.

Perbandingan ini menegaskan bahwa keberhasilan program transplantasi karang tidak hanya terbatas pada satu lokasi, tetapi juga dapat direalisasikan di wilayah lain dengan hasil yang konsisten, meskipun dilakukan dengan metode yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa prinsip dasar rehabilitasi karang yaitu menciptakan struktur habitat baru yang mampu mendukung pertumbuhan koloni karang dan menarik kembali ikan serta biota asosiasi dapat diterapkan secara fleksibel sesuai dengan kondisi lingkungan setempat. Keberhasilan di Gugus Karang Pulau Biawak yang menggunakan modul honai, maupun di Gugus Karang Sendulang dengan pendekatan berbeda, sama-sama membuktikan bahwa upaya konservasi berbasis transplantasi mampu memulihkan fungsi ekologis terumbu karang secara nyata.

Lebih jauh, hasil yang konsisten di kedua lokasi tersebut menegaskan bahwa intervensi manusia melalui teknik transplantasi tidak hanya bersifat sementara, melainkan dapat menjadi pemicu terbentuknya ekosistem baru yang berkelanjutan. Pulau Biawak memperlihatkan bagaimana tren peningkatan spesies ikan karang terjadi secara bertahap selama lebih dari enam tahun, sementara Sendulang menunjukkan pola percepatan pemulihan dalam kurun waktu yang lebih singkat. Dengan demikian, kedua lokasi ini dapat dijadikan model referensi keberhasilan bagi program rehabilitasi karang di kawasan perairan Indonesia lainnya, sekaligus sebagai inspirasi bahwa konservasi laut dapat berjalan efektif apabila dilaksanakan dengan komitmen jangka panjang, adaptasi metode, dan keterlibatan masyarakat.

B A B
08.

Kolaborasi & Partisipasi Masyarakat



8.1 Kegiatan Edukasi Masyarakat

Upaya pelestarian terumbu karang tidak akan berhasil tanpa keterlibatan masyarakat yang tinggal di sekitarnya. Masyarakat lokal adalah garda terdepan yang setiap hari berinteraksi dengan laut, sehingga pengetahuan dan kesadaran mereka menjadi kunci keberhasilan program restorasi. Inilah yang menjadi dasar dilaksanakannya program edukasi masyarakat di Desa Sukakerta Karawang.

Program ini memfasilitasi kerja sama antara lembaga penggiat terumbu karang Pandu Alam Sendulang (PAS), masyarakat Desa Sukakerta, pemerintah setempat, serta dukungan dari pihak PHE ONWJ. Tujuannya sederhana namun penting yaitu melestarikan terumbu karang yang ada, memulihkan ekosistem yang rusak, dan memanfaatkan potensi alam untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat, misalnya melalui kegiatan wisata bahari.

Agar tujuan ini tercapai, proses transfer knowledge dilakukan melalui serangkaian kegiatan yang dirancang terstruktur, meliputi:

a. **Capacity Building**

Pada tahap ini, perwakilan PHE ONWJ memaparkan rencana strategis program transplantasi terumbu karang sebagai sebuah inisiatif yang menggabungkan konservasi laut dengan pemberdayaan ekonomi. Materi tambahan disampaikan oleh para ahli terumbu karang yang menjelaskan tentang fungsi terumbu, ancaman yang dihadapi, dan pentingnya menjaga ekosistem ini.

b. Pelatihan Teknis Pembuatan Media Transplantasi (Paranje)

Salah satu langkah penting dalam restorasi adalah menyiapkan media tempat menempelkan fragmen karang. Media ini disebut paranje, semacam rangka atau substrat buatan yang menjadi “rumah” awal bagi karang muda. Pelatihan ini diikuti oleh anggota penggiat terumbu karang PAS dan warga Desa Sukakarta, sehingga mereka tidak hanya menjadi penonton, tetapi juga pelaku aktif yang terampil membuat dan memasang media transplantasi ini.

c. Pelatihan Teknis Transplantasi Karang

Setelah media siap, langkah berikutnya adalah memindahkan fragmen karang dari lokasi donor ke media transplantasi di lokasi yang telah ditentukan. Teknik ini memerlukan ketelitian dan pengetahuan khusus agar karang tidak rusak. Dalam pelatihan ini, masyarakat diajari langsung di lapangan, mulai dari cara memilih fragmen sehat, proses pengikatan, hingga peletakan yang tepat di dasar laut.

Melalui rangkaian kegiatan ini, diharapkan penggiat terumbu karang Pandu Alam Sendulang (PAS) dapat menjadi pusat pembelajaran dan penggerak konservasi laut di daerahnya. Ke depannya, lokasi transplantasi ini tidak hanya berfungsi sebagai tempat penelitian dan pelestarian, tetapi juga sebagai objek wisata edukasi. Wisatawan bisa diajak menyelam atau snorkeling untuk melihat perkembangan terumbu karang hasil restorasi.

8.2 Peran Nelayan dalam Perlindungan dan Pengawasan Ekosistem Terumbu Karang

Nelayan merupakan garda terdepan dalam menjaga kelestarian ekosistem laut, termasuk terumbu karang. Sebagai kelompok yang sehari-hari berinteraksi langsung dengan laut, nelayan memiliki pengetahuan lokal (*local wisdom*) yang tidak dimiliki oleh pihak lain. Mereka mengetahui titik-titik lokasi terumbu karang yang masih sehat, area yang rusak, serta pola migrasi ikan yang bergantung pada keberadaan terumbu tersebut.

Dalam konteks perlindungan dan pengawasan ekosistem terumbu karang di Desa Sukakarta, Kabupaten Karawang, peran nelayan sangatlah krusial. Melalui program rehabilitasi yang dilakukan, nelayan tidak hanya berfungsi sebagai penerima manfaat, tetapi juga sebagai pengawas dan pelindung. Mereka membantu memastikan area transplantasi terumbu karang tidak terganggu oleh aktivitas yang merusak, seperti penggunaan alat tangkap yang tidak ramah lingkungan atau pembuangan limbah ke laut.

Nelayan juga berperan dalam patroli pengawasan secara berkala, baik secara formal yang difasilitasi oleh program, maupun secara informal saat mereka melaut. Selain itu, keterlibatan nelayan dalam pengawasan menjadi efektif karena adanya rasa memiliki (*sense of belonging*) terhadap ekosistem tersebut. Mereka sadar bahwa keberhasilan program rehabilitasi terumbu karang akan berdampak langsung pada keberlanjutan mata pencaharian mereka di masa depan.

Dengan terlibatnya nelayan, proses rehabilitasi menjadi lebih berkelanjutan, karena mereka mampu mengawasi kondisi lapangan setiap hari. Hubungan harmonis antara pengetahuan tradisional nelayan dan pendekatan ilmiah para ahli membuat upaya pelestarian terumbu karang di Karawang semakin kuat dan berkesinambungan.

8.3 Dukungan Stakeholder Terkait

Keberhasilan program transplantasi terumbu karang di Karawang tidak dapat dicapai tanpa adanya dukungan dari berbagai pihak. Kolaborasi yang terjalin memastikan bahwa setiap pihak dapat menjalankan perannya secara optimal.

- a. **Dinas Perikanan dan Kelautan Provinsi Jawa Barat serta DKP Kabupaten Karawang**
Sebagai pembina program, instansi pemerintah ini memberikan dukungan dalam bentuk pembinaan teknis, perizinan, serta pendampingan regulasi. Mereka memastikan kegiatan transplantasi sesuai dengan kebijakan pengelolaan wilayah pesisir dan laut, termasuk sinkronisasi dengan Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP3K). Dukungan ini penting agar kegiatan konservasi memiliki payung hukum yang jelas dan diakui secara resmi.

- b. **Pusat Penelitian Lingkungan Hidup (PPLH) IPB University.** PHE ONWJ melibatkan akademisi dalam hal ini ahli terumbu karang yang memiliki kompetensi dalam kegiatan transplantasi terumbu karang dari PPLH IPB University. Peran ahli dalam kegiatan ini adalah untuk memastikan program transplantasi dilaksanakan sesuai dengan kaidah ilmu pengetahuan agar keberhasilan program dapat dicapai.

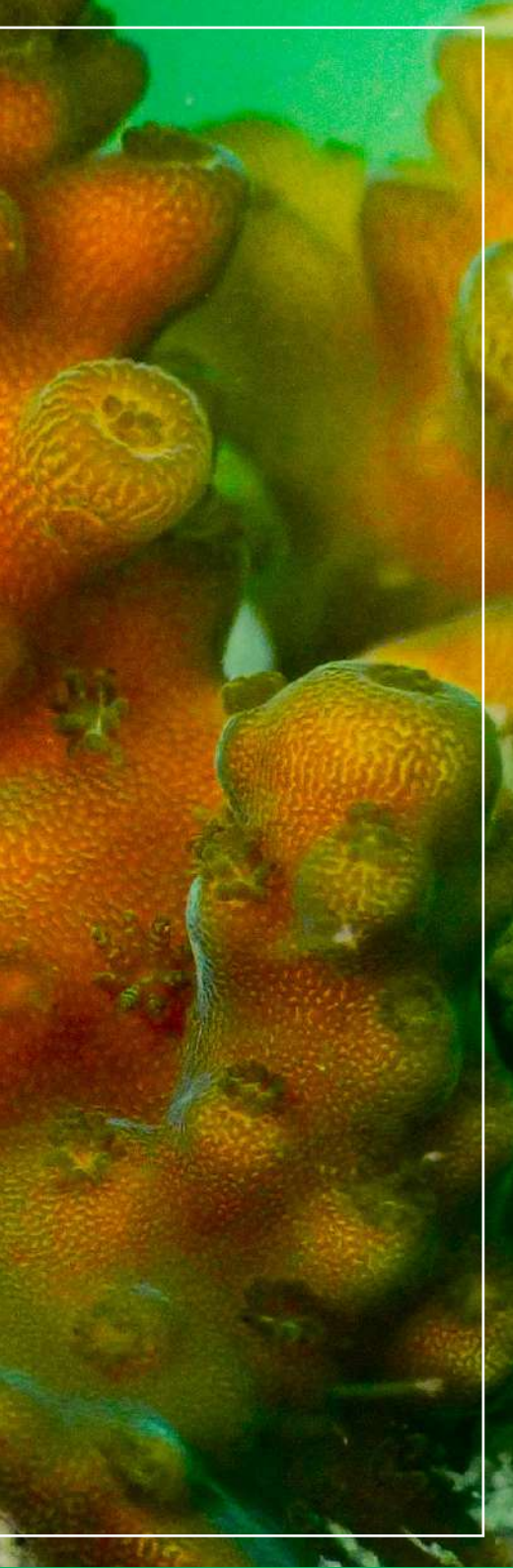
- c. **Masyarakat dan Lembaga Penggiat Terumbu Karang "Pandul Alam Sendulang"**
Lembaga ini merupakan representasi masyarakat pesisir Desa Sukakarta yang secara langsung terlibat dalam proses transplantasi terumbu karang. Mereka menjadi ujung tombak di lapangan, mulai dari persiapan media tanam, pemasangan transplantasi, hingga pemeliharaan rutin. Keterlibatan lembaga ini memastikan bahwa pengetahuan dan keterampilan terkait konservasi dapat diwariskan kepada generasi berikutnya.

Kolaborasi antara pihak swasta, masyarakat, pemerintah, dan akademisi ini menciptakan sinergi yang saling menguatkan. Dengan adanya dukungan dari semua pihak, program transplantasi terumbu karang di Karawang tidak hanya menjadi kegiatan sesaat, tetapi berkembang menjadi gerakan berkelanjutan yang memberi manfaat ekologis, sosial, dan ekonomi bagi masyarakat pesisir.

A vibrant underwater photograph of a coral reef. The scene is dominated by various types of coral, including branching and table corals, in shades of orange, yellow, and green. The water is a clear, bright blue-green. The lighting is bright, creating a high-contrast, almost ethereal atmosphere. The coral structures are intricate and detailed, with many small openings and textures visible.

B A B
09.

Refleksi & Rekomendasi



9.1 Lessons Learned

9.1.1 Pembelajaran dari Aspek Inovasi Teknologi

Program OTAK JAWARA membuktikan bahwa inovasi teknologi yang dikembangkan secara lokal dan disesuaikan dengan kondisi spesifik lokasi memberikan hasil yang lebih optimal dibandingkan adopsi teknologi dari tempat lain. Pengembangan modul honai di Pulau Biawak dan modul paranje di Karawang menunjukkan pentingnya pendekatan *site-specific* dalam desain teknologi restorasi.

Modul honai dengan permukaan keras dan kasar terbukti sangat efektif untuk planulasi alami, sementara modul paranje dengan desain yang lebih kokoh mampu bertahan dalam kondisi perairan dengan sedimentasi tinggi. Kedua inovasi ini tidak hanya berfungsi sebagai substrat transplantasi, tetapi juga sebagai artificial reef yang menyediakan habitat bagi biota laut.

9.1.2 Pembelajaran dari Dampak Positif Lingkungan

- a. Efektivitas Restorasi dalam Meningkatkan Biodiversitas

Berdasarkan monitoring periode 2020-2024, program transplantasi terumbu karang terbukti efektif dalam memulihkan dan meningkatkan keanekaragaman hayati. Peningkatan jumlah spesies ikan karang dan biota asosiasi karang lainnya di kedua lokasi menunjukkan bahwa pendekatan restorasi aktif dapat memberikan hasil yang terukur dalam waktu relatif singkat.

- b. Fenomena Suksesi Alami sebagai Indikator Keberhasilan

Terjadinya suksesi alami dengan munculnya genus *Pavona* dan *Pocillopora* di modul honai Pulau Biawak merupakan pembelajaran penting bahwa restorasi

yang berhasil bukan hanya tentang survival rate karang yang ditransplantasi, tetapi juga kemampuan sistem untuk mendukung regenerasi alami. Ini menunjukkan bahwa ekosistem mulai pulih dan dapat berkembang secara mandiri.

- c. Korelasi Positif antara Restorasi Karang dengan Keanekaragaman Biota

Data monitoring membuktikan korelasi positif yang kuat antara keberhasilan transplantasi karang dengan peningkatan keanekaragaman ikan karang dan biota laut lainnya. Hal ini menegaskan bahwa terumbu karang berfungsi sebagai *ecosystem engineer* yang mempengaruhi struktur dan fungsi seluruh ekosistem laut.

9.1.3 Pembelajaran Positif dari Aspek Masyarakat

- a. Penguatan Kelembagaan Masyarakat

Pembentukan dan pemberdayaan Lembaga Penggiat Konservasi "Pandu Alam Sendulang" (PAS) telah membuktikan bahwa kelembagaan masyarakat yang solid dapat menjadi tulang punggung keberlanjutan program konservasi. PAS tidak hanya berkembang sebagai pelaksana teknis, tetapi juga sebagai agen perubahan yang menggerakkan kesadaran konservasi di tingkat *grassroot*. Kelembagaan yang makin solid ini tercermin dari:

- Peningkatan jumlah anggota aktif PAS
- Kemampuan organisasi dalam mengelola kegiatan secara mandiri
- Peran sebagai pusat pembelajaran bagi masyarakat sekitar
- Kemampuan dalam bermitra dengan berbagai stakeholder

- b. Peningkatan Kesadaran Masyarakat tentang Pentingnya Ekosistem Laut

Terjadi transformasi signifikan dalam cara pandang masyarakat Desa Sukakarta terhadap ekosistem terumbu karang.

Dari yang sebelumnya melihat laut hanya sebagai sumber mata pencaharian, kini masyarakat memahami pentingnya menjaga ekosistem untuk keberlanjutan jangka panjang.

Indikator peningkatan kesadaran ini meliputi:

- Partisipasi aktif masyarakat dalam kegiatan transplantasi dan monitoring
- Inisiatif masyarakat dalam menjaga dan mengawasi area transplantasi
- Berkurangnya aktivitas destruktif seperti penggunaan alat tangkap merusak
- Dukungan terhadap pengembangan wisata bahari berkelanjutan

- c. *Transfer Knowledge* yang Berkelanjutan

Program ini berhasil menciptakan sistem *transfer knowledge* yang tidak hanya bersifat *top-down* dari ahli ke masyarakat, tetapi juga horizontal antar anggota masyarakat. Masyarakat yang telah terlatih kini menjadi trainer bagi warga lain, menciptakan *multiplier effect* dalam penyebaran pengetahuan konservasi.

- d. *Sense of Ownership* yang Kuat

Keterlibatan masyarakat sejak tahap perencanaan hingga implementasi telah menumbuhkan rasa memiliki yang kuat terhadap program dan area konservasi. Hal ini tercermin dari komitmen masyarakat untuk terus menjaga dan mengembangkan program bahkan tanpa supervisi intensif dari pihak luar.

9.1.4 Pembelajaran dari Kolaborasi Multi-Stakeholder

- a. Model *Governance* Kolaboratif yang Efektif

Program ini membuktikan bahwa model kolaborasi yang melibatkan sektor swasta (PHE ONWJ), akademisi (PPLH-IPB), pemerintah (Dinas Perikanan), dan masyarakat (PAS) dapat berjalan efektif dengan pembagian peran yang jelas dan saling melengkapi. Keberhasilan model ini dapat menjadi *template* untuk program konservasi lainnya.

- b. Pentingnya Koordinasi dan Komunikasi Intensif

Koordinasi yang intensif dan komunikasi yang terbuka antar stakeholder menjadi kunci keberhasilan. *Regular meeting*, *site visit* bersama, dan dokumentasi yang transparan membantu menjaga *alignment* tujuan dan ekspektasi semua pihak.

9.2 Apresiasi kepada Pemangku Kepentingan

Keberhasilan Program OTAK JAWARA merupakan hasil kerja keras dan dedikasi dari berbagai pihak yang terlibat dalam model kolaborasi multi-stakeholder. PPLH LRI LPI IPB University telah memberikan kontribusi fundamental dalam aspek ilmiah dan teknis, mulai dari pengembangan metodologi restorasi, inovasi teknologi modul honai dan paranje, hingga pelaksanaan monitoring dan evaluasi yang konsisten. Dedikasi para peneliti dan akademisi IPB University menjadi tulang punggung scientific excellence program ini.

PHE ONWJ sebagai inisiator dan penyanggah dana utama menunjukkan komitmen luar biasa dalam tanggung jawab lingkungan korporat. Dukungan finansial yang konsisten, fasilitas koordinasi antar stakeholder, dan kepercayaan penuh kepada tim teknis serta masyarakat menjadikan PHE ONWJ sebagai motor penggerak konservasi lingkungan yang dapat menginspirasi sektor swasta lainnya.

Dinas Kelautan & Perikanan Provinsi Jawa Barat dan Dinas Perikanan Kabupaten Karawang berperan sangat krusial dalam menciptakan enabling environment melalui kebijakan yang kondusif, fasilitasi perizinan, integrasi dengan kebijakan daerah, serta komitmen untuk mereplikasi program ke wilayah lain. Pemerintah Desa Sukakarta sebagai garda terdepan di tingkat grassroot menunjukkan kepemimpinan visioner dengan dukungan penuh sejak awal inisiasi, alokasi anggaran desa untuk konservasi, dan komitmen menjadikan konservasi sebagai identitas desa.

Kelompok Masyarakat Penggiat Konservasi Pandu Alam Sendulang (PAS) adalah jantung dari program OTAK JAWARA. Dedikasi luar biasa anggota PAS dalam pelaksanaan teknis transplantasi dan monitoring, transformasi dari nelayan menjadi konservasionis handal, serta komitmen menjaga area konservasi membuktikan bahwa masyarakat lokal adalah aktor utama yang paling memahami dan peduli terhadap lingkungan mereka. Masyarakat pesisir dan nelayan Desa Sukakarta secara luas memberikan fondasi sosial program melalui keterbukaan menerima konsep konservasi dan kesediaan mengubah praktik perikanan menjadi lebih berkelanjutan.

Keberhasilan program ini membuktikan bahwa model kolaborasi multi-stakeholder adalah formula tepat untuk konservasi berkelanjutan, di mana setiap stakeholder memiliki peran unik yang saling melengkapi: akademisi menyediakan landasan ilmiah, sektor swasta menyediakan sumber daya dan kapabilitas manajerial, pemerintah menciptakan kebijakan pendukung, organisasi masyarakat sipil menggerakkan aksi konservasi, dan masyarakat menjadi pelaku utama serta penerima manfaat. Model ini dapat menjadi inspirasi bagi program-program konservasi lainnya di Indonesia.

9.3 Saran untuk Keberlanjutan dan Pengembangan Wilayah Lain di Pesisir Karawang

9.3.1 Penguatan Program di Lokasi Existing

- a. Optimalisasi Monitoring dan Evaluasi
 - Implementasi Teknologi Digital: Menggunakan *underwater camera* otomatis dan sensor IoT untuk monitoring real-time kondisi karang dan kualitas air
 - Pengembangan Protokol Monitoring Standar: Menyusun SOP monitoring yang dapat diterapkan secara konsisten

- *Capacity Building* untuk Monitoring: Melatih anggota PAS untuk melakukan monitoring mandiri dengan standar ilmiah
- b. Perluasan Area Transplantasi
- Identifikasi *Site* Potensial: Melakukan survei lanjutan untuk mengidentifikasi lokasi-lokasi potensial di sekitar Gugus Karang Sendulang
 - Diversifikasi Teknologi: Mengembangkan variasi modul paranje sesuai dengan mikro-habitat yang berbeda
 - Integrasi dengan Ekosistem Lain: Mengintegrasikan restorasi terumbu karang dengan restorasi lamun dan mangrove

9.3.2 Ekspansi ke Wilayah Pesisir Lain di Karawang

- a. Pemetaan Potensi Konservasi
- Survei Ekosistem Komprehensif: Melakukan survei menyeluruh terhadap seluruh garis pantai Karawang untuk mengidentifikasi sisa-sisa ekosistem terumbu karang atau area potensial untuk restorasi
 - Penilaian Kondisi Sosial-Ekonomi: Menganalisis kondisi masyarakat pesisir di berbagai wilayah untuk menentukan pendekatan yang tepat
 - Analisis Stakeholder: Mengidentifikasi stakeholder kunci di setiap wilayah dan membangun strategi engagement
- b. Pengembangan Model Replikasi
- Penyusunan *Guidelines*: Mengembangkan panduan teknis untuk replikasi program berdasarkan pembelajaran dari Sendulang
 - *Training of Trainers*: Mempersiapkan anggota PAS Sendulang untuk menjadi *trainer* bagi kelompok masyarakat di wilayah lain
 - *Pilot Project* Bertahap: Melakukan *pilot project* di 2-3 lokasi terpilih sebagai tahap awal ekspansi

9.3.3 Penguatan Kelembagaan dan Kapasitas

- a. Pengembangan Kelembagaan PAS
- Pembentukan Jaringan: Membangun jaringan antar kelompok PAS di berbagai wilayah pesisir Karawang
 - Standardisasi Kapasitas: Mengembangkan standar kompetensi dan sertifikasi untuk anggota PAS
 - *Platform Knowledge Sharing*: Menciptakan *platform* untuk berbagi pengalaman dan *best practices* antar kelompok
- b. Integrasi dengan Kebijakan Daerah
- Sinkronisasi dengan RZWP3K: Memastikan program terintegrasi dengan Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP3K) Kabupaten Karawang
 - Dukungan Regulasi Lokal: Mengadvokasi penyusunan peraturan daerah yang mendukung konservasi terumbu karang
 - Integrasi dengan Program Pemerintah: Menyelaraskan dengan program-program pemerintah daerah lainnya

9.4 Peluang Replikasi Program di Wilayah Pesisir Lain

9.4.1 Identifikasi Wilayah Kerja Potensial PHE ONWJ

- a. Wilayah Prioritas untuk Ekspansi
- Berdasarkan area kerja PHE ONWJ dan potensi ekosistem terumbu karang, beberapa wilayah yang berpotensi untuk duplikasi program antara lain:
- 1) Kabupaten Bekasi
 - Fokus pada wilayah pesisir Kecamatan Muara Gembong dan Tarumajaya
 - Potensi integrasi dengan program restorasi mangrove *existing*
 - Peluang kerjasama dengan komunitas nelayan tradisional

- 2) Kabupaten Subang
 - Area pesisir Blanakan dan Pusanagara yang memiliki potensi karang
 - Kondisi perairan yang relatif lebih jernih dibanding Karawang
 - Dukungan pemerintah daerah yang kuat untuk program konservasi
- 3) Kepulauan Seribu
 - Potensi untuk program skala yang lebih besar
 - Ekosistem terumbu karang yang masih relatif baik
 - Peluang integrasi dengan sektor pariwisata
- 4) *Sustainable Use Zones*: Area pemanfaatan berkelanjutan
 - Pelabuhan ramah lingkungan
 - Industri berkelanjutan
 - Permukiman pesisir berkelanjutan
- b. Sistem Pengelolaan Terpadu
 - *Multi-level Governance*: Integrasi pengelolaan dari tingkat desa hingga regional
 - *Cross-sectoral Coordination*: Koordinasi antar sektor (perikanan, pariwisata, industri, konservasi)
 - *Adaptive Management*: Sistem pengelolaan yang adaptif terhadap perubahan kondisi

9.4.2 Grand Design Konservasi Regional

a. Pengembangan Koridor Konservasi Pantai Utara Jawa

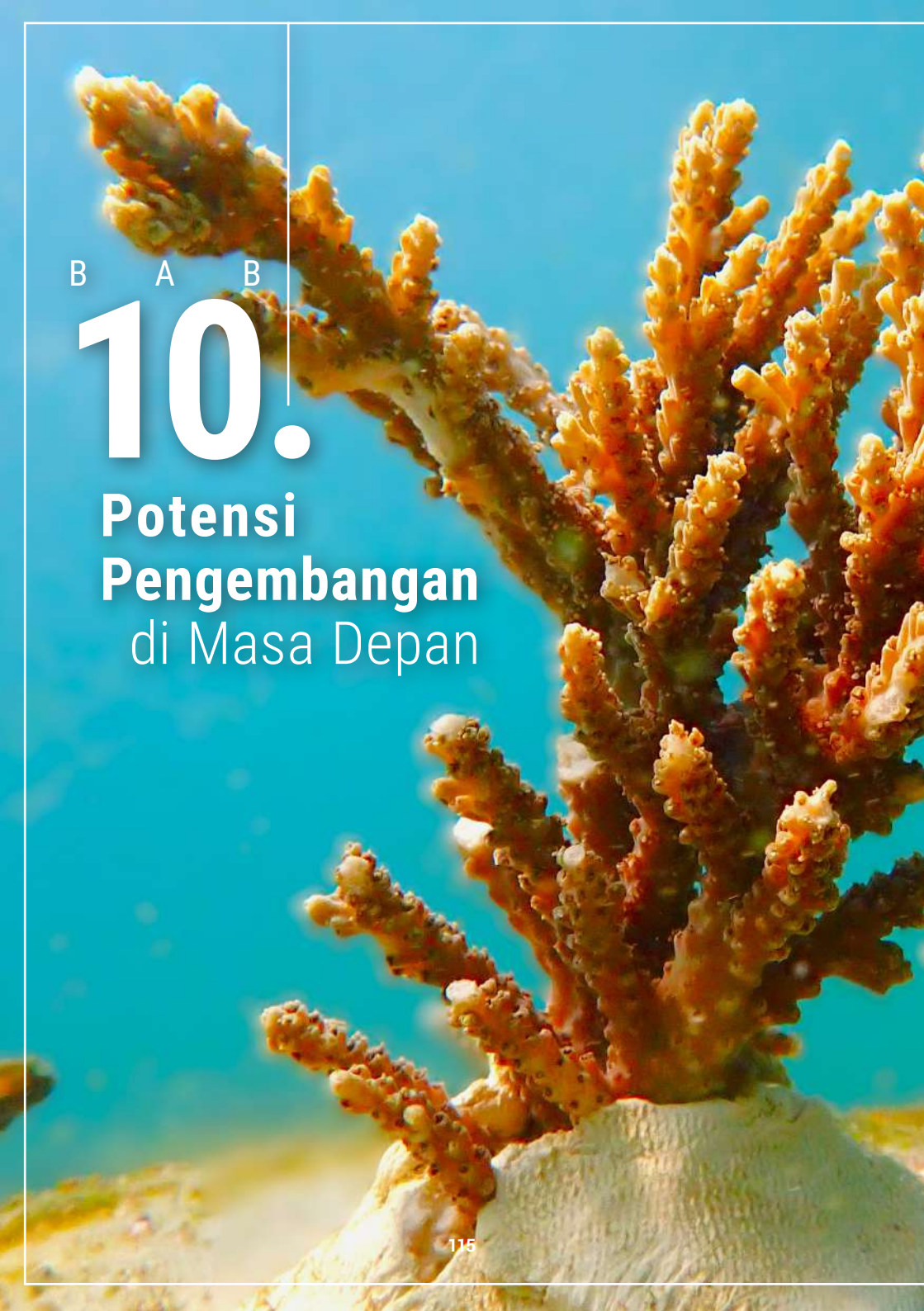
Mengembangkan konsep koridor konservasi yang menghubungkan berbagai area konservasi di sepanjang Pantai Utara Jawa Bagian Barat dengan framework zonasi sebagai berikut:

- 1) *Core Conservation Areas*: Area dengan perlindungan ketat
 - Pulau Biawak sebagai *reference site*
 - Gugus Karang Sendulang sebagai *demonstration site*
 - Area-area potensial lainnya yang akan dikembangkan
- 2) *Buffer Zones*: Area penyangga dengan pemanfaatan terbatas
 - Zona perikanan berkelanjutan
 - Area budidaya ramah lingkungan
 - Zona wisata bahari terkontrol
- 3) *Restoration Zones*: Area untuk kegiatan restorasi aktif
 - Lokasi transplantasi terumbu karang

Program transplantasi terumbu karang OTAK JAWARA telah memberikan pembelajaran berharga yang dapat menjadi foundation untuk pengembangan program konservasi laut yang lebih luas dan berkelanjutan. Keberhasilan program ini tidak hanya diukur dari aspek teknis restorasi, tetapi juga dari transformasi sosial yang terjadi dalam masyarakat dan penguatan kelembagaan lokal.

Ke depannya, dengan menerapkan pembelajaran-pembelajaran yang telah diperoleh dan mengimplementasikan rekomendasi-rekomendasi strategis, program ini memiliki potensi besar untuk berkembang menjadi model konservasi terumbu karang yang dapat direplikasi tidak hanya di wilayah Pantai Utara Jawa, tetapi juga di berbagai wilayah pesisir Indonesia lainnya.

Komitmen berkelanjutan dari semua stakeholder, inovasi teknologi yang terus dikembangkan, dan penguatan kapasitas masyarakat akan menjadi kunci sukses untuk mewujudkan visi restorasi dan regenerasi ekosistem laut Indonesia yang berkelanjutan.



B A B

10.

Potensi Pengembangan di Masa Depan

Restorasi terumbu karang di Laut Jawa pada dasarnya bukanlah proyek ekonomi, melainkan upaya ekologis untuk menghadirkan kembali "taman bawah laut yang hilang". Tujuan utamanya adalah mengembalikan fungsi ekosistem laut yang rusak, menyediakan habitat, menjaga rantai makanan, serta menghidupkan kembali keanekaragaman hayati yang selama puluhan tahun hilang.

Namun, ketika ekosistem mulai pulih, muncul berbagai dampak ikutan di bidang ekonomi, sosial, dan edukasi. Manfaat-manfaat ini bukanlah tujuan awal, tetapi menjadi bonus alami dari keberhasilan restorasi ekologi.

10.1 Dampak Ekonomi yang Sudah Terukur

Salah satu dampak paling nyata dari program transplantasi terumbu karang adalah peningkatan hasil tangkapan nelayan lokal. Data monitoring menunjukkan korelasi positif yang kuat antara keberhasilan restorasi karang dengan kelimpahan ikan di area sekitarnya.

10.1.1 Peningkatan Hasil Tangkapan

- Pulau Biawak: Peningkatan spesies ikan karang dari 24 (2020) menjadi 30 spesies (2024)
- Gugus Sendulang: Peningkatan spesies ikan karang dari 8 (2022) menjadi 15 spesies (2024)
- Kelimpahan individu: Peningkatan jumlah individu ikan per transek sebesar 25-40% di area transplantasi

Sebelum program restorasi, nelayan Desa Sukakarta umumnya hanya mengandalkan ikan pelagis kecil seperti teri dan kembung. Kini, dengan pulihnya ekosistem terumbu karang, mereka mulai dapat menangkap ikan karang bernilai ekonomi tinggi seperti kakap, kerapu, baronang, serta krustasea dan moluska.

10.1.2 Munculnya Aktivitas Ekonomi Baru

Dengan meningkatnya minat untuk mengunjungi lokasi transplantasi, beberapa nelayan mulai mengembangkan usaha sampingan sebagai penyedia jasa transportasi laut. Kelompok Pandu Alam Sendulang (PAS) juga telah mengembangkan kemampuan produksi modul paranje secara mandiri, tidak hanya untuk kebutuhan lokal tetapi juga menerima pesanan dari program restorasi di lokasi lain.

Anggota PAS yang telah terlatih mulai diminta untuk memberikan pelatihan di daerah lain yang ingin mengembangkan program serupa, membuka peluang *income generating activity* baru. Sebagai satu-satunya desa di Kabupaten Karawang yang memiliki ekosistem terumbu karang hasil restorasi, Desa Sukakarta kini memiliki *unique selling proposition* yang dapat dikembangkan sebagai destinasi penelitian, pembelajaran, dan model *best practice*.

10.2 Potensi Wisata Bahari dan Edukasi

10.2.1 Konsep “Living Laboratory”

Lokasi transplantasi terumbu karang di Gugus Sendulang memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai “*living laboratory*”, laboratorium hidup di mana

pengunjung dapat menyaksikan langsung proses restorasi terumbu karang, belajar tentang ekosistem laut dan konservasi, serta berpartisipasi dalam kegiatan monitoring dan perawatan.

Target Segmen Pengunjung:

- Segmen Akademik: Mahasiswa jurusan kelautan, biologi, dan lingkungan; peneliti dan akademisi; peserta program magang dan penelitian
- Segmen Edukasi: Siswa sekolah untuk *field trip*; peserta program lingkungan dari berbagai organisasi; *group study* banding dari daerah lain
- Segmen Umum: Wisatawan yang tertarik dengan konservasi laut; keluarga dengan minat edukasi lingkungan; pegiat lingkungan dan LSM

Paket Wisata Edukasi yang Dapat Dikembangkan:

- “**Coral Guardian Experience**” (*Half Day Tour*): Presentasi tentang ekosistem terumbu karang, *snorkeling* di area transplantasi dengan *guide* lokal, *hands-on experience* pembuatan modul paranje, dan sertifikat partisipasi sebagai “*Coral Guardian*”.
- “**Marine Conservation Immersion**” (*2 Days 1 Night*): *Homestay* di rumah anggota PAS, ikut serta dalam kegiatan monitoring, *workshop* transplantasi terumbu karang, dan *cultural night* dengan masyarakat lokal.
- “**Research Partnership Program**” (*1 Week*): Program khusus untuk peneliti dan mahasiswa dengan akses penuh ke data monitoring, kolaborasi dengan tim PPLH-IPB, dan presentasi hasil penelitian.

10.2.2 Model Pengelolaan Wisata Berkelanjutan

Pengembangan wisata di Desa Sukakerta akan menerapkan prinsip *community-based tourism* di mana masyarakat lokal menjadi pelaku utama dan penerima manfaat langsung. Model ini memastikan *local ownership* terhadap pengembangan wisata, distribusi ekonomi yang merata di tingkat masyarakat, pelestarian budaya dan lingkungan, serta *capacity building* berkelanjutan.

Untuk menjaga keberlanjutan ekosistem, pengembangan wisata akan menerapkan konsep *carrying capacity* dengan pembatasan jumlah pengunjung per hari (maksimal 50 orang), zonasi area wisata untuk menghindari kerusakan, *seasonal closure* selama periode pemijahan ikan, dan *strict no-take policy* di area transplantasi.

10.3 Pengembangan Ekonomi Kreatif dan Kemitraan

10.3.1 Produk dan Jasa Berbasis Konservasi

Masyarakat dapat mengembangkan kerajinan berbahan dasar laut yang *sustainably sourced* seperti kerajinan dari cangkang kerang, replika terumbu karang, miniatur modul paranje sebagai *educational toy*, dan merchandise dengan design terumbu karang lokal. Produk makanan olahan seperti keripik rumput laut, ikan asap, dan kerang olahan juga berpotensi dikembangkan.

Jasa kreatif dan digital meliputi *underwater photography* untuk penelitian, dokumentasi, produksi video edukasi, website promosi wisata, *virtual tour*, dan *e-learning platform* tentang konservasi terumbu karang.

10.3.2 Integrasi dengan Sektor Swasta

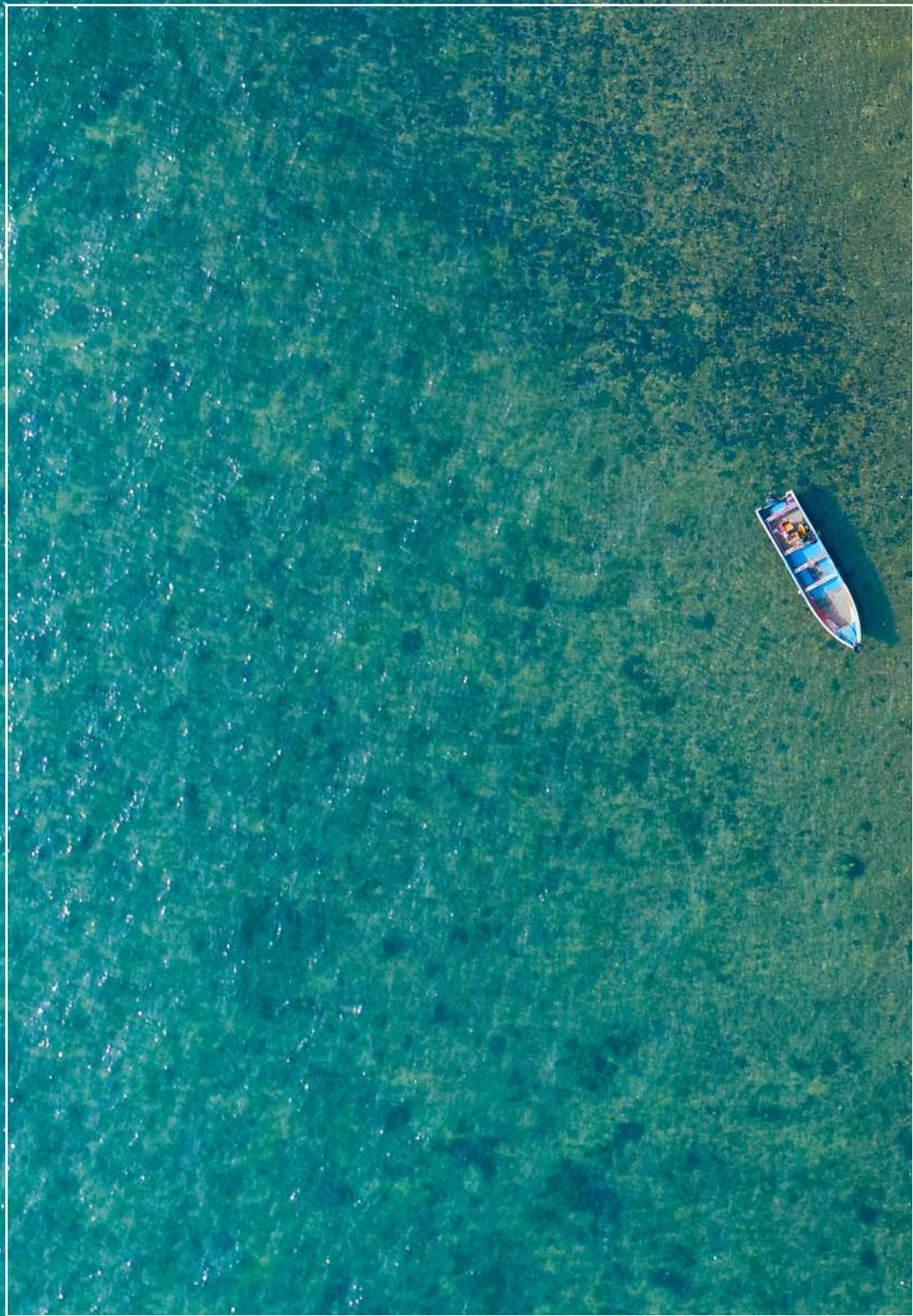
Dengan reputasi sebagai *success story* dalam konservasi, Desa Sukakerta berpotensi menjadi destinasi pilihan untuk program CSR perusahaan-perusahaan lain, terutama yang beroperasi di wilayah Pantai Utara Jawa. Program yang dapat dikembangkan meliputi *employee volunteering* untuk kegiatan transplantasi, *corporate team building* dengan tema konservasi laut, *adopt-a-reef program*, dan *sponsorship* untuk penelitian.

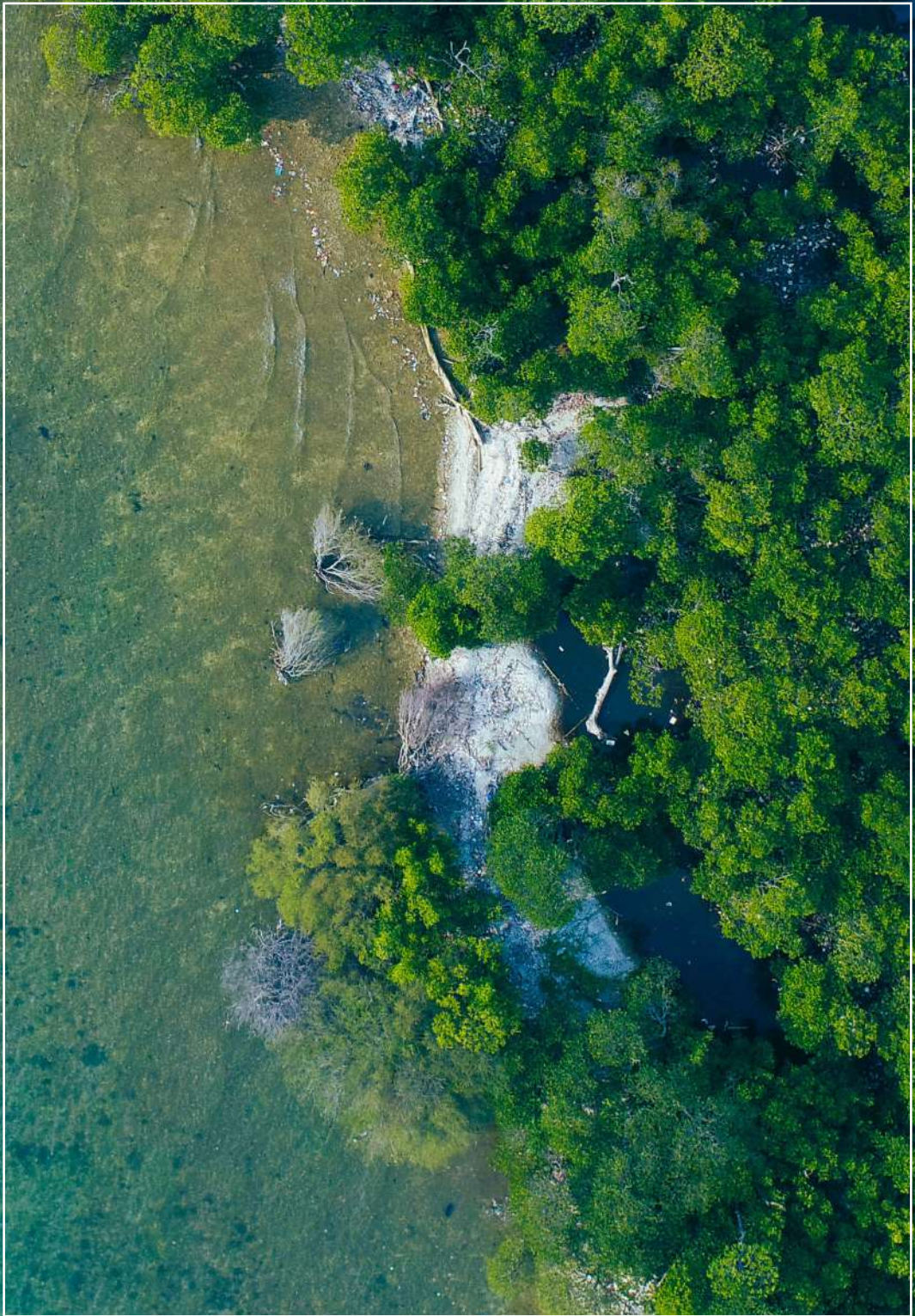
Kemitraan dengan industri pariwisata dapat berupa paket *day trip*, *educational package* untuk *guest hotel*, *inclusion* dalam paket wisata edukasi Jawa Barat, dan *specialized tour* untuk *marine enthusiast*. Sektor pendidikan dapat memanfaatkan lokasi ini sebagai *research station*, *student exchange program*, *joint research collaboration*, dan *mandatory field trip destination*.

Daftar Pustaka

- Alongi D M. 2012. Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon Management*. 3(3):313–322. <https://doi.org/10.4155/cmt.12.20>
- Badan Lingkungan Hidup Karawang. 2020. Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Karawang Tahun 2020. Karawang: BLH Karawang.
- Bailey C. 1988. The social consequences of tropical shrimp mariculture development. *Ocean & Shoreline Management*. 11(1):31–44
- Bengen D G. 2004. Menuju Pembangunan Pesisir dan Lautan Berkelanjutan Berbasis Ekosistem. *Pusat Kajian Sumber daya Pesisir dan Lautan*. Institut Pertanian Bogor.
- BMKG. 2023. *Analisis Perubahan Pola Gelombang dan Dampaknya Terhadap Abrasi Pantai di Pesisir Utara Jawa*. Jakarta: Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika.
- Burke L, Selig E, Spalding M. 2002. *Reefs at Risk in Southeast Asia*. Washington DC: World Resources Institute.
- Burke L, Reynter K, Spalding M, Perry A. 2011. *Reefs at Risk Revisited*. Washington DC: World Resources Institute.
- Cesar Herman. 1996. Economic analysis of Indonesian coral reefs: *The World Bank*.
- Cordova M R, Ulumuddin Y I, Purbonegoro T, Shiomoto A, Isobe A. 2021. Characterization of microplastics in mangrove sediment of Muara Angke Wildlife Reserve, Indonesia. *Marine Pollution Bulletin*. 150: 110790.
- Dahuri R. 1999. *Kebijakan dan Strategi Pengelolaan Terumbu Karang Indonesia*. Makalah disampaikan pada Lokakarya Pengelolaan dan Iptek Terumbu Karang Indonesia. Jakarta:22-23 November 1999.
- DKP Jabar. 2022. *Laporan Statistik Perikanan Provinsi Jawa Barat 2022*. Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Jawa Barat.
- Epstein N, Bak R P, Rinkevich B. 2003. Applying forest restoration principles to coral reef rehabilitation. *Aquatic Conservation: Marine, and Freshwater Ecosystems*. 13(5):387-395.
- Estradivari. 2007. *Terumbu Karang Jakarta*. Laporan Pengamatan Panjang Kepulauan Seribu (2004-2005). Yayasan Terumbu Karang Indonesia (Terangi).
- Ferrario F, Beck M W, Storlazzi C D, Micheli F, Shepard C C, Airoldi L. 2014. The effectiveness of coral reefs for coastal hazard risk reduction and adaptation. *Nature Communications*. 5:3794.
- Jaap, Water C. 2000. Coral reef restoration. *Elsevier Ecological Engineering*. 15:345-364.
- KKP. 2019. *Laporan Status Lingkungan Laut Indonesia*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pengelolaan Ruang Laut.
- KLHK. 2021. *Status Hutan Mangrove Indonesia 2021*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.
- Kusmana C, Wilarso S, Hilwan I, Pamoengkas P, Wibowo C, Tiryana, Ramadhaan R. 2018. *Manual Silvikultur Mangrove di Indonesia* Bogor:IPB Press.
- LIPI. 2018. *Kondisi Terumbu Karang Indonesia: Hasil Monitoring Kesehatan Terumbu Karang 2017*. Jakarta: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Lirman D, Schopmeyer S. 2016. Ecological Solutions to reef degradation: optimizing coral reef restoration in the Caribbean and Western Atlantic. *PeerJ*. 4:2597.
- Marfai M A, Tyas D W, Nugraha J, Fitriatul Ulya A, Riasasi W. 2015. The impact of tidal flooding on mangrove ecosystem in Porong estuary, East Java, Indonesia. *Ocean & Coastal Management*. 116:140-151.
- Moberg F, Folke C. 1999. Ecological goods and services of coral reef ecosystems. *Ecological Economic*. 29: 215-233.

- Moberg F, Rönnbäck P. 2003. Ecosystem services the tropical seascape: interactions, substitutions and restoration. *Ocean & Coastal Management*. 46: 27-46.
- Nikijuluw Victor PH, Adrianito Luky, Bengen Dietrich G, Sondita M, Fedi A, Monintja Daniel, Siry Hendra Yusran, Nainggolan Pahala, Susanto Handoko Adi, Megawanto Rony, Koropitan Alan F, Amin Imran, Wiryawan Budi, Kinseng Rilus A, Zulbainarni Nimmi, Suryawati Siti Hajar, Purnomo Agus Heri, Djohani Rili, Subijanto Johannes. 2013. *Coral Governance*. Bogor:IPB Press.
- Nonji A. 2017. *Laut Nusantara*. Jakarta: Djambatan
- Nybakken J W. 1993. *Marine Biology: An Ecological Approach*. Third Edition. U. S. A. Harper Collins College Publisher. 462.
- Nybakken J W. 1988. *Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis*. Jakarta: PT Gramedia.
- Pribadi R, Kusmana C, Arifin H S. 2019. Coastal vulnerability assessment of northern West Java, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 399(1).
- Peraturan Daerah Jawa Barat Nomor 10 Tahun 2019. *Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Provinsi Jawa Barat Tahun 2019–2039*.
- Primavera J H. 2006. Overcoming the impacts of aquaculture on the coastal zone. *Ocean & Coastal Management*. 49(9-10):531–545
- Sachoemar S I, Yanagi T, Aliah R S. 2019. Variability of water quality and phytoplankton abundance in Jakarta Bay. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 11(2):297-313.
- Saputro D D, Rudianto, Nugroho S P. 2018. Dinamika abrasi di Pantai Cemara Jaya, Karawang. *Jurnal Geografi Lingkungan Tropik*. 2(1):33–45.
- Sjafrie N D M, Hernawan U E, Prayudha B, Suyarso, Rahmat R, Anggraini K, Rahmawati S, Sulistianto Y. 2018. *Status Padang Lamun Indonesia 2018*. LIPI Press.
- SK Gubernur Jawa Barat No. 523.51/Kep.1248-DKP/2019 tentang Penetapan Rencana Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Provinsi Jawa Barat
- Spalding M D, Ravilious C, Green E P. 2001. *World Atlas of Coral Reefs*. Berkeley: University of California Press.
- Supriharyon. 2007. *Konservasi Sumber daya Hayati di Wilayah Pesisir dan Laut Tropis*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.
- Susanto H A, Wardiatno Y, Boer M. 2021. Population dynamics and exploitation status of blue swimming crab (*Portunus pelagicus*) in Karawang waters, Indonesia. *Egyptian Journal of Aquatic Research*. 47(2):173–182.
- Tun K. 2006. *Review of Project on Coral Reef Management Implemented by COBSEA Through the EASTAsian Seas Regional Coordinating Unit (EAS/RCU)*. United Nation Environment Program (UNEP).
- Tuti M I Y, Giyanto S, Manogar R. 2010. *Pengaruh Kekeruhan Terhadap Ekosistem Terumbu Karang di Kepulauan Seribu*. Jakarta:LIPI.
- Undang-Undang No. 1 Tahun 2014 tentang Perubahan atas UU No. 27 Tahun 2007 mengenai Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil
- Willis, B. L., & Oliver, J. K. (1988). Inter-reef dispersal of coral larvae following the annual mass spawning of the Great Barrier Reef. *Proceedings of the 6th International Coral Reef Symposium*, 2, 853–859.
- Wilkinson, Clive R. 1999. Global and local threat to coral reef functioning and existence: review and predictions. *Marine & Freshwater Research*. 867-878.
- Yeemin T, M Sutthacheep, R Petthongma. 2006. Coral reef restoration projects in Thailand. *Ocean & Coastal Management*. 562-575.
- Zuhri M I, Mawardi W, Hascaryo B, Permatasari P A, Handayani L D W, Amalo L F, Putra M D, Munggarah G, Darmawangsa P N. 2023. *Location assessment for coral reef transplantation program in Karawang Waters, Indonesia*. 2ND-ISARM-2022. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science





"TAMAN BAWAH LAUT YANG HILANG"

Cerita Transplantasi Karang di Laut Jawa

Di balik hamparan laut tenang di Pantai Utara Jawa bagian barat, tersimpan kisah tentang dunia bawah laut yang perlahan menghilang. Buku ini menelusuri perjalanan upaya pemulihan ekosistem laut yang dilakukan oleh PHE ONWJ bersama para pemangku kepentingan, dari kalangan masyarakat pesisir, akademisi, hingga pemerintah daerah.

Melalui narasi yang hangat dan berbasis sains, pembaca diajak memahami potensi sekaligus tantangan perairan Laut Jawa bagian barat mulai dari karakteristik geografis, kondisi oseanografi, hingga perjalanan upaya transplantasi yang telah dilakukan 4 tahun terakhir ini.

"*Taman Bawah Laut yang Hilang*" bukan sekadar catatan ilmiah, tetapi juga potret nyata perjuangan untuk mengembalikan warna kehidupan di laut utara Jawa bagian barat. Sebuah ajakan untuk menjaga dan merawat rumah besar kita bersama: lautan Indonesia.



Penerbit:



IPB University
— Bogor Indonesia —

IPB University

Jl. Kamper

Kampus IPB Dramaga, Bogor

<https://isbn.ipb.ac.id/>

ISBN 978-623-89439-3-7



9

786238

943937