

Tersedia online di: <http://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jkpt>

TRANSPLANTASI TERUMBU KARANG *Acropora spp*, UNTUK REHABILITASI TERUMBU KARANG DI PULAU PANJANG, TELUK BANTEN

CORAL REEF TRANSPLANTATION Acropora spp, FOR CORAL REEF REHABILITATION ON PANJANG ISLAND TELUK BANTEN

Afandi Saputra^{1#}, D. Dasa Permana², F. Dwi Cahyo², Arif³, dan E. Arif Wijonarko⁴

¹ Politeknik Ahli Usaha Perikanan, Jl. AUP Pasar Minggu, Jakarta Selatan

²Loka Pengelolaan Sumberdaya Pesisir dan Laut, Serang, Jl. Raya Carita Km 4,5 Caringin Labuan, Caringin, Pandeglang, Kabupaten Pandeglang

³Konservasi Alam Bawah Laut, KP. Sanghiang Rt. 018/005 Carita Pandeglang

⁴PT Styrimdo Mono Indonesia, Merak Plant, Desa Mangunreja, Mangunreja, Serang, Banten

Email: afandi.saputra@kkp.go.id

(Diterima: 22 Agustus 2021; Diterima setelah perbaikan: 31 Desember 2021; Disetujui: 3 Januari 2022)

ABSTRAK

Teluk Banten menyimpan kekayaan sumberdaya terumbu karang. Selama beberapa tahun terakhir telah terjadi perubahan sumber daya terumbu karang yang disebabkan dari perubahan lingkungan. Periode pemulihan untuk terumbu yang rusak sangat bervariasi, pemulihan dengan transplantasi karang untuk membuat terumbu buatan dapat berguna untuk meningkatkan keanekaragaman hayati. Studi rehabilitasi terumbu, koloni karang terutama *Acropora spp* ditransplantasikan diluasan area sekitar 50 m² di Perairan Pulau Panjang Teluk Banten dengan rak transplantasi model hybrid dengan kedalaman 1,5-2 m. Pertumbuhan dan mortalitas dipantau selama 8 bulan. Tingkat kelangsungan hidup karang selama kurun waktu 8 bulan setelah transplantasi adalah 95%. Sebagian besar mortalitas transplantasi akibat aksi peningkatan suhu perairan terjadi selama 6 bulan. Tingkat pertumbuhan sangat bervariasi dengan seperempat dari transplantasi menunjukkan pertumbuhan negatif selama setiap periode antar survei. Beberapa jenis spesies yang ditransplantasi seperti *Acropora carduus*, *Acropora cervicornis*, *Acropora formosa*, *Acropora grandis*, *Acropora intermedia*, dan *Acropora pulchra* memiliki tingkat pertumbuhan yang cukup baik. Dari awal penanaman *Acropora spp* terjadi penambahan dengan Panjang 6,44 cm dengan laju pertumbuhan sebesar 0,025 cm/hari, atau 0,757 cm/bulan, atau asumsi laju pertumbuhan tahunan sebesar 9,09 cm/tahun. Transplantasi jenis *Acropora spp* merupakan spesies dengan tingkat pertumbuhan yang tinggi dengan mortalitas yang relatif rendah. Pertumbuhan dan kelangsungan hidup transplantasi dapat disimpulkan: (1) spesies transplantasi harus dipilih dengan hati-hati karena spesies tertentu secara signifikan lebih dapat menerima transplantasi daripada yang lain, (2) pilihan apakah fragmen atau seluruh koloni ditransplantasikan dapat sangat mempengaruhi kelangsungan hidup, (3) kehilangan transplantasi yang cukup besar kemungkinan besar dari lokasi energi yang lebih tinggi apa pun metode pelekatan, (4) transplantasi harus, secara umum, dilakukan hanya jika pemulihan setelah rekrutmen alami tidak mungkin dilakukan.

KATA KUNCI: transplantasi karang; rehabilitasi terumbu; *Acropora spp*; Pulau Panjang

ABSTRACT

Banten Bay has a wealth of coral reef resources. During the last few years there has been a change in coral reef resources caused by environmental changes. Recovery periods for damaged reefs vary widely, recovery by transplanting corals to create artificial reefs can be useful for increasing biodiversity. In reef rehabilitation

Korespondensi: Politeknik Ahli Usaha Perikanan
E-mail: afandi.saputra@kkp.go.id

studies, coral colonies, especially *Acropora spp.* were transplanted in an area of about 50 m² in the waters of Pulau Panjang, Banten Bay with a hybrid model transplant rack with a depth of 1.5-2 m. Growth and mortality were monitored for 8 months. Coral survival rate for 8 months after transplantation was 95%. Most of the transplant mortality due to the action of increasing water temperature occurred during 6 months. Growth rates varied widely with a quarter of transplants showing negative growth during each period between surveys. Several types of transplanted species such as *Acropora carduus*, *Acropora cervicornis*, *Acropora formosa*, *Acropora grandis*, *Acropora intermedia*, and *Acropora pulchra* had a fairly good growth rate. From the beginning of planting *Acropora spp*, there was an increase in length of 6.44 cm with a growth rate of 0.025 cm/day, or 0.757 cm/month, or an assumed annual growth rate of 9.09 cm/year. Transplantation of *Acropora spp* is a species with a high growth rate with a relatively low mortality. Growth and survival of transplants can be concluded: (1) transplanted species should be chosen with care whether fragments or entire colonies are transplanted can greatly affect survival, (3) a substantial loss of transplantation is likely from a higher energy site regardless of the method of attachment, (4) transplantation should, in general, be performed only if recovery after natural recruitment is not possible

KEYWORDS: coral transplantation; reef rehabilitation; *Acropora spp*; Panjang Island

PENDAHULUAN

Teluk Banten bagian dari kabupaten Serang dengan tingkat pertumbuhan ekonomi yang cukup pesat ditunjang dengan kekayaan alamnya terutama sumber daya alam Pesisir dan Laut. Teluk Banten memiliki kekayaan alam yang tinggi. Selain itu dengan kekayaan alamnya Teluk Banten menjadi lokasi yang menarik untuk dimanfaatkan berbagai aktifitas seperti: Industri, alur pelayaran, penambangan pasir laut, pelabuhan, pariwisata, budidaya ikan, penangkapan ikan dan lain-lain. Pemanfaatan yang bersifat *multiple function* ini mau tidak mau mengakibatkan dampak negatif bagi Teluk Banten itu sendiri terutama pembuangan limbah yang dilakukan oleh kawasan Industri yang ada di sekitar kawasan Teluk Banten yang mengakibatkan perairan di wilayah ini menjadi tercemar. Jalius *et al.* (2008) melaporkan Teluk Banten tercemar logam berat jenis cadmium (Cd) dan timah hitam (pb) dengan nilai 1200 mg/l dan 6.300 mg/l. Teluk Banten memiliki ekosistem terumbu karang yang potensial bagi masyarakat. Kawasan ini menyimpan kekayaan sumberdaya terumbu karang. Tidak mengherankan pula banyak masyarakat yang bergantung hidupnya pada sumberdaya terumbu karang di Teluk Banten. Kabupaten Serang merupakan salah satu wilayah di Provinsi Banten yang memiliki potensi ekosistem terumbu karang yang berperan aktif dalam pengembangan pariwisata. Kegiatan wisata yang dilakukan berpotensi memberikan dampak terhadap kondisi ekosistem terumbu karang. Selain dari kegiatan wisata, limbah industri yang tidak terkontrol berpengaruh terhadap perairan di Kabupaten Serang dan berdampak pada ekosistem terumbu karang. Ekosistem yang sangat menentukan keberlangsungan potensi suatu perairan adalah terumbu karang. Manfaat langsung yang diberikan oleh terumbu karang yaitu habitat organisme lainnya dalam mencari makan (*feeding ground*), tempat asuhan dan pembesaran (*nursery ground*), dan tempat pemijahan (*spawning ground*), pariwisata bahari, dan lain-lain. Sedangkan

manfaat tak langsung yang diberikan oleh terumbu karang yaitu peran sebagai pelindung pantai dari terpaan gelombang dan penahan abrasi (Aldilla *et al.*, 2014)

Terumbu karang merupakan endapan-endapan masif yang penting dari kalsium karbonat, terutama dihasilkan oleh hewan karang *Scleractinia* dengan sedikit tambahan alga berkapur dan organisme-organisme lain yang mengeluarkan kalsium karbonat (Nybakken, 1992). Ekosistem terumbu karang memberikan banyak manfaat, diantaranya sebagai tempat yang menyediakan makanan, reproduksi, dan tempat hidup berbagai populasi jenis tumbuhan dan hewan laut. Kerusakan terumbu karang dapat mengakibatkan perubahan iklim global, kompetitor populasi, penyakit, pencemaran, sedimentasi muara sungai, eutrofikasi, serta aktivitas perikanan dan wisata bahari yang tidak ramah lingkungan (Cahyo, 2017).

Selama beberapa tahun terakhir telah terjadi perubahan sumber daya terumbu karang yang disebabkan dari perubahan lingkungan. Pada saat yang sama, terumbu karang di berbagai lokasi geografis telah mengalami degradasi sebagai akibat dari perubahan iklim bahkan akibat aktivitas manusia misalnya penambangan karang, pengerukan, pembuangan limbah, penangkapan ikan dengan dinamit, polusi kimia, tumpahan minyak, landasan kapal, dan sedimen, limpasan pupuk dan pestisida sebagai akibat dari perubahan penggunaan lahan (Salvat, 1987; Hatcher *et al.*, 1989). Periode pemulihan untuk terumbu yang rusak sangat bervariasi, dan sangat bergantung pada sifat gangguan dan bagaimana pemulihan didefinisikan (Pearson, 1981). Pemulihan dari gangguan aktifitas manusia dapat diperpanjang atau dicegah sebagai akibat dari perubahan lingkungan yang permanen (misalnya peningkatan sedimentasi, mobilitas substrat, atau gangguan kronis tingkat rendah yang berkelanjutan. Upaya yang dapat dilakukan

untuk mempercepat pemulihan dengan (1) menstabilkan terumbu retak dengan semen (Hudson & Diaz, 1988) (2) menghilangkan pasir lepas atau puing-puing (Miller *et al.*, 1993), (3) menerapkan struktur buatan untuk dijadikan area pemukiman karang atau situs stabil untuk transplantasi (Clark & Edwards, 1994). Transplantasi karang untuk membuat terumbu buatan dapat berguna untuk meningkatkan keanekaragaman hayati, memberikan wisata menyelam, memancing dan berselancar; menciptakan peluang penangkapan ikan artisanal dan komersial baru, menjajah struktur oleh ikan dan invertebrate (Ammar *et al.*, 2013). Maka dalam rangka upaya konservasi perlu dilakukan rehabilitasi terumbu karang sebagai langkah pelestarian, sehingga harapan meningkatkan populasi ikan ekonomis tinggi, peningkatan pendapatan nelayan, dan pengembangan usaha wisata bahari sebagai diversifikasi usaha masyarakat pesisir, serta pada akhirnya berdampak pada peningkatan kesejahteraan masyarakat pesisir yang *sustainable* dapat terwujud di Teluk Banten. Studi ini untuk mempelajari kelangsungan hidup dan pertumbuhan bibit karang *Acropora spp* yang ditransplantasikan di substrat semen yang diletakkan

di atas permukaan datar terumbu karang di Perairan Pulau Panjang, Banten dengan memperhatikan Jenis *Acropora spp* yang ditransplantasi dan biota yang berasosiasi dengan transplantasi karang.

BAHAN DAN METODE

Stasiun Transplantasi

Lokasi transplantasi diperairan Pulau Panjang, Teluk Banten dengan koordinat titik pada Tabel 1. Meja transplantasi berukuran 1 x 2 m dengan jumlah 22 unit di sebar dari kedalaman 1,5-2 m dengan luasan mencapai 50 m². Meja transplantasi diletakkan berkelompok antara 2 sampai 5 rak per kelompok tergantung profil substrat dasar dan berjarak antar kelompok juga menyesuaikan area substrat berpasir di perairan 500 meter dari pinggir pantai sebelah barat Pulau Panjang. Kelompok-kelompok rak transplantasi diletakkan dari timur ke barat sejajar dengan sepanjang garis pantai Pulau Panjang bagian utara. Dengan peta titik lokasi pada Gambar 1.

Metodologi Transplantasi

Tabel 1. Degree Minutes Second (Garmin GPSMAP 64s) Transplantasi Karang di Perairan Pulau Panjang

Table 1. Degree Minutes Second (Garmin GPSMAP 64s) Coral Transplant in Panjang Island Waters

Titik	Easting (mE)	Northing (mS)
Start	0628557	9345388
Tengah	0628545	9345394
Finish	0628537	9345392



Gambar 1. Peta lokasi Transplantasi Terumbu Karang di Pulau Panjang
 Figure 1. Map of Coral Reef Transplantation locations on Panjang Island

Metode transplantasi yang dilakukan dengan sistem hybrid rak dan cor. Satu unit rak berukuran panjang 2 meter dan lebar 1 meter yang terbuat dari pipa PVC diameter ½ inchi berisi cor semen (Gambar 2).

Setiap jarang bentang *inner* rak 50 cm terdapat bentangan tali PE diameter 6 mm menyilang. *Inner* rak dibentangkan mess di atas tali PE. Setiap rak dilengkapi 6 buah kaki yang terbuat dari cor semen dengan diameter 4 inchi, tinggi 20 cm, dan di atasnya dilengkapi pipa PVC ½ inchi sepanjang 5 cm sebagai penopang sambungan antara kaki beton dengan rak yang akan disambung pada saat penurunan rak transplantasi di laut. Metode hybrid digunakan untuk

kondisi perairan yang tenang, sedangkan untuk daerah yang memiliki musim muson desain yang lebih baik menggunakan desain balok beton dengan dimensi panjang 1 m, lebar 10 cm, dan tinggi 10 cm disusun dalam bentuk tertentu sehingga yang mudah dirakit untuk ditempatkan di dasar laut (Irawan *et al.*, 2019). Setiap satu unit rak transplantasi diisi dengan 50 bibit karang. Setiap bibit karang diikat di substrat dengan menggunakan tali ties (*insulock*). Substrat terbuat dari semen berbentuk kepingan bulat dengan diameter 7 cm setebal 3 cm. Di bagian tengah substrat ditancapkan satu batang pipa PVC diameter ½ inchi dengan bagian atas tegak ke atas sepanjang 10 cm.



Gambar 2. Rak Transplantasi dengan metode hybrid di Pulau Panjang
Figure 2. Transplantation rack with hybrid method in Panjang Island

Transplantasi Karang

Transplantasi koloni paling berguna dari terumbu yang ditunjuk untuk terkena dampak pembangunan infrastruktur dengan memberikan kesempatan untuk pindah (Doropoulos *et al.*, 2019). Koloni donor *Acropora carduus*, *Acropora cervicornis*, *Acropora formosa*, *Acropora grandis*, *Acropora intermedia*, dan *Acropora pulchra* (Gambar 3) diidentifikasi sekitar 1 km di sebelah barat perairan Pulau Semut, Teluk Banten Perairan dangkal dengan kedalaman 2-3 m. Hernández-Delgado *et al.* (2014) melaporkan berdasarkan studi pendekatan budidaya karang berteknologi rendah di Pulau Culebra, Puerto Rico dengan menyebarkan *A. cervicornis*. Tinggi transplantasi rata-rata 8–10 cm, setiap fragmen mengandung setidaknya 2-3 cabang atau titik pertumbuhan. Penggunaan bibit dengan pecahan fragmen dilaporkan menunjukkan keberhasilan yang lebih tinggi dalam menempel pada substrat (hingga $98 \pm 4\%$ versus $86,4 \pm 18,9\%$ setelah 9 bulan) (Nava & Figueroa-Camacho, 2017). Waktu tempuh antara pengambilan dan tempat transplantasi berkisar antara 5 hingga 10 menit. Pengikat dan

perekat bibit berupa dempul epoksi (*Pioneer Epoxyclay Aqua*) yang efektif untuk mengencangkan transplantasi (Dizon *et al.*, 2011).

Pengukuran Pertumbuhan Karang dan Substrat

Pengukuran pertumbuhan Panjang karang dilakukan sekali sebulan dengan menggunakan jangka sorong, pengukuran langsung disandingkan tinggi bibit pada substrat dengan caliper. Data pengukuran dihitung dengan mengurangi dengan data pada monitoring sebelumnya selama satu bulan. Rerata pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup karang dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Effendie, 1997):

$$G = \frac{dL}{dT}$$

Keterangan

G = Pertumbuhan (mm/bulan)

dL = Pertumbuhan Panjang (mm)

dT = Perubahan waktu (bulan)

$$SR = \frac{nt}{no} \times 100\%$$

Keterangan

SR = Tingkat Kelangsungan Hidup (%)

nt = Jumlah Karang yang hidup pada akhir pemeliharaan (ind)

no = Jumlah Karang yang hidup pada awal pemeliharaan (ind)

Pengambilan sampel substrat menggunakan *Grab Sampler*, dimana Sampel sedimen dianalisis di laboratorium terhadap tekstur dan kandungan unsur hara yaitu total bahan organik atau *Total Organic Matter* (TOM) dan karbon organik. Tekstur diukur dengan metode pipet (Cambardella *et al.*, 2001).

Analisis Data

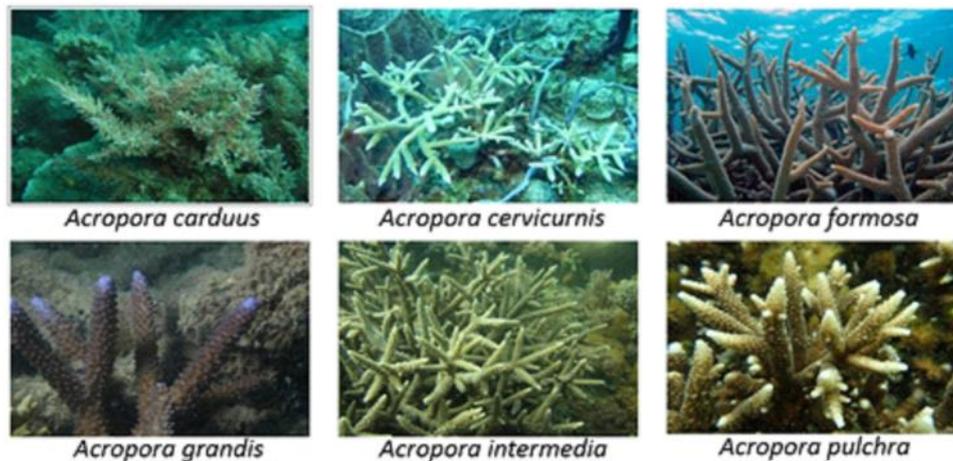
Studi transplantasi karang menggunakan pola sebar yang dimana hasil studi yang diperoleh akan dianalisa secara deskriptif yaitu penyajian dilakukan dengan

menjelaskan hal-hal yang diamati selama studi sesuai dengan batasan masalah, kemudian membandingkan hasil pengamatan dengan literatur, narasumber, atau persamaan pengamatan lain. Selanjutnya dianalisis apakah ada perbedaan antara hasil pengamatan dengan bahan pembanding.

HASIL DAN BAHASAN

Ketahanan Hidup

Restorasi proses membantu pemulihan ekosistem yang telah terdegradasi, rusak, atau dihancurkan dan sangat penting untuk habitat di mana pemulihan alami (Bayraktarov *et al.*, 2016). Dari sudut pandang pengelolaan transplantasi tingkat kelangsungan hidup karang secara keseluruhan adalah yang terpenting. Transplantasi karang untuk restorasi terumbu mengungkapkan bahwa pertumbuhan dan kelangsungan hidup fragmen karang adalah indikator keberhasilan restorasi (Hein *et al.*, 2017). Namun,



Gambar 3. Koloni donor *Acropora spp*
Figure 3. Cape donor *Acropora spp*

tingkat kelangsungan hidup bergantung pada beberapa faktor: (1) metodologi transplantasi yang dilakukan, (2) kondisi fisiologi spesies karang yang ditransplantasikan, dan (3) kondisi lingkungan. Sebanyak 1250 koloni karang dari delapan spesies ditransplantasikan di wilayah studi (Tabel 2).

Secara keseluruhan, kelangsungan hidup karang transplantasi dalam hal koloni hidup yang menempel dan lepas yang tersisa di daerah transplantasi menunjukkan kelangsungan hidup yang baik selama delapan bulan awal dengan peningkatan tingkat kelangsungan hidup berikutnya (Gambar 4). Untuk membandingkan tingkat kelangsungan hidup antara survei di setiap rak yang ditransplantasikan dibandingkan setiap monitoring setiap bulannya. Tingkat kelangsungan hidup setiap spesies selama

delapan bulan pertama setelah penanaman bervariasi dari 0,88-0,97 (rata-rata 0,94) (Tabel 2).

Kelangsungan hidup keseluruhan dari koloni karang yang ditransplantasikan 97% pada 8 bulan sangat baik jika dibandingkan dengan penelitian Clark & Edwards, (1995) dan Gomez *et al.*, (2008) yang melaporkan hasil transplantasi karang dengan nilai kelangsungan hidup rata-rata 60-80% dan 70-80%. Kelangsungan hidup rata-rata selama hampir satu tahun di lokasi yang berbeda untuk transplantasi ditempatkan pada kedalaman yang sama sekitar 1-3 m. Perbandingan antara penelitian harus dilakukan dengan hati-hati karena penulis tidak selalu menjelaskan apakah kelangsungan hidup hanyalah kebalikan dari kematian in situ atau kebalikan dari ini ditambah kerugian karena faktor lain. Selain itu, transplantasi berdampak pada area donor dengan arti

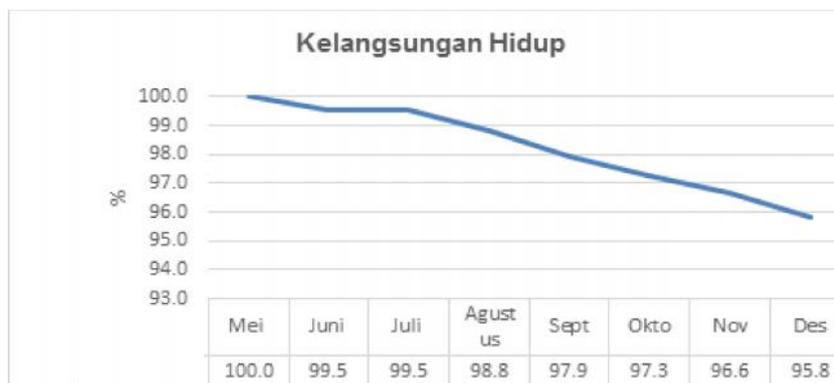
berdampak positif terhadap lingkungan studi. Kematian lebih tinggi pada tahun pertama setelah tanam daripada tahun-tahun berikutnya, mungkin mencerminkan stress dari penanganan atau kegagalan metode (Forrester *et al.*, 2014).

Dalam studi ini, sebagian besar kehilangan koloni (mati) yang ditransplantasikan terjadi selama delapan bulan pertama setelah penanaman ketika sekitar 5% koloni akibat fluktuasi suhu pada bulan Agustus hingga Desember. Mortalitas 5% tersebut termasuk kondisi

Tabel 2. Jumlah koloni karang yang ditransplantasikan setelah 8 bulan

Table 2. Number of transplanted coral colonies after 8 months

Spesies Karang	Jumlah Koloni	
	Awal	Setelah 8 Bulan
<i>Acropora carduus</i>	100	88
<i>Acropora cervicornis</i>	230	215
<i>Acropora formosa</i>	230	222
<i>Acropora grandis</i>	230	220
<i>Acropora intermedia</i>	230	221
<i>Acropora pulchra</i>	230	222
total	1.250	1.188



Gambar 4. Tingkat kelangsungan hidup transplantasi karang

Figure 4. Coral transplant survival rate

hilang terbawa arus yang cukup kuat dimana kasus ini juga terjadi pada riset Clark & Edwards, (1995) yang terjadi kehilangan karena arus sekitar 21%. Dilaporkan masalah kehilangan bibit karangan transplantasi yang tinggi terutama dari lokasi transplantasi yang lebih terbuka. Hal ini menekankan mengarahkan untuk mencoba menempelkan koloni dengan aman di daerah dengan energi gelombang sedang. Namun juga solusi menggunakan semen bawah air, resin epoksi, pengikat kabel, tali nilon, atau kabel berlapis plastic merupakan hal yang menjadi efektif dalam transplantasi karang. Selain kasus pergerakan arus yang menyebabkan kehilangan namun secara khusus nilai 5% mengarah lebih banyak akibat perubahan suhu yang cukup tinggi. Pada bulan Agustus hingga Desember juga terjadi fenomena suhu atmosfer Indonesia mencapai suhu tertinggi akibat musim kemarau, sehingga mempengaruhi meningkatnya suhu air laut dan menyebabkan terjadinya kematian pada karang. Hal ini ditandai dengan ditemukannya *Coral Bleaching*

(pemutihan karang) seperti pada Gambar 5. Forrester *et al.*, (2012) melaporkan studi percobaan pengaruh suhu terhadap transplantasi baru menunjukkan kehilangan jaringan yang lebih besar (persen dari jaringan baru saja mati) dan pemutihan (persentase jaringan yang diputihkan) daripada keduanya kelompok.

Meskipun mortalitas in situ koloni tidak secara signifikan lebih besar selama delapan bulan pertama setelah transplantasi dibandingkan setelahnya, terdapat bukti efek mematikan yang secara tentatif sebagai stres transplantasi akibat perubahan suhu yang ekstrim dan arus yang kuat. Kondisi pertama, tingkat pertumbuhan transplantasi *Acropora spp* secara terjadi pelambatan pertumbuhan pada bulan kesepuluh setelah penanaman dibandingkan sebelumnya.

Pertumbuhan Panjang

Tingkat rata-rata pertumbuhan dari delapan



Gambar 5. *Acropora spp* yang terjangkit *Coral Bleaching*
 Figure 5. *Acropora spp* infected with Coral Bleaching

spesies karang yang ditransplantasikan yang menghasilkan beberapa ragam pertumbuhan selama studi dapat dilihat pada Gambar 6. Koloni yang menunjukkan tingkat pertumbuhan negatif atau nol karena kematian parsial, atau kerusakan dikeluarkan dari perhitungan tingkat pertumbuhan rata-rata. Laju pertumbuhan sangat bervariasi antar spesies. Spesies yang tumbuh paling cepat secara berurutan adalah *Acropora cervicornis*, *Acropora formosa*, *Acropora grandis*, *Acropora intermedia*, dan *Acropora pulchra* dan yang lambat pada spesies *Acropora carduus*.

Secara keseluruhan pertumbuhan transplantasi jenis karang *Acropora spp* di Pulau Panjang, Teluk Banten menunjukkan kondisi yang cukup baik. Kondisi-kondisi tertentu pada bulan tertentu

menginformasikan rerata laju pertumbuhan yang berbeda hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 6, dimana laju pertumbuhan rata-rata tertinggi terjadi pada bulan Mei, diikuti bulan September dan November dan yang terendah terjadi pada Agustus dan Desember. Pada bulan Desember nilai rerata pertumbuhan senilai 16,44 cm. Cruz & Harrison (2017) melaporkan berdasarkan risetnya transplantasi *Acropora tenuis* pada koloni tumbuh dengan nilai diameter rata-rata $16,1 \pm 0,7$ cm selama 3 tahun pengamatan. Banyak faktor yang menyebabkan naik dan turunnya nilai laju pertumbuhan karang namun dalam kasus ini lebih mengarah akibat perubahan suhu dan arus pada Teluk Banten. Pada nilai laju pertumbuhan yang tinggi dibulan Mei dan September dimana disebabkan kondisi iklim yang baik, dalam hal ini



Gambar 6. Rata-rata dan laju pertumbuhan *Acropora spp*
 Figure 6. Average and growth rate of *Acropora spp*

perubahan suhu dan pergerakan arus dalam kondisi yang stabil yaitu berkisar antara 29-30 °C dan 0.1 m/detik. Variasi dalam retensi larva karang dapat dipengaruhi oleh ukuran dan bentuk terumbu karang, kecepatan arus air dan hidrodinamika local (Doropoulos & Babcock, 2018). Hal yang berbeda pada laju pertumbuhan terendah dimana terjadi peningkatan suhu pada bulan Agustus hingga 32 °C sedangkan pada bulan Desember terjadi pergerakan arus dari Barat Daya di Pulau Panjang yang menyebabkan terjadinya peninggkatan sedimentasi dan berdampak terhadap pertumbuhan.

Stres pada karang akibat transplantasi dapat terlihat dalam tingkat pertumbuhan yang tertekan pada periode awal setelah transplantasi. Afiq-Rosli *et al.*, (2017) melaporkan studinya jenis *Pachyseris speciosa* dan *Pocillopora fragmen* dampak adaptasi dengan pembibitan in situ di perairan sedimen Singapura tumbuh secara signifikan lebih cepat (tiga sampai lima kali) daripada yang langsung ditransplantasikan (DT) ke substrat. Untuk menentukan apakah tingkat pertumbuhan mungkin dipengaruhi oleh proses adaptasi transplantasi, tingkat pertumbuhan untuk setiap spesies dalam setiap periode monitoring dibandingkan setiap bulannya.

Dari delapan spesies *Acropora spp* yang ditransplantasi jenis *Acropora carduus* yang pertumbuhannya lambat. Rerata dan laju pertumbuhan terjadi perlambatan secara general pada delapan spesies terjadi pada bulan Juni hingga Agustus. Faktor utama terjadi perlambatan pertumbuhan pada bulan tersebut mengarah akibat pergerakan arus Barat yang menyebabkan penumpukan sedimentasi yang menutupi pori-pori karang. Rustam *et al.* (2018) melaporkan pada bulan Oktober total padatan tersuspensi atau *Total Suspended Solids* (TSS) dari Teluk Banten menunjukkan tekstur sedimen pasir rata-rata sebesar 54,86 %, sedangkan nilai TOM dan karbon organik berkisar 5,33 - 20,57 % dan 0,47 - 3,44 %. Laju sedimentasi tercatat berkisar antara 0,011 - 0,035 kg/m²/hari dengan komposisi tertinggi pada tekstur pasir. Terumbu yang terisolasi oleh jarak atau pola arus dianggap sangat rentan terhadap gangguan bencana (Gilmour *et al.*, 2013). Hal tersebut dilaporkan oleh Johan, Soedharna & suharsono (2008) pada stasiun leeward mengalami perlambatan pertumbuhan karang dikarenakan tingginya laju sedimentasi yang menyebabkan penetrasi cahaya matahari terhambat dan partikel-partikel sedimen menutupi jaringan karang. Tingginya sedimentasi dapat berdampak bibit karang kehilangan energi untuk pertumbuhan diakibatkan energi yang digunakan hanya untuk dapat bertahan hidup. Spesies karang yang ideal untuk transplantasi akan tumbuh cepat, bertahan dari stres

akibat transplantasi dengan baik, dan memiliki tingkat kematian yang rendah setelah terbentuk di lingkungan baru mereka. Jenis *Acropora spp* cenderung tercermin dalam tingkat pertumbuhan dan mortalitas spesies bercabang yang lebih tinggi secara signifikan dibandingkan dengan jenis karang massif lainnya. Namun, ada banyak variasi dalam karakteristik untuk memeriksa data pertumbuhan dan kematian apakah spesies tertentu sangat cocok atau tidak cocok untuk transplantasi dilokasi tertentu.

Biota Asosiasi

Organisme terumbu karang pada lokasi transplantasi ditemukan sebagai satu atau kelompok hewan atau tumbuhan yang berasosiasi dengan terumbu karang dirak Transplantasi. Biota Asosiasi yang ditemukan pada daerah Transplantasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Hubungan Organisme dan biota laut dengan terumbu karang memiliki interaksi seperti parasitisme, kanibalisme, mutualisme, komensalisme seperti yang tersaji pada Tabel 3. Madiyani *et al.*, (2018) melaporkan dari studi inventarisnya memberikan potensi keanekaragaman 28 jenis ikan seperti genus *Epinephelus*, *Pomacentrus* dan lainnya. Secara konstruktif organisme laut terhadap terumbu karang saling berinteraksi dimana kalsium karbonat ekosistem terumbu karang dan memainkan peranan penting dalam jaringan makanan ekosistem terumbu karang. Secara parasitisme pengendalian predator karang (misalnya bintang laut mahkota duri) dalam kegiatan intervensi dalam sistem terumbu karang mutlak diperhatikan (Ceccarelli *et al.*, 2018). Jumlah biota asosiasi tersebut tidak menjadi patokan jumlah yang pasti karena dari sebagian biota asosiasi tersebut bersifat berpindah tempat. Faktor struktur karang merupakan kunci utama dalam hubungan biota asosiasi, hal tersebut dalam studi Ohman & Rajasuriya (1998) dilaporkan bahwa komunitas ikan dipengaruhi oleh struktur habitatnya karena ikan karang memodifikasi habitatnya, misalnya, dengan aktivitas makan. Korelasi lebih akurat untuk berbicara tentang interaksi ikan-habitat daripada ketergantungan habitat. Struktur habitat tidak hanya dapat mempengaruhi komunitas ikan secara keseluruhan yang dimanifestasikan oleh korelasi antara ikan dan variabel habitat. Struktural didalam transek mewakili suatu wilayah, hal ini menunjukkan bahwa komunitas ikan sangat dipengaruhi oleh struktur habitat. Kelimpahan karang transplantasi menunjukkan hubungan linier antara peningkatan jumlah ikan karang dan tutupan karang hidup (Wiguna *et al.*, 2018; Ulfah *et al.*, 2020)

Tabel 3. Biota Asosiasi Transplantasi karang
Table 3. Coral Transplant Association Biota

Biota asosiasi	Bulan								
	APR	MEI	JUN	JUL	AGU	SEP	OKT	NOV	DES
									
<i>Hippocampus spinosissimus</i>	-	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Aurelia aurita</i>	-	2	3	2	3	4	5	7	7
<i>Perna viridis</i>	-	-	2	2	3	5	5	7	7
<i>Drupella spp</i>	2	2	1	1	2	4	3	2	2
<i>Culcita sp</i>	-	-	1	-	-	1	2	1	1
<i>Synanceia verrucosa</i>	-	2	-	1	-	1	1	2	2
<i>Nudi Branch</i>	-	1	2	2	1	1	1	2	2
<i>Epinephelus sp</i>	3	1	2	2	1	1	2	3	3
<i>A. curacao</i>	-	6	9	10	9	15	10	15	15
<i>Pomacentrus alexanderae</i>	-	1	1	1	2	5	6	8	8
<i>Angel Fish</i>	4	1	3	4	5	-	4	3	3
<i>Tetraita</i>	2	1	-	-	5	-	-	6	6
<i>Taeniura lymna</i>	-	-	1	1	1	-	1	-	-
Jumlah (ekor)	11	18	26	27	33	38	41	57	57

KESIMPULAN

Dalam studi ini bibit yang ditransplantasi dengan jenis *Acropora* spp. dengan bentuk pertumbuhan bercabang (*branching*) yang terdiri dari 6 jenis spesies antara lain *Acropora carduus*, *Acropora cervicornis*, *Acropora formosa*, *Acropora grandis*, *Acropora intermedia*, dan *Acropora pulchra*. Transplantasi karang sebanyak 1.250 bibit karang 95% dalam kondisi hidup. Angka pertumbuhan *Acropora* spp sebesar 0,001 cm/hari, atau 0,019 cm/bulan. Asumsi pertumbuhan tahunan sekitar 0,23 cm/tahun. Transplantasi karang yang dibuat sebagai *Artificial Coral Reef* telah menjadi habitat hidupnya biota asosiasi, baik sebagai rumah bagi biota terumbu karang, sebagai tempat hidup bagi ikan-ikan besar dan berbagai megabentos

UCAPAN TERIMAKASIH

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada CSR PT. Chandra Asri Petrochemical yang mendukung Kelompok Konservasi Alam Bawah Laut, Carita dalam pelaksanaan proses rehabilitasi karang di Pulau Panjang, Teluk Banten.

DAFTAR PUSTAKA

Afiq-Rosli, L., Taira, D., Loke, H. X., Toh, T. C., Toh, K. Ben, Ng, C. S. L., Cabaitan, P. C., Chou, L. M., & Song, T. (2017). In situ nurseries enhance coral transplant growth in sedimented waters. *Marine Biology Research*, 13(8), 878–887. <https://doi.org/10.1080/17451000.2017.1307988>.

Aldilla, A., Zamani, N. P., & Haryadi, S. (2014). *Analisis Kondisi Habitat Karang Di Pulau Rimaubalak, Kandangbalak, Dan Panjurit, Lampung Selatan*. Institut Pertanian Bogor.

Ammar, M., Ahmed, S., EL-Gammal, Nassar, F., Belal, M., Farag, A., EL-Mesiry, W., EL-Haddad, G., Orabi, K., Abdelreheem, A., Shaaban, A., & Amgad. (2013). Review: Current trends in coral transplantation – an approach to preserve biodiversity. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 14(1), 43–53. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d140107>.

Bayraktarov, E., Saunders, M. I., Abdullah, S., Mills, M., Beher, J., Possingham, H. P., Mumby, P. J., & Lovelock, C. E. (2016). The cost and feasibility of marine coastal restoration. *Ecological Applications*, 26(4), 1055–1074. <https://doi.org/10.1890/15-1077>.

Cahyo, A. (2017). Identifikasi Penyakit Pada Terumbu Karang Menggunakan Ripple Down Rules. *JUTEI*, 1(2), 165–174.

Cambardella, C. A., Gajda, A. M., Doran, J. W., Wienhold, B. J. & Kettler, T. A. (2001). *Estimation of particulate and total organic matter by weight loss-on-ignition* (In R. Lal.).

Ceccarelli, D. M., Löffler, Z., Bourne, D. G., Al Moajil-Cole, G. S., Boström-Einarsson, L., Evans-Illidge, E., ... Bay, L. (2018). Rehabilitation of coral reefs through removal of macroalgae: state of knowledge and considerations for management and implementation. *Restoration Ecology*, 26(5), 827–838. <https://doi.org/10.1111/rec.12852>.

- Clark, S., & Edwards, A. J. (1995). Coral transplantation as an aid to reef rehabilitation: evaluation of a case study in the Maldive Islands. *Coral Reefs*, 14(4), 201–213. <https://doi.org/10.1007/BF00334342>.
- Clark S, E. A. (1994). The use of artificial reef structures to rehabilitate reef flats degraded by coral mining in the Maldives. *Bull Mar Sci*, 55, 726–746.
- Cruz, D. W. D., & Harrison, P. L. (2017). Enhanced larval supply and recruitment can replenish reef corals on degraded reefs. *Scientific Reports*, 7(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-14546-y>.
- Doropoulos, C., & Babcock, R. C. (2018). Harnessing connectivity to facilitate coral restoration. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 16(10), 558–559. <https://doi.org/10.1002/fee.1975>
- Doropoulos, C., Elzinga, J., ter Hofstede, R., van Koningsveld, M., & Babcock, R. C. (2019). Optimizing industrial-scale coral reef restoration: comparing harvesting wild coral spawn slicks and transplanting gravid adult colonies. *Restoration Ecology*, 27(4), 758–767. <https://doi.org/10.1111/rec.12918>.
- Effendie, M. . (1997). *Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusatama.
- Forrester, G. E., Ferguson, M. A., O'Connell-Rodwell, C. E., & Jarecki, L. L. (2014). Long-term survival and colony growth of *Acropora palmata* fragments transplanted by volunteers for restoration. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 24(1), 81–91. <https://doi.org/10.1002/aqc.2374>.
- Forrester, G. E., Maynard, A., Schofield, S., & Taylor, K. (2012). Evaluating causes of transplant stress in fragments of *Acropora Palmata* used for coral reef restoration. *Bulletin of Marine Science*, 88(4), 1099–1113. <https://doi.org/10.5343/bms.2012.1016>.
- Gilmour, J. P., Smith, L. D., Heyward, A. J., Baird, A. H., & Pratchett, M. S. (2013). Recovery of an isolated coral reef system following severe disturbance. *Science*, 340(6128), 69–71. <https://doi.org/10.1126/science.1232310>.
- Gomez, E.D., Yap, H.T., Cabaitan, P.C., & Dizon, R.M. (2008). Successful transplantation of a fragmenting coral, *Montipora digitata*, for reef rehabilitation. *Coastal Management*, 39(5), 556–574. <https://doi.org/10.1080/08920753.2011.600240>.
- Hatcher BG, Johannes RE, R. A. (1989). Review of research relevant to the conservation of shallow tropical marine eco systems. *Oceanogr Mar Biol Ann, Rev* 27, 337–414.
- Hein, M. Y., Willis, B. L., Beeden, R., & Birtles, A. (2017). The need for broader ecological and socioeconomic tools to evaluate the effectiveness of coral restoration programs. *Restoration Ecology*, 25(6), 873–883. <https://doi.org/10.1111/rec.12580>.
- Hernández-Delgado, E. A., Mercado-Molina, A. E., Alejandro-Camis, P. J., Candelas-Sánchez, F., Fonseca-Miranda, J. S., González-Ramos, C. M., Guzmán-Rodríguez, R., ... Suleimán-Ramos, S. E. (2014). Community-Based Coral Reef Rehabilitation in a Changing Climate: Lessons Learned from Hurricanes, Extreme Rainfall, and Changing Land Use Impacts. *Open Journal of Ecology*, 04(14), 918–944. <https://doi.org/10.4236/oje.2014.414077>.
- Hudson JH, D. R. (1988). Damage survey and restoration of MN Wellwood grounding site, Molasses Reef, Key Largo National Marine Sanctuary. *Proc 6th Int Coral Reef Symp* 2, 231–236.
- Irawan, H., Yude, R., Suhana, M. P., Suryanti, A., Kurniawan, D., Zahra, A., Putra, R. D., Razai, T. S., Yuniyanto, A. H., & Syakti, A. D. (2019). Assembled concrete reefs as a stand for coral transplantation on the seabed. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 348(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/348/1/012046>.
- Jalius, Setiyanto, D. D., Sumantadinata, K., Riani, E., & Ernawati, Y. (2008). Akumulasi Logam Berat dan Pengaruhnya Terhadap Spermatogenesis Kerang Hijau (*Perna viridis*) 1 (The Heavy Metal of Accumulation and Its Effects to Spermatogenesis on the Green Mussel (*Perna viridis*)). *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan Dan Perikanan Indonesia*, 15(1), 77–83.
- Johan, O. (2008). *Tingkat Keberhasilan Transplantasi Karang Batu pada Lokasi Berbeda di Gugusan Pulau Pari Kepulauan Seribu Jakarta*.
- Madiyani, K. D. P., Triastuti, J., & Pursetyo, K. T. (2018). Inventory of the tropical coral reef fishes in Wondama Bay regency, West Papua, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 137(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/137/1/012095>.
- Miller SL, McFall GB, H. A. (1993). Guidelines and recommendations for coral reefrestoration in the Florida Keys National marine Sanctuary. In *National Undersea Research Center, University of North Carolina at Wilmington*.
- Nava, H., & Figueroa-Camacho, A. G. (2017). Rehabilitation of damaged reefs: Outcome of the use of recently broken coral fragments and healed coral fragments of pocilloporid corals on rocky boulders. *Marine Ecology*, 38(5), 1–10. <https://doi.org/10.1111/maec.12456>.
- Nybakken, J. (1992). *Suatu Pendekatan Ekologis*. PT Gramedia. Jakarta.
- Ohman, M. ., & Rajasuriya, A. (1998). Relationships

- between habitat structure and fish communities.pdf. In *Environmental Biology of Fishes* (Vol. 53, Issue 1, pp. 19–31).
- Pearson, R. (1981). Recovery and recolonization of coral reefs. *Mar Ecol Prog*, 4, 105–122.
- Rustam, A., Adi, N. S., Mustikasari, E., Kepel, T. L., & Kusumaningtyas, M. A. (2018). Characteristics of sediment distribution and sedimentation rate in the Bay of Banten. *Jurnal Segara*, 14(3), 137–144.
- Salvat, B. (1987). *Human impacts on coral reefs: facts and recommendations*. Antenne Museum, Ecole Pratique des Hautes Etudes, French Polynesia.
- Smith, V. J. (2016). *Immunology of Invertebrates/ : Cellular* (pp. 1–13). Book Title: Encyclopedia of Life Sciences. <https://doi.org/10.1002/9780470015902.a0002344.pub3>.
- Ulfah, I., Yusuf, S., Rappe, R. A., Bahar, A., Haris, A., Tresnati, J., & Tuwo, A. (2020). Coral conditions and reef fish presence in the coral transplantation area on Kapoposang Island, Pangkep Regency, South Sulawesi. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 473(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/473/1/012058>.
- Wiguna, D. A., Masithah, E. D., & Manan, A. (2018). The percentage of coral reef cover in Saonek Kecil Island, Raja Ampat, West Papua. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 137(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/137/1/012049>.