



Biogenerasi Vol 11 No 1, 2026

Biogenerasi: Jurnal Pendidikan Biologi

Universitas Cokroaminoto Palopo

<https://e-journal.my.id/biogenerasi>

e-ISSN 2579-7085



EVALUASI KINERJA TRANSPLANTASI *Acropora* Sp. MENGGUNAKAN RAK BESI PADA KONDISI HIDRODINAMIKA MUSON DI GOSONG KALANGAN, LAMPUNG

Dzulfikar Yusuf Priyanatha¹, Vika Aulia Royani¹, M. Aqwam Nugraha¹, Flora Bintang Az Zahra¹, Dwi Rani Asfarini Simatupang¹, Aprila Mutia¹, Muhammad Faiz Farid¹, M Zona Bintang Armando¹, Davit Agus Priyanto¹, Mohammad Hafizh Afifi¹, Fahrez Isnanta Azzaid¹, Azza Dera Rahma Nayla¹, Naila Nur Fathiyya¹, Nadya Syifa Taufik¹, Regina Stephani Mesina Siringo-ringo¹, Lastiarma Manik¹, Jani Master¹, Ahmad Ikhsanudin¹, Priyambodo Priyambodo

¹Jurusan Biologi, Universitas Lampung, Indonesia

*Corresponding author E-mail: lisanofia544@gmail.com

DOI : 10.30605/biogenerasi.v11i1.8198

Accepted : 2 Februari 2026 Approved : 23 Februari 2026 Published : 24 Februari 2026

Abstract

Coral reef ecosystems in Gosong Kalangan waters are experiencing degradation, thereby requiring effective rehabilitation efforts, one of which is coral transplantation of *Acropora* sp. using artificial media in the form of iron racks. This study aimed to analyze the survival rate and growth rate of *Acropora* sp. fragments transplanted using this method. The research was conducted as a field experiment employing a Completely Randomized Design (CRD) over a six-month period (July to December 2025) at a depth of approximately ± 4 meters. The main parameters observed were survival rate and linear growth of coral fragments. The results showed a decline in survival rate from 100% in the first month to 56% at the end of the observation period. In contrast, the surviving fragments exhibited an increase in average length from 9.4 cm to 14.64 cm (total growth of 5.24 cm), with a mean growth rate of 0.898 cm per month. The decrease in survival rate was presumably influenced by biotic pressure in the form of predation by *Drupella* sp., as well as abiotic disturbances related to hydrodynamic factors and monsoonal waves affecting the stability of the transplantation racks. The iron rack method was able to support the growth rate of *Acropora* sp. fragments; however, its effectiveness in maintaining survival is highly dependent on the stability of local environmental conditions.

Keywords : *Acropora* sp., coral transplantation, Gosong Kalangan, growth rate, iron rack, survival rate

PENDAHULUAN

Ekosistem terumbu karang memiliki peran ekologis dan ekonomis yang krusial, di antaranya sebagai penyedia habitat, daerah pemijahan (*spawning ground*), daerah asuhan (*nursery ground*), dan tempat mencari makan (*feeding ground*) bagi berbagai biota laut. Ekosistem ini juga berfungsi penting sebagai pelindung wilayah pesisir dari abrasi serta agen penyerap karbon melalui proses kalsifikasi dan aktivitas fotosintesis *zooxanthellae* (Widiastuti *et al.*, 2021). Sayangnya, dalam beberapa dekade terakhir, terumbu karang secara global maupun lokal mengalami degradasi masif. Tekanan ini utamanya bersumber dari aktivitas antropogenik seperti sedimentasi, pencemaran, pembangunan pesisir, dan praktik penangkapan ikan yang merusak (*destructive fishing*), yang semakin diperparah oleh dampak perubahan iklim dan anomali peningkatan suhu permukaan laut (Saputra *et al.*, 2021). Kerusakan ini berdampak langsung pada hilangnya kompleksitas struktur habitat dan penurunan drastis produktivitas perairan pesisir.

Proses pemulihan terumbu karang secara alami pasca-kerusakan membutuhkan waktu yang sangat lama, karena sangat bergantung pada tingkat keberhasilan rekrutmen alami larva karang dan stabilitas substrat dasar (Li *et al.*, 2025). Oleh karena itu, intervensi aktif melalui teknik transplantasi karang menjadi salah satu metode rehabilitasi yang paling banyak diterapkan untuk mempercepat pemulihan fungsi ekosistem. Transplantasi karang adalah teknik fragmentasi koloni karang hidup yang dipindahkan ke lokasi terdegradasi menggunakan media buatan sebagai substrat penempelan (Widiastuti *et al.*, 2021). Inovasi desain media transplantasi terus berkembang, mulai dari pipa PVC sederhana hingga penggunaan struktur rangka baja bersalut pasir dan model jaring laba-laba (*spider web*). Inovasi tersebut dirancang untuk meningkatkan stabilitas mekanis, daya tahan terhadap arus laut, tingkat kesintasan (*survival rate*), serta mendukung rekrutmen alami karang keras (Muzaki *et al.*, 2024; Parenthen *et al.*, 2025).

Karang bercabang dari genus *Acropora* merupakan taksa yang ideal dan paling umum digunakan dalam upaya transplantasi.

Kelompok karang ini dipilih karena memiliki laju pertumbuhan linear yang tinggi serta kemampuan regenerasi jaringan yang sangat baik pasca-fragmentasi (Li *et al.*, 2025). Studi terdahulu membuktikan bahwa transplantasi *Acropora* sp. menggunakan sistem *grid nursery* mampu mencapai tingkat kelangsungan hidup hingga 94,58% dalam waktu 246 hari dengan pertumbuhan yang konsisten (Li *et al.*, 2025). Bahkan, penerapan substrat besi dan beton di perairan Pesawaran melaporkan tingkat kelangsungan hidup di atas 88% dengan pertumbuhan yang signifikan selama 24 bulan (Widiastuti *et al.*, 2021). Meskipun demikian, efektivitas metode rak besi bersifat *site-specific* dan sangat dipengaruhi oleh fluktuasi karakteristik hidrodinamika serta tingkat sedimentasi di lokasi penempatan.

Perairan Gosong Kalangan di Kabupaten Pesawaran, Lampung, merupakan salah satu kawasan dengan potensi terumbu karang yang tinggi, namun kini menghadapi tekanan lingkungan yang parah. Degradasi di kawasan ini dipicu oleh aktivitas manusia seperti penggunaan alat tangkap merusak, penambangan karang, polusi sampah anorganik, serta kurangnya kesadaran lingkungan masyarakat pesisir (Efendi *et al.*, 2020). Mengingat karakteristik perairan yang spesifik tersebut, kajian empiris mengenai efektivitas metode transplantasi di kawasan ini masih perlu dievaluasi lebih lanjut. Namun demikian, hingga saat ini belum tersedia data empiris mengenai tingkat kelangsungan hidup (*survival rate*) fragmen *Acropora* sp. yang ditransplantasikan menggunakan metode rak besi pada kondisi perairan Gosong Kalangan yang dipengaruhi dinamika hidrodinamika musiman. Informasi mengenai pola penurunan kelangsungan hidup dan faktor-faktor lokal yang memengaruhinya menjadi penting dikaji untuk memastikan bahwa metode rehabilitasi yang diterapkan benar-benar adaptif terhadap karakteristik lingkungan setempat dan tidak semata-mata mengacu pada keberhasilan di lokasi lain. Berdasarkan latar belakang dan celah informasi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat kelangsungan hidup dan laju pertumbuhan fragmen *Acropora* sp. yang ditransplantasikan menggunakan metode rak besi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi

rujukan ilmiah untuk optimalisasi upaya rehabilitasi terumbu karang di perairan Gosong Kalangan, Pesawaran, Lampung.

METODE

Penelitian dilaksanakan selama enam bulan, yaitu pada bulan Juli hingga Desember 2025. Lokasi penelitian berada di perairan Gosong Kalangan, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung, pada titik koordinat 5°39'15,8" LS dan 105°12'42,1" BT. Penentuan lokasi didasarkan pada kondisi ekosistem terumbu karang yang telah terdegradasi, dengan karakteristik substrat

dasar perairan yang didominasi oleh pasir dan pecahan karang (*rubble*) pada kedalaman ± 4 meter. Penelitian ini merupakan eksperimen lapangan (*field experiment*) yang menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan dalam penelitian ini didasarkan pada variasi posisi penempatan fragmen karang pada rak transplantasi. Setiap perlakuan terdiri atas 10 fragmen karang *Acropora* sp. sebagai unit percobaan yang didistribusikan secara acak. pada 8 rak, dengan total 80 fragmen yang diteliti.



Gambar 1. Pembuatan Rak Besi

Media transplantasi berupa rak besi didesain berbentuk persegi panjang berdimensi 80 cm $\times$ 40 cm dan ditopang oleh empat kaki vertikal setinggi 40 cm. Material utama rangka menggunakan besi beton berdiameter 10 mm. Pada bagian atas rangka, dibentuk struktur prisma segitiga memanjang, sehingga tinggi total rak dari dasar substrat hingga puncak mencapai ± 75 cm. Struktur bagian dalam prisma diperkuat dengan satu batang horizontal (80 cm) dan tiga batang vertikal (± 40 cm) yang menghubungkan bidang dasar dengan batang horizontal. Untuk mencegah korosi, seluruh permukaan rangka dilapisi campuran resin dan pasir, yang dilanjutkan dengan pelapisan semen untuk menyediakan tekstur substrat perlekatan yang ideal.

Substrat buatan (media tempel) dicetak menyerupai huruf L berukuran 15 cm $\times$ 7 cm $\times$ 2 cm menggunakan campuran semen dan pasir kasar. Setelah proses pengeringan selama 24–48 jam, substrat direndam dalam air laut selama tiga hari dengan proses penggantian air berkala. Proses perendaman (*curing*) ini bertujuan untuk menurunkan alkalinitas awal semen dan menstabilkan pH sebelum digunakan, fragmen *Acropora* sp. yang digunakan sebagai bibit transplantasi berukuran 5–7 cm, didasarkan pada

pertimbangan kelayakan tumbuh yang optimal di habitat alami. Ukuran ini juga selaras dengan standar praktik transplantasi karang bercabang pada umumnya yang merekomendasikan panjang 7–8 cm (Ferse, 2003; Herison & Romdania, 2017). Fragmen tersebut diikatkan pada substrat buatan menggunakan pengikat kabel nilon (*nylon cable ties*). Fragmen diposisikan dengan sudut kemiringan terhadap bidang horizontal rak untuk mengoptimalkan paparan cahaya matahari dan sirkulasi arus, serta meminimalkan risiko akumulasi sedimen. Substrat yang telah ditanami fragmen kemudian diikat kuat pada rangka rak besi.

Setelah mempersiapkan semua peralatan, seperti *Self-Contained Underwater Breathing Apparatus* set (SCUBA set), slate, rak besi, substrat, sikat gigi, jangka sorong, pengikat kabel nilon (*nylon cable ties*), penggaris, dan pensil, fragmen *Acropora* sp. yang sudah terpasang pada substrat dan rak besi dibawa ke lokasi penelitian di Gosong Kalangan pada kedalaman ± 4 meter. Dengan menggunakan SCUBA set, rak transplantasi diposisikan di dasar laut dengan kedalaman yang sesuai, memastikan rak pada posisi yang stabil. Setelah transplantasi selesai, pengamatan dilakukan setiap bulan untuk

mengukur panjang fragmen menggunakan jangka sorong dan mencatat kondisi fragmen dengan *slate*. Parameter bioekologi utama yang diamati meliputi tingkat kelangsungan hidup (*survival rate*) dan laju pertumbuhan panjang fragmen karang (*growth rate*). Pengukuran dan pemantauan dilakukan secara periodik setiap bulan selama masa penelitian. Data yang diperoleh selanjutnya dianalisis secara statistik menggunakan Analisis Varians

(ANOVA) pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$) untuk mengetahui signifikansi perbedaan pertumbuhan antarperlakuan. Perhitungan *survival rate* mengacu pada Ricker (1975), persentase fragmen atau individu yang masih hidup setelah periode tertentu, yang digunakan untuk menilai keberhasilan suatu proses atau perlakuan, seperti transplantasi karang. Rumus untuk menghitung *survival rate* adalah

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

SR : tingkat kelangsungan hidup

N_t : jumlah fragmen hidup pada akhir periode pengamatan

N_0 : jumlah fragmen pada awal transplantasi.

Perhitungan total pertumbuhan dan laju pertumbuhan (*growth rate*) fragmen karang mengacu pada konsep pertumbuhan panjang organisme menurut Ricker (1975). *Total growth* mengukur perubahan ukuran atau panjang fragmen selama periode waktu tertentu, sementara *growth rate* mengukur kecepatan pertumbuhan relatif terhadap ukuran awal fragmen. Untuk menghitung *total growth*, kita cukup mengurangi ukuran akhir dengan ukuran awal.

$$TG = (Lt - L0)$$

TG : total pertumbuhan

$L0$: panjang fragmen pada awal periode pengamatan,

LT : panjang fragmen pada akhir periode pengamatan.

Sedangkan *growth rate* dihitung dengan rumus:

$$GR = \frac{Lt - L0}{t}$$

GR : laju pertumbuhan panjang fragmen karang

$L0$: panjang fragmen pada awal periode pengamatan,

LT : panjang fragmen pada akhir periode pengamatan.

t : waktu pengamatan dalam bulan.

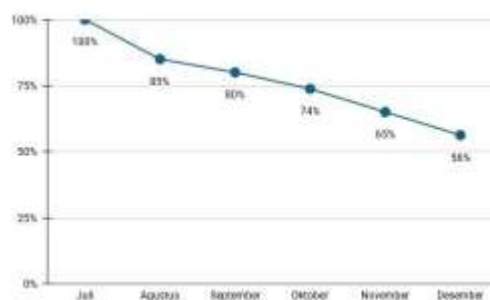
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. Data *Survival Rate* dan Jumlah fragmen dalam pada bulan Juli-Desember.

Bulan	<i>Survival Rate</i>	Jumlah Fragmen
Juli	100%	80
Agustus	85%	68
September	80%	64
Oktober	74%	59
November	65%	52
Desember	56%	45

Berdasarkan Tabel 1 yang menunjukkan tingkat kelangsungan hidup fragmen *Acropora* sp. dari bulan Juli hingga Desember, dapat dilihat adanya penurunan signifikan dalam tingkat kelangsungan hidup fragmen sepanjang periode tersebut. Dimulai dengan kelangsungan hidup 100% pada bulan Juli dengan jumlah 80 fragmen, angka ini berangsur-angsur menurun setiap bulannya, mencapai 56% pada bulan Desember dengan jumlah 45 fragmen. Gambar 2 menunjukkan grafik penurunan *survival rate* selama 6 bulan.

Penentuan mortalitas fragmen karang dalam penelitian ini mengacu pada kriteria penilaian kesehatan karang berbasis *tissue sloughing* sebagaimana dijelaskan oleh Binet *et al.* (2023), di mana fragmen dinyatakan mati apabila terjadi disintegrasi jaringan secara menyeluruh sehingga kerangka kalsium karbonat tampak jelas dan tidak terdapat kemungkinan pemulihan jaringan. Tahapan kerusakan jaringan diklasifikasikan secara bertingkat, mulai dari *sloughing* ringan hingga lanjut, dengan kondisi kematian ditandai oleh hilangnya seluruh jaringan hidup dan tereksposnya skeleton secara jelas. Pendekatan ini digunakan untuk memastikan bahwa penilaian mortalitas dilakukan secara objektif dan terstandarisasi berdasarkan indikator morfologi yang dapat diamati secara visual.



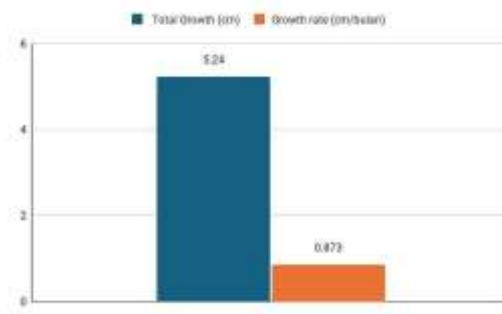
Gambar 2. *Survival Rate* dari Transplantasi

Pada Tabel 2 merupakan hasil pengukuran dari monitoring terumbu karang selama 6 bulan pada perhitungan total *growth* dan *growth rate* hanya menggunakan data panjang dari terumbu karang

Tabel 2. Data rata-rata Panjang, Lebar dan Diameter fragmen.

Bulan	Panjang	Lebar	Diameter
Juli	9.40	3.15	1.65
Agustus	10.50	4.16	2.49
September	11.47	5.21	3.45
Oktober	12.39	6.11	4.32
November	13.68	6.48	2.32
Desember	14.64	6.37	2.21

Gambar 3 menunjukkan grafik perbandingan antara total pertumbuhan dan *growth rate* fragmen karang selama periode 6 bulan. Berdasarkan hasil pengukuran, panjang fragmen meningkat dari 9,4 cm pada awal pengamatan menjadi 14,84 cm pada bulan ke-6, sehingga diperoleh total pertumbuhan sebesar 5,24 cm dengan laju pertumbuhan rata-rata 0,898 cm per bulan.



Gambar 3. *Total Growth* dan *Growth Rate*

Pembahasan

Berdasarkan Tabel 1 yang menunjukkan tingkat kelangsungan hidup fragmen *Acropora* sp. dari bulan Juli hingga Desember, dapat dilihat adanya penurunan signifikan dalam tingkat kelangsungan hidup fragmen sepanjang periode tersebut. Dimulai dengan kelangsungan hidup 100% pada bulan Juli, angka ini berangsur-angsur menurun setiap bulannya, mencapai 56% pada bulan Desember. Penurunan yang terjadi secara bertahap tersebut mengindikasikan bahwa faktor stres yang bekerja kemungkinan bersifat kumulatif sepanjang periode pengamatan, bukan akibat satu peristiwa gangguan tunggal. Pola ini menunjukkan bahwa keberhasilan transplantasi tidak hanya ditentukan oleh fase awal penempelan fragmen, tetapi juga oleh kemampuan adaptasi fragmen terhadap tekanan lingkungan yang berlangsung secara kontinu. penempelan fragmen pada rak transplantasi dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Rak Transplantasi Terumbu Karang

Fragmen yang berhasil hidup pada Gambar 5 menunjukkan jaringan karang yang masih menutupi seluruh permukaan cabang dengan warna relatif stabil dan tidak mengalami pemucatan, serta tidak tampak rangka yang terekspos. Struktur cabang terlihat utuh dan melekat kuat pada media transplantasi, mengindikasikan bahwa fragmen mampu beradaptasi dan mempertahankan kondisi fisiologisnya selama periode penelitian.



Gambar 5. Pertumbuhan Fragmen Karang

Sebaliknya, fragmen yang mengalami mortalitas pada Gambar 6 ditandai dengan hilangnya jaringan sehingga rangka kalsium karbonat berwarna putih terlihat jelas di permukaan cabang. Tidak terlihat

adanya pertumbuhan lanjutan, dan sebagian permukaan mulai menunjukkan penempelan sedimen atau organisme lain, yang mengindikasikan kegagalan fragmen dalam bertahan terhadap kondisi lingkungan perairan.



Gambar 6. Fragmen Mengalami Mortalitas

Selama monitoring ditemukan *Drupella* sp. yang memakan fragmen *Acropora* sp. yang di transplantasi. Kehadiran *Drupella* sp. ini memberikan dampak negatif terhadap kelangsungan hidup fragmen karang karena siput ini memakan jaringan karang hidup, terutama yang masih muda. (Schoepf *et al.*, 2010, Malik *et al.*, 2023). Meskipun tidak ada data pasti mengenai seberapa besar kontribusi *Drupella* sp. terhadap penurunan *survival rate*, kerusakan yang ditimbulkan oleh predator ini dapat memperburuk kondisi fragmen karang, terutama pada lokasi yang terinfestasi tinggi. Keberadaan predator karang seperti *Drupella* sp. juga dapat meningkatkan stres fisiologis fragmen akibat hilangnya jaringan hidup, yang berpotensi menurunkan kapasitas fotosintesis *zooxanthellae* serta memperlambat proses pemulihan jaringan. Kondisi ini dapat memperbesar peluang mortalitas, terutama pada fragmen berukuran kecil yang memiliki cadangan energi terbatas.



Gambar 7. Proses Rekonstruksi Rak Pasca Ombak Besar

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa perubahan pola angin dan gelombang yang dipengaruhi oleh muson, terutama antara muson barat daya dan timur laut, dapat mempengaruhi energi gelombang yang mencapai terumbu karang. Selama muson barat daya, gelombang cenderung lebih kuat dengan tinggi gelombang yang lebih besar yang dapat menghasilkan arus laut lebih kuat, berpotensi menyebabkan gangguan pada struktur rak transplantasi dan mempengaruhi posisi fragmen karang yang telah ditransplantasi (Kench *et al.*, 2009). Sebaliknya, muson timur laut membawa gelombang yang lebih lemah yang mengurangi intensitas perubahan arus di sekitar terumbu karang. Oleh karena itu, muson barat daya lebih berpotensi memberi dampak negatif terhadap stabilitas rak dan pertumbuhan

fragmen karang karena kondisi gelombangnya yang lebih besar. Gangguan hidrodinamika yang berulang juga berpotensi menyebabkan *dislodgement* atau pergeseran posisi fragmen pada substrat buatan, sehingga mengurangi stabilitas perlekatan dan meningkatkan risiko kematian. dapat dilihat pada Gambar 7, beberapa fragmen pada rak terlepas dari substrat. Selain itu, peningkatan energi gelombang dapat memicu resuspensi sedimen yang berpotensi menutupi permukaan fragmen dan menghambat proses fotosintesis.

Tabel 2 menggambarkan perbandingan antara total pertumbuhan dan *growth rate* fragmen karang selama periode 6 bulan. Total pertumbuhan fragmen karang (*Total Growth*) tercatat sebesar 5.24 cm, yang menunjukkan perubahan panjang fragmen dari bulan Juli hingga Desember

Penurunan diameter setelah bulan Oktober disebabkan oleh peningkatan energi gelombang selama muson yang dapat menyebabkan stres hidrodinamika yang memicu kehilangan jaringan parsial dan melemahkan perlekatan fragmen pada substrat. Kondisi ini tidak hanya memengaruhi ukuran morfometrik fragmen, tetapi juga berkontribusi terhadap meningkatnya mortalitas, sehingga penurunan diameter dan *survival rate* kemungkinan merupakan respons simultan terhadap tekanan lingkungan musiman di lokasi penelitian.

Laju pertumbuhan fragmen *Acropora* sp. sebesar 0,873 cm per bulan dalam penelitian ini masih berada dalam kisaran yang dilaporkan pada studi transplantasi karang bercabang di perairan Indonesia. Rudiansyah *et al.* (2024) menemukan bahwa *Acropora brueggemanni* yang ditransplantasi di perairan Bintan menunjukkan total pertumbuhan 4,614 cm selama enam bulan dengan laju rata-rata 0,855 cm per bulan dan *survival rate* sekitar 80%, yang menunjukkan bahwa fragmen yang bertahan tetap mampu mengalami pertumbuhan linear dalam kondisi lapangan. Studi di Kepulauan Spermonde juga menunjukkan bahwa laju pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup *Acropora* sp. sangat dipengaruhi oleh parameter lingkungan seperti kejernihan air, arus, dan nutrisi, dengan *survival rate* antar lokasi berkisar antara 69–86% (Parenden *et al.*, 2024). Perbedaan nilai *survival rate* antar lokasi tersebut menegaskan bahwa efektivitas metode transplantasi sangat dipengaruhi oleh karakteristik lingkungan mikro setempat, termasuk dinamika arus, stabilitas substrat dasar, serta tekanan biotik yang tidak selalu seragam antar perairan. Dengan demikian, pendekatan rehabilitasi yang bersifat generik perlu disesuaikan dengan kondisi ekologis spesifik lokasi.

Berdasarkan perbandingan tersebut, nilai pertumbuhan dalam penelitian ini masih berada dalam rentang yang dilaporkan pada studi sejenis, namun nilai *survival rate* yang lebih rendah menunjukkan adanya kemungkinan tekanan lingkungan yang berbeda pada lokasi penelitian yang memerlukan evaluasi lebih lanjut terhadap faktor hidrodinamika, sedimentasi, dan gangguan biotik

SIMPULAN DAN SARAN

Transplantasi fragmen *Acropora* sp. menggunakan metode rak besi di Gosong Kalangan menunjukkan tingkat kelangsungan hidup sebesar 56% setelah enam bulan pengamatan, dengan laju pertumbuhan rata-rata 0,898 cm per bulan. Pertumbuhan fragmen tergolong baik dan masih berada dalam kisaran yang dilaporkan pada penelitian sejenis, namun nilai *survival rate* relatif lebih rendah dibanding beberapa studi sebelumnya. Penurunan kelangsungan hidup diduga dipengaruhi oleh faktor biotik seperti predasi *Drupella* sp. serta faktor abiotik berupa energi gelombang dan kondisi hidrodinamika selama periode muson. Metode rak besi berpotensi digunakan sebagai teknik rehabilitasi, tetapi perlu mempertimbangkan kondisi lingkungan dan pengendalian tekanan biotik untuk meningkatkan keberhasilan transplantasi.

Penelitian lanjutan disarankan untuk mengintegrasikan pengukuran parameter oseanografi dan kualitas perairan secara kuantitatif dan periodik, seperti suhu, salinitas, pH, kecepatan arus, serta tinggi gelombang, guna mengidentifikasi kontribusi faktor fisik-kimia terhadap dinamika pertumbuhan dan kelangsungan hidup fragmen karang. Selain itu, evaluasi modifikasi desain dan sistem penambat rak yang lebih stabil terhadap dinamika musiman, pengendalian predator, serta pengujian variasi ukuran awal fragmen perlu dilakukan untuk merumuskan strategi yang lebih adaptif dalam meningkatkan tingkat kelangsungan hidup transplantasi.

DAFTAR RUJUKAN

- Binet, M. T., Reichelt-Brushett, A., McKnight, K., Golding, L. A., Humphrey, C., & Stauber, J. L. (2023). Adult corals are uniquely more sensitive to manganese than coral early-life stages. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 42(6), 1359–1370. <https://doi.org/10.1002/etc.5618>
- Harrison, A., & Romdania, Y. (2017). Bantuan penyuluhan dan kegiatan transplantasi terumbu karang di Pantai Ketapang Kabupaten Pesawaran. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 24(1), 23–28.
- Efendi, E., Kusuma, A. H., Putri, B., & Susanti, O. (2020). Rehabilitasi terumbu karang dengan aplikasi teknik propagasi

- di Desa Pagar Jaya Kabupaten Pesawaran. *Jurnal Sinergi*, 1, 41-49. <https://doi.org/10.23960/jsi.v1i1.7>
- Ferse, S. 2003. *Growing corals in an ocean-based nursery. The use of cage*. (Master Thesis). University of Bremen. Bremen.
- Kench, P. S., Parnell, K. E., & Brander, R. W. (2009). Monsoonally influenced circulation around coral reef islands and seasonal dynamics of reef island shorelines. *Marine Geology*, 266, 91-108. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2009.07.013>
- Li, M., Lee, D., Xiong, X., Zhu, L., Wang, A., Wan, W., Chin, Y., & Wang, P. (2025). *Acropora* spp. coral gardening using fragmentation and direct transplantation: A feasibility study at Boundary Island. *Oceans*, 6, 42. <https://doi.org/10.3390/oceans6030042>
- Malik, A., Minsaris, L. A., & Anzani, L. (2023). Pengaruh perbedaan modul transplantasi karang terhadap pertumbuhan karang di Pulau Pramuka. *Juvenil*, 4(2), 90-103. <https://doi.org/10.21107/juvenil.v4i2.19675>
- Muzaki, F. K., Syahroni, N., Saptarini, D., Wisesa, I. N. S. B., Budiman, K. F., & Pratama, A. R. (2024). Rangka baja bersalut pasir sebagai media transplantasi untuk rehabilitasi terumbu karang rusak di Pagerungan Besar, Sumenep. *SEWAGATI*, 8(2), 1285-1294. <https://doi.org/10.12962/j26139960.v8i2.653>
- Parenden, D., Rani, C., Jompa, J., Renema, W., & Tuhumena, J. R. (2024). Growth rate and survival of hard coral *Acropora* sp. in turbid waters of the Spermonde Islands, South Sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas*, 25(9), 3208-3216. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d250943>
- Parenden, D., Toha, A. H. A., Tampubolon, N., Tulung, J. R., Arifin, D., Aisy, Z. R., & Tuhumena, J. R. (2025). PELAKSANAAN REHABILITASI TERUMBU KARANG SECARA PARTISIPATIF DI KAMPUNG SAUWANDAREK DISTRIK MEOS MANSAR KABUPATEN RAJA AMPAT. *Panrita Abdi - Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 9(2), 282-295. <https://doi.org/10.20956/pa.v9i2.35238>
- Ricker, W. E. (1975). *Computation and interpretation of biological statistics of fish populations (Bulletin 191)*. Fisheries Research Board of Canada. Ottawa: Department of the Environment, Fisheries and Marine Service.
- Rudiansyah, R., Kurniawan, D., Apriadi, T., & Kurniawan, R. (2024). Laju Pertumbuhan Karang *Acropora brueggemanni* dan *Psammocora digitata* Ditransplantasi di Perairan Bintan. *Journal of Marine Research*, 13(4), 653-663. <https://doi.org/10.14710/jmr.v13i4.42001>
- Saputra, A., Dasa Permana, D., Cahyo, F. D., Arif, A., & Wijonarko, E. A. (2021). Coral reef transplantation *Acropora* spp. for coral reef rehabilitation on Panjang Island, Teluk Banten. *Jurnal Kelautan dan Perikanan Terapan*, 4(2), 105-115.
- Schoepf, V., Herler, J., Zuschin, M. (2010). Microhabitat Use and Prey Selection of the Coral-Feeding Snail *Drupella Cornus* in the Northern Red Sea. *Hydrobiologia*, 641: 45-57. <https://doi.org/10.1007/s10750-009-0053-x>
- Widiastuti, E. L., Dani, S. K. D., Tugiyono, Yudha, I. G., & Susanto, G. N. (2021). Growth and estimation of potential carbon absorption by transplantation branching coral reefs on Mahitam and Pahawang Islands of Pesawaran Regency, Lampung Province. *Journal of Physics: Conference Series*, 1751, 012053 <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1751/1/012053>