

## The Growth Rate of *Cyphastrea* Coral Fragment Under Controlled Condition

Reynaldi Surya Putra<sup>1</sup>, Adrian Rahman Septiandi<sup>2</sup>, Riyanti<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia;

<sup>2</sup>PT.Tirta Samudra Bali, Bali, 80761, Indonesia;

### Article History

Received : September 22<sup>th</sup>, 2023

Revised : November 18<sup>th</sup>, 2023

Accepted : November 30<sup>th</sup>, 2023

\*Corresponding Author:

**Riyanti**, Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia;

Email: [riyanti.unsoed@gmail.com](mailto:riyanti.unsoed@gmail.com)

**Abstract:** The role of corals was very important in coastal and marine ecosystems, whether in terms of education, ecology, and socio-economy. Coral growth can be used as an indicators of marine ecosystem health. This study was aimed to observed survival rate and the growth rate of *Cyphastrea* coral fragments. *Cyphastrea* coral fragments growth rate was observed in ex-situ sites and was conducted over a period of 3 months. The micro-fragmentation method was applied in this study. Several factors such as water temperature, light levels, and nutrient concentrations were measured and controlled throughout the study. The growth rate of *Cyphastrea* coral fragments was measured using ImageJ software. Result of this study exhibited that survival rate of *Cyphastrea* was 100% and the growth rate of *Cyphastrea* was 0.012 cm<sup>2</sup>/month. This study provides important information on the factors that affect the growth rate of *Cyphastrea* coral fragments in ex-situ sites. The result of this study can be used to develop more effective strategies for coral reef restoration.

**Keywords:** Coral fragments, cyphastrea, ex-situ, growth.

### Pendahuluan

Terumbu karang merupakan sistem ekologi yang dinamis yang ditandai oleh tingginya biodiversitas dan produktivitas. Oleh karena itu, peranan terumbu karang menjadi sangat penting. Dari segi ekologi, terumbu karang berfungsi sebagai lingkungan tempat organisme hewan dan tumbuhan mencari sumber makanan serta tempat perlindungan, sebagaimana dikemukakan oleh Widhiatmoko *et al.*, (2020). Terumbu karang merupakan suatu sistem ekologi yang dominan dibentuk oleh formasi karang keras, yang berfungsi sebagai habitat bagi sejumlah besar organisme laut yang beraneka ragam. Struktur fisik dari terumbu karang terdiri dari material kalsium karbonat, dengan lapisan ektodermis dan endodermis sebagai dua jenis jaringan lunak yang melapisi permukaannya.

Struktur karang yang terbuat dari kalsium karbonat menunjukkan kekuatan yang signifikan, mampu mengatasi tekanan dari arus dan gelombang yang kuat. Selanjutnya, koloni karang mengembangkan pola pertumbuhan yang khas yang dikenal sebagai bentuk

pertumbuhan (Suryatini dan Rai, 2020). Kerusakan pada ekosistem terumbu karang telah termanifestasi sejak era penjelajahan sumber daya alam dan penggunaan berlebihan oleh manusia. Selain itu, peristiwa alamiah seperti fenomena pemutihan karang juga dapat menjadi penyebab signifikan dari degradasi massif pada ekosistem terumbu karang. (Widhiatmoko *et al.*, 2020). Transplantasi karang secara ex-situ memiliki signifikansi yang bermacam-macam, sebagaimana dijelaskan oleh Saputra *et al.*, (2021).

Karang yang tumbuh di habitat alaminya sering kali mengalami tekanan akibat perubahan iklim, polusi, dan aktivitas antropogenik. Melalui penanaman karang di lokasi baru yang menawarkan kondisi lingkungan yang lebih stabil dan mendukung pertumbuhan karang, proses transplantasi dapat berperan dalam meningkatkan laju pertumbuhan karang dan mendukung percepatan pemulihan ekosistem terumbu karang yang mengalami kerusakan. Prosedur transplantasi karang harus dijalankan dengan hati-hati, mengingat potensi kerugian jika tidak dilakukan dengan tepat. Oleh karena itu,

penekanan pada kebutuhan akan prosedur yang akurat dan sesuai menjadi penting dalam pelaksanaan kegiatan transplantasi karang, sebagaimana disorot oleh Widhiatmoko *et al.*, (2020).

Transplantasi karang yang digunakan secara umum yaitu metode fragmentasi, metode ini melibatkan pemotongan karang menjadi fragmen kecil yang kemudian ditanamkan ke substrat baru. *Fragging* merupakan bagian dari reproduksi aseksual dengan proses sederhana dan tidak memerlukan alat khusus. Faktor keberhasilan dari metode transplantasi tersebut yaitu perlu mengamati dimensi fragmen karang, jenis substrat yang dipilih sebagai tempat tumbuhnya fragmen karang dan spesies karang yang digunakan (Saputra *et al.*, 2021). Karang *Cyphastrea* adalah jenis karang yang termasuk dalam keluarga Acroporidae. Warna dari karang ini bervariasi, bisa berwarna putih, krem, merah muda, atau biru. Ukurannya bisa mencapai beberapa sentimeter. Karang ini juga memiliki polip-polip yang kecil dan terletak pada permukaan cabang-cabangnya.

Karang scleractinian *Cyphastrea* adalah genus yang umum dan tersebar luas di seluruh terumbu karang di Indo-Pasifik. Genus *Scleractinian* Indo-Pasifik adalah salah satu genus yang paling khas dalam famili Merulinidae. Tidak seperti banyak genus lain dalam famili Merulinidae, *Cyphastrea* telah muncul dengan komposisi spesies yang sama, memotivasi penelitian yang lebih rinci pada tingkat spesies (Arrigoni *et al.*, 2017). Upaya restorasi terumbu karang secara tradisional mengandalkan pada transplantasi fragmen atau seluruh koloni karang dari terumbu di sekitarnya. Efektivitas dari upaya-upaya ini sangat bervariasi, tergantung pada protokol, habitat, dan spesies yang dipilih, tetapi secara umum, mereka secara umum, mereka tidak dianggap sebagai alat manajemen yang ekologis yang baik (Rinkevich, 2005).

Ketersediaan bahan sumber untuk transplantasi adalah salah satu salah satu keterbatasan terpenting dalam restorasi terumbu, karena kerusakan dan pemindahan bahan karang dari sumbernya dapat mengakibatkan kerusakan lebih lanjut dan mengurangi fekunditas dari koloni donor (Forsman *et al.*, 2006). Upaya transplantasi karang langsung berpotensi berbahaya bagi terumbu sumber dan koloni karang donor, terutama jika terumbu sumber sudah dalam

keadaan penurunan. Pendekatan untuk memulihkan terumbu karang yang gundul yang analog dengan silvikultur terestrial dan reboisasi yang sudah mapan metode. Strategi "berkebun" menggunakan akuakultur metodologi untuk membangun tempat terlindung *ex situ* atau *in situ* pembibitan, untuk membudidayakan dan memproduksi karang secara massal untuk mitigasi dan upaya restorasi, untuk studi eksperimental, atau untuk industri akuarium laut (Shafir *et al.*, 2003).

## Bahan dan Metode

### Waktu penelitian

Penelitian laju pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup karang dilaksanakan di perusahaan PT Tirta Samudra Bali yang terletak di Kecamatan Dawan, Kabupaten Klungkung, Bali. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 01 Oktober 2022 hingga 31 Januari 2023.

### Metode *Micro-fragmentation*

Pendekatan yang diterapkan dalam riset ini adalah metode mikro-fragmentasi. Mikro-fragmentasi adalah proses dimana potongan-potongan kecil atau fragmen karang dipecah dari koloni yang lebih besar dan kemudian ditempelkan pada permukaan baru, seperti sepotong batu atau struktur terumbu buatan. Sebelum memecah atau mengumpulkan koloni karang, sangat penting untuk memeriksa undang-undang dan peraturan yang berlaku di wilayah tertentu, karena banyak spesies karang yang dilindungi undang-undang (Prameliasari *et al.*, 2012).

### Data laju pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup *Cyphastrea*

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *underwater camera*, *background* hitam, rak, dan penggaris dapat dilihat pada Gambar 1. Gambar sampel penelitian diambil setiap 1 bulan sekali. Gambar sampel penelitian diambil menggunakan *underwater camera* (Olympus Tough TG-4).

### Analisis data

Gambar sampel penelitian diolah menggunakan *software* ImageJ. ImageJ merupakan sebuah perangkat lunak analisis gambar yang menggunakan basis bahasa pemrograman Java. Program ini sering kali diadopsi dalam berbagai disiplin ilmu seperti astronomi, biologi, fisika, dan bidang-bidang

lainnya (Papadopulos *et al.*, 2007). Analisis data laju pertumbuhan karang dihitung menggunakan rumus Hopkins (1992) dalam Hamid *et al.*, (2023) pada persamaan 1.

$$P = (Lt-L0)/t \quad (1)$$

Keterangan:

P = Laju pertumbuhan

Lt = Rata-rata luas area setelah pengamatan ke-t

L0 = Rata-rata luas area awal penelitian

t = Waktu Pengamatan

Tingkat kelangsungan hidup *Cyphastrea* dapat diestimasi melalui perbandingan antara jumlah karang yang bertahan pada akhir periode penelitian (Nt) dengan jumlah karang awal yang ditanam (No). Perhitungan tingkat kelangsungan hidup pada karang yang telah dipindahkan dilakukan dengan memanfaatkan perangkat lunak Microsoft Excel dan menggunakan formula yang sesuai, seperti menurut Hopkins (1992) dalam Hamid *et al.*, (2023) pada persamaan 2.

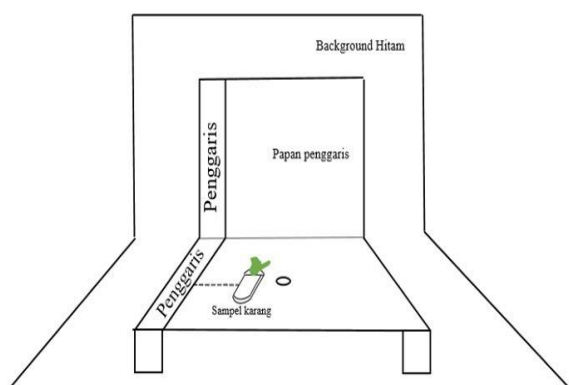
$$SR = \frac{Nt}{No} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

SR = Tingkat kelangsungan hidup

Nt = Jumlah individu pada akhir penelitian

No = Jumlah Individu pada awal penelitian



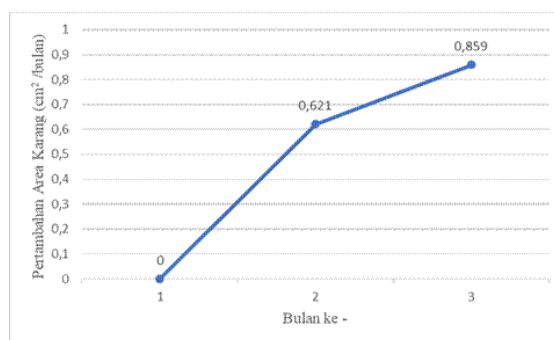
**Gambar 1.** Letak sampel penelitian, background hitam, rak, dan penggaris pada saat pengambilan gambar

## Hasil dan Pembahasan

### Laju pertumbuhan *Cyphastrea*

Transplantasi karang yang digunakan secara umum yaitu metode fragmentasi, metode ini melibatkan pemotongan karang menjadi fragmen kecil yang kemudian ditanamkan ke

substrat baru. Kemudian metode pemindahan utuh, pada metode ini karang yang utuh dipindahkan dari satu lokasi ke lokasi lain dengan cara mengangkat atau memindahkan karang secara keseluruhan. (Koroy *et al.*, 2021). *Fragging* merupakan bagian dari reproduksi aseksual dengan proses sederhana dan tidak memerlukan alat khusus. Keberhasilan metode transplantasi ini ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain perlu mempertimbangkan dimensi fragmen karang, jenis substrat yang dipilih sebagai tempat penempatan fragmen karang, dan spesies karang yang digunakan. (Saputra *et al.*, 2021).



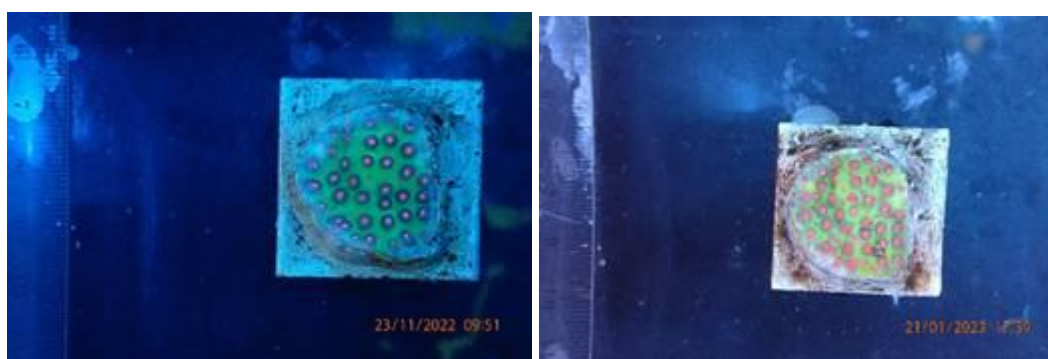
**Gambar 2.** Laju pertumbuhan *Cyphastrea*

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa pertambahan spesies *Cyphastrea* mengalami peningkatan dari pengamatan pertama yaitu sebesar 0,621 cm<sup>2</sup>/bulan. Pada pengamatan selanjutnya juga terjadi pertambahan area yaitu sebesar 0,859 cm<sup>2</sup> /bulan. Jika dibandingkan dengan penelitian laju pertumbuhan *Cyphastrea* sebelumnya, pertumbuhan *Cyphastrea* di penelitian ini lebih besar. Penelitian spesies *Cyphastrea* sebelumnya (Haryanti *et al.*, 2022) menunjukkan pertumbuhan sebesar 0.184 cm<sup>2</sup>/bulan. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa hal, seperti pertumbuhan di lokasi *ex-situ* lingkungan terumbu karang dapat dikendalikan dengan lebih baik termasuk suhu, salinitas, pH, dan nutrisi. Hal ini dapat membantu terumbu karang tumbuh lebih cepat dan sehat.

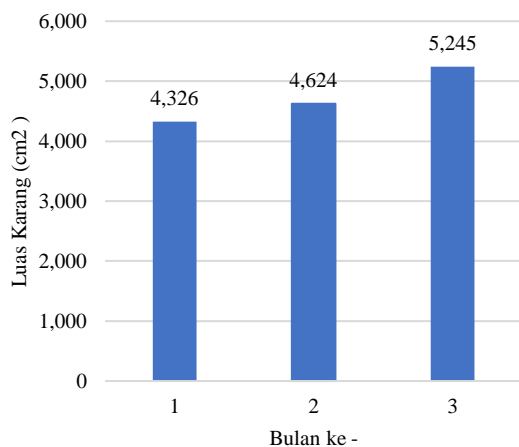
Ada beberapa kasus dimana penurunan area terjadi dan dapat diakibatkan oleh beberapa hal seperti *coral bleaching* dan penyakit karang. Namun, hal ini juga dapat terjadi karena perbedaan jarak pengambilan foto dari kamera ke spesies. Perbedaan jarak ini mempengaruhi pixel setiap foto dan terdapat perbedaan pixel diantara foto pengamatan. Pixel dapat mempengaruhi hasil dari digitasi ImageJ. Pertumbuhan karang dapat dilihat secara berkala untuk memastikan bahwa karang berkembang dengan baik dan

menempel dengan kuat. Jika karang tidak tumbuh dengan baik atau terlepas dari substrat, mungkin perlu mengulangi proses penempelan dengan metode yang berbeda atau memilih substrat yang lebih cocok untuk karang tersebut. Penting untuk menjaga kondisi lingkungan di sekitar karang agar pertumbuhannya optimal. Kualitas air dan nutrisi di lingkungan sekitar karang harus sesuai dengan kebutuhan karang dan tidak ada faktor-faktor yang dapat merusak atau mengganggu pertumbuhan karang, seperti polusi (Knapp *et al.*, 2022).

Penting juga untuk memantau parameter air akuarium, karena dapat mempengaruhi kesehatan karang. Perlu dilakukan memantau karang dari tanda-tanda hama atau penyakit, dan mengambil tindakan jika perlu. Ini akan membantu menjaga lingkungan akuarium tetap sehat dan bebas dari penyakit. Meningkatnya penyakit karang kemungkinan merupakan reaksi terhadap pemanasan global, radiasi ultraviolet (UV) yang meningkat, dan aliran air dari daratan, termasuk air limbah, nutrisi, dan bahan kimia beracun (misalnya, pestisida dan agrokimia) (Stanley *et al.*, 2018).



**Gambar 3.** Perbandingan kondisi *Cyphastrea*, (a) mikrofragmen *Cyphastrea* pada awal penelitian; (b) mikrofragmen *Cyphastrea* pada akhir penelitian.



**Gambar 4.** Pertambahan luas area *Cyphastrea*.

Pemantauan juga harus dilakukan untuk mengontrol pertumbuhan biota lain di sekitar lokasi. Hal ini dilakukan untuk mengantisipasi kehadiran hewan pemangsa karang serta biota yang menempel lainnya yang dapat terdeteksi dan segera disingkirkan. Karang yang tumbuh pada lokasi dan lingkungan yang tepat akan tumbuh cepat dan normal. Hasil pemantauan karang yang diamati cukup baik terlihat dari ketiadaan tanda-tanda terkena penyakit maupun hama yang menempel pada permukaan karang.

Menurut (Renzi *et al.*, 2022) menyatakan bahwa tanpa cara yang efektif untuk secara pasti mengidentifikasi penyakit unik di lapangan, akan tetap sulit mendeteksi pola-pola halus penyakit-penyakit individual. Model yang memprediksi wabah penyakit atau dinamika karang harus mempertimbangkan populasi pemakan karang serta dampak potensial perubahan iklim dan penggunaan sumber daya manusia terhadap hubungan penyakit karang-karang.

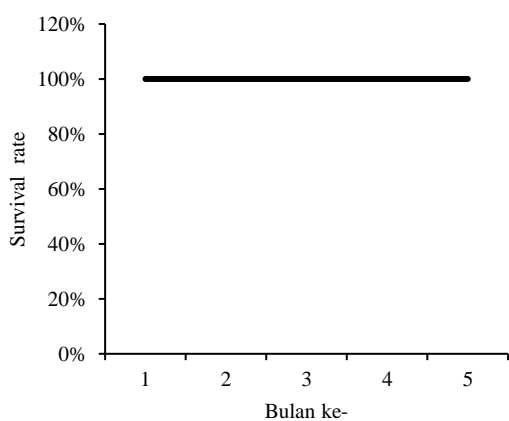
Berdasarkan Gambar 4, luas area karang *Cyphastrea* dari bulan pertama hingga bulan ketiga. Berdasarkan pengamatan tersebut, karang *Cyphastrea* menunjukkan rata-rata pertumbuhan sebesar 0,012 cm<sup>2</sup>/bulan. Peningkatan luas wilayah pertumbuhan pada terumbu karang *Cyphastrea* menunjukkan tingkat yang lebih rendah jika dibandingkan dengan hasil penelitian Rachmilovitz dan Rinkevich (2017) di lingkungan alamiah dengan kedalaman yang lebih signifikan (0,03 cm<sup>2</sup>/bulan). Kemungkinan ini disebabkan oleh adanya pengaruh laju pertumbuhan yang dipengaruhi oleh tingkat intensitas cahaya dan kedalaman air, yang pada gilirannya memengaruhi proses fotosintesis dan tingkat pertumbuhan karang. Variasi dalam kedalaman perairan juga menjadi faktor yang

berkontribusi pada perbedaan parameter suhu, salinitas, dan oksigen terlarut, sebagaimana dijelaskan oleh Sidabuntar *et al.*, (2019), yang dapat berdampak pada proses pertumbuhan karang.

Pertumbuhan paling tinggi terjadi pada bulan ketiga. Perpanjangan panjang fragmen karang dipengaruhi oleh sejumlah faktor lingkungan, termasuk suhu, salinitas, pH, kecerahan, dan kedalaman perairan. Suhu memiliki dampak signifikan terhadap laju metabolisme reproduksi dan perubahan struktur fisik karang (Sadarun *et al.*, 2006, sebagaimana dikutip dalam Prayoga *et al.*, 2019). Keadaan suhu yang relatif stabil sangat mendukung pertumbuhan karang, sedangkan peningkatan suhu dapat menjadi ancaman serius terhadap kelangsungan hidup karang. Laju pertumbuhan karang dapat diukur dengan membagi selisih perubahan area karang dalam jangka waktu penelitian dengan panjang waktu penelitian itu sendiri (Prayoga dkk, 2019).

### Tingkat kelangsungan hidup mikrofragmen *Cyphastrea*

Kelangsungan hidup merupakan parameter kritis yang memegang peranan sentral dalam menilai keberhasilan suatu proses transplantasi terumbu karang. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Nurman *et al.*, (2017), ditemukan bahwa persentase kelangsungan hidup karang yang ditanam dipengaruhi secara signifikan oleh faktor-faktor tertentu, seperti penutupan alga, sedimentasi, dan dimensi fragmen karang yang melibatkan cabang dengan variasi ukuran yang berbeda. Oleh karena itu, pemahaman mendalam terhadap dinamika variabel-variabel ini menjadi esensial dalam upaya meningkatkan efektivitas transplantasi terumbu karang.



**Gambar 2.** Survival rate mikrofragmen *Cyphastrea*.

Kelangsungan hidup yang bergantung pada ukuran bagi fragmen karang umumnya tidak ditemukan terjadi. Beberapa penelitian telah menemukan hubungan positif yang signifikan antara kelangsungan hidup dan ukuran sementara yang lain tidak (Forsman *et al.* 2015). Salah satu alasan kurangnya keumuman ini adalah bahwa faktor-faktor selain ukuran fragmen dapat memengaruhi kelangsungan hidup fragmen karang. Faktor-faktor ini meliputi laju pertumbuhan regenerasi jaringan, jenis substrat, dan kondisi lingkungan (Mercado-Molina *et al.*, 2014).

Gambar 5 menunjukkan bahwa tingkat kelangsungan hidup karang spesies *Cyphastrea* sebesar 100% dengan jumlah yang hidup dari awal sampai akhir sebanyak 3 fragmen karang. Dibandingkan dengan penelitian sebelumnya oleh Haryanti *et al.*, (2022), penelitian tingkat kelangsungan hidup karang *Cyphastrea* ini lebih besar. Hal ini diduga karena pengaruh suhu lokasi penelitian yang berbeda. Menurut Supriharyono (2007), kisaran suhu yang optimal untuk pertumbuhan terumbu karang adalah antara 25 hingga 29°C, dengan batas toleransi pertumbuhan berkisar antara 18 hingga 40°C di lingkungan perairan tropis. Peningkatan suhu yang signifikan dapat mengakibatkan proses pertumbuhan terumbu karang menjadi kurang optimal, sehingga karang lebih cenderung untuk bertahan hidup daripada aktif tumbuh. Indikasinya bahwa suksesnya transplantasi karang dapat dilihat dari pandangan Harriot dan Fisk (1998) sebagaimana yang dikutip oleh Adityana (2012), di mana suatu upaya transplantasi karang dapat dianggap berhasil apabila tingkat kelangsungan hidupnya mencapai kisaran 50-100%.

Keberhasilan ini dapat dicapai melalui penanaman karang pada lingkungan yang memiliki kesamaan dengan habitat asalnya, terutama dalam hal arus perairan, kedalaman, dan tingkat kekeruhan. Faktor-faktor stres sangat penting dalam fragmen kecil karena beberapa alasan yaitu karena rasio permukaan/volume yang lebih besar, jaringan hidup dari fragmen kecil lebih terpapar kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan dibandingkan dengan fragmen besar. Karena pada fragmen kecil, area permukaan itu sendiri, yang merupakan bagian hidup dari fragmen karang, besar relatif terhadap ukuran fragmen, probabilitas kematian jaringan per unit area lebih tinggi daripada pada fragmen yang lebih besar. Karang dengan ukuran yang sama yang disebabkan oleh faktor merugikan

akan mewakili kerusakan yang lebih besar secara proporsional pada fragmen kecil dibandingkan dengan fragmen besar, relatif terhadap total area jaringan hidup (Lizcano-Sandoval et al., 2018).

## Kesimpulan

Laju pertumbuhan mikrofragmen *Cyphastrea* selama 3 bulan penelitian menunjukkan rata-rata laju pertumbuhan sebesar 0,012 cm<sup>2</sup>/bulan. Tingkat kelangsungan hidup (*Survival rate*) spesies *Cyphastrea* yaitu sebesar 100% karena semua fragmen karang hidup dari awal pengamatan sampai akhir. Dapat dikatakan bahwa kegiatan transplantasi karang ini berhasil.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT.Tirta Samudra Bali atas izin penggunaan data dan fasilitas selama penelitian hingga penelitian selesai.

## Referensi

- Aditiyana, A. (2012). *Analisis Laju Pertumbuhan dan Tingkat Keberhasilan Transplantasi Karang Stylophra pistillata dan Pocillopora verrucosa Di Perairan Pulau Karya Kepulauan Seribu*. Institut Pertanian Bogor.
- Arrigoni, R., Berumen, L., Huang, D., Terraneo, I., Benzoni, F. (2017). *Cyphastrea* (Cnidaria: Scleractinia: Merulinidae) in the Red Sea: phylogeny and a new reef coral species. *Invertebrate Systematics*, 31(2), 141-156. DOI: 10.1071/IS16035.
- Forsman, Z., Page, C., Toonen, R. (2015). Growing coral larger and faster: micro-colony-fusion as a strategy for accelerating coral cover. *PeerJ*. DOI: 10.7717/peerj.1313.
- Hamid, R., Sativa, D. (2023). Growth and Survival Performance of Transplanted Acropora Fragment in a Nursery Floating. *Jurnal Biologi Tropis*. 23(1): 307-312. DOI: 10.29303/jbt.v23i1.4486.
- Haryanti, D., Maskur, A., Munasik, M. (2022). Mikrofragmentasi Untuk Restorasi Karang Masif di Pulau Sambangan Karimunjawa. *Jurnal Kelautan Tropis*, 25(3), 432-438. DOI: 10.14710/jkt.v25i3.15124.
- Knapp, I., Forsman, Z., Greene, A., Johnston, E., Bardin, E., Chan, N., Wolke, C., Gulko,

- D., Toonen, R. (2022). Coral micro-fragmentation assays for optimizing active reef restoration efforts. *PeerJ*, 10, e13653. DOI: 10.7717/peerj.13653.
- Koroy, K., Wahab, I., Alwi, D., Nur, R., Nurafni, N. (2021). Transplantasi Terumbu Karang Menggunakan Media Bioreeftek di Perairan Pulau Dodola Kabupaten Pulau Morotai. *Journal of Khairun Community Services*, 1(2). DOI: 10.33387/jkc.v1i2.3729.
- Lizcano, S., Londoño, C., Zapata, F. (2018). Growth and survival of *Pocillopora damicornis* (Scleractinia: Pocilloporidae) coral fragments and their potential for coral reef restoration in the Tropical Eastern Pacific. *Marine biology research*, 14(8), 887-897. DOI: 10.1080/17451000.2018.1528011.
- Mercado, M., Ruiz, D., Sabat, A. (2014). Survival, growth, and branch production of unattached fragments of the threatened hermatypic coral *Acropora cervicornis*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 457:215–219. DOI: 10.1016/j.jembe.2014.04.017.
- Nurman, F., Sadarun, B., dan Palupi, R., (2017). Tingkat Kelangsungan Hidup Karang *Acropora formosa* Hasil Transplantasi di Perairan Sawapudo Kecamatan Soropia. *Sapa Laut*. Vol. 2(4): 119-125. DOI: <http://dx.doi.org/10.33772/jsl.v2i4.3820>
- Papadopulos, F., Spinelli, M., Valente, S., Foroni, L., Orrico, C., Alviano, F., Pasquinelli, G. (2007). Common tasks in microscopic and ultrastructural image analysis using ImageJ. *Ultrastructural Pathology*, 31(6), 401-407. DOI: 10.1080/01913120701719189.
- Prameliasari, T., Munasik, M., Wijayanti, D. (2012). Pengaruh Perbedaan Ukuran Fragmen dan Metode Transplantasi Terhadap Pertumbuhan Karang *Pocillopora damicornis* di Teluk Awur, Jepara. *Journal of Marine Research*, 1(1), pp.159-168. DOI: <https://doi.org/10.14710/jmr.v1i1.2005>.
- Prayoga, B., Munasik, I. (2019). Perbedaan metode transplantasi terhadap laju pertumbuhan *Acropora aspera* pada artificial patch reef di Pulau Panjang Jepara. *Journal of Marine Research*. Vol 8(1). Hal 1-10. DOI: 10.14710/jmr.v8i1.24302.

- Rachmilovitz, E., Rinkevich, B. (2017). Tiling the reef-Exploring the first step of an ecological engineering tool that may promote phase-shift reversals in coral reefs. *Ecological Engineering*, 105,150-161. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2017.04.038
- Renzi, J., Shaver, E., Burkepile, D., Silliman, B. (2022). The role of predators in coral disease dynamics. *Coral Reefs*, 41(2), 405-422. DOI: 10.1007/s00338-022-02219-w.
- Rinkevich, B. (2005). Conservation of coral reefs through active restoration measures: recent approaches and last decade progress. *Environmental Science and Technology* 39, 4333–4342. DOI: 10.1021/es0482583.
- Saputra, A., Permana, D., Cahyo, D., Arif., Wijonarko, A. (2021). Coral Reef Transplantation *Acropora* sp., For Coral Reef Rehabilitation on Panjang Island Teluk Banten. In *Jurnal Kelautan dan Perikanan Terapan*, 4(2). DOI: 10.15578/jkpt.v4i2.10074.
- Shafir, S., van Rjin, J., Rinkevich, B., (2003). The use of coral nubbins in coral reef ecotoxicology testing. *Biomolecular Engineering*. 20, 401–406. DOI: 10.1016/S1389-0344(03)00062-5.
- Sidabuntar, E., Sartimbul, A., Handayani, M. (2019). Distribusi suhu, salinitas, dan oksigen terlarut terhadap kedalaman di perairan Teluk Prigi, Kabupaten Trenggalek. *Journal of Fisheries and Marine Research*. 3(1), 46-52. DOI: 10.21776/ub.jfmr.2019.003.01.6
- Stanley, G., Shepherd, H., Robinson, A. (2018). Paleoecological response of corals to the end-Triassic mass extinction: an integrational analysis. *Journal of Earth Science*, 29, 879-885. DOI: 10.1007/s12583-018-0793-5.
- Supriharyono. (2007). *Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang*. Jakarta: Djambatan.
- Suryatini, K., Rai, G. (2020). Potensi Pemulihan Ekosistem Terumbu Karang: Dampak Positif Pandemi Covid-19 Terhadap Lingkungan. *Jurnal Emasains: Jurnal Edukasi Matematika Dan Sains, IX*. DOI: 10.5281/zenodo.4301137.
- Widhiatmoko, M., Endrawati, H., Taufiq, N. (2020). Potensi Ekosistem Terumbu Karang Untuk Pengembangan Ekowisata di Perairan Pulau Sintok Taman Nasional Karimunjawa. *Journal of Marine Research*, 9(4), 374–385. DOI: 10.14710/jmr.v9i4.27801.