

# Mikrofragmentasi Untuk Restorasi Karang Masif di Pulau Sambangan Karimunjawa

Dwi Haryanti\*, Alif Maskur, Munasik

Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Soedarto S.H, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia  
Email: dwiharyanti@lecturer.undip.ac.id

## Abstract

### Microfragmentation For Massive Coral Restoration on Sambangan Island, Karimunjawa

Coral reefs in Indonesia has been degraded due to various environmental stressors and only a few are left under very good category. Coral reef restoration efforts need to be planned to improve the condition of damaged coral reef ecosystems. Microfragmentation is one of the methods used for massive coral reef restoration. This research aims to determine the growth rate and survival rate of *Porites* and *Cyphastrea* using different fragment sizes. The coral fragments were used 1 cm<sup>2</sup>, 2 cm<sup>2</sup>, and 4 cm<sup>2</sup>. This research was conducted in a maintenance tank owned by PT Pura Baruna Bahari located on Sambangan Island from September to December 2021. Observation of growth rate and survival rate were checked every one week by taking photos of coral fragments. These photos were processed using Image J. The results show that the highest growth rate of *Porites* was found in fragments 2 cm<sup>2</sup> (0.272 cm<sup>2</sup>/week) and the lowest was obtained from fragments 4 cm<sup>2</sup> (0.092 cm<sup>2</sup>/week). The highest growth rate of *Cyphastrea* was found in fragments 2 cm<sup>2</sup> with the growth rate of 0.736 cm<sup>2</sup>/week and the lowest was obtained from fragments 4 cm<sup>2</sup> with the growth rate of 0.447 cm<sup>2</sup>/week. The survival rates of coral fragments *Porites* and *Cyphastrea* were 100% and 98.21%, respectively. The results of growth rate analysis using One Way ANOVA showed that there was a significant difference ( $P < 0.05$ ) on *Porites* growth rate and no significant difference ( $P > 0.05$ ) were found on *Cyphastrea*'s growth rate. The highest growth rate was achieved at 2 cm<sup>2</sup> fragments of *Porites* and *Cyphastrea* fragments.

**Keywords:** Microfragmentation, *Porites*, *Cyphastrea*, Growth rate, Survival rate

## Abstrak

Kondisi ekosistem terumbu karang di Indonesia telah mengalami degradasi akibat berbagai tekanan lingkungan, dan hanya sedikit yang berada dalam katagori sangat baik. Restorasi terumbu karang perlu dilakukan untuk memperbaiki kondisi ekosistem terumbu karang yang telah rusak. Mikrofragmentasi merupakan salah satu metode yang digunakan untuk usaha restorasi terumbu karang masif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju pertumbuhan dan kelulushidupan karang *Porites* dan *Cyphastrea* menggunakan ukuran fragmen yang berbeda. Fragmen karang yang digunakan berukuran 1 cm<sup>2</sup>, 2 cm<sup>2</sup>, dan 4 cm<sup>2</sup>. Penelitian ini dilakukan di bak pemeliharaan milik PT Pura Baruna Bahari yang terletak di Pulau Sambangan pada bulan September – Desember tahun 2021. Pengamatan laju pertumbuhan dan kelulushidupan dilakukan setiap 1 minggu dengan cara pengambilan foto fragmen karang. Pengolahan data laju pertumbuhan dilakukan menggunakan perangkat lunak *Image J*. Hasil penelitian ini berupa laju pertumbuhan dan kelulushidupan setiap fragmen karang *Porites* dan *Cyphastrea*. Laju pertumbuhan *Porites* tertinggi didapatkan pada fragmen yang berukuran 2 cm<sup>2</sup> dengan nilai 0,272 cm<sup>2</sup>/minggu dan terendah didapatkan dari fragmen yang berukuran 4 cm<sup>2</sup> dengan nilai 0,092 cm<sup>2</sup>/minggu. Laju pertumbuhan *Cyphastrea* tertinggi didapatkan pada fragmen yang berukuran 2 cm<sup>2</sup> dengan nilai 0,736 cm<sup>2</sup>/minggu dan terendah didapatkan dari fragmen yang berukuran 4 cm<sup>2</sup> dengan nilai 0,447 cm<sup>2</sup>/minggu. Kelulushidupan fragmen karang *Porites* dan *Cyphastrea* secara berurutan bernilai 100% dan 98,21%. Hasil analisa laju pertumbuhan menggunakan *One Way ANOVA* menunjukkan berbeda nyata ( $P < 0,05$ ) pada karang *Porites* dan tidak beda nyata ( $P > 0,05$ ) pada karang *Cyphastrea*. Laju pertumbuhan tertinggi dicapai pada fragmen ukuran 2 cm<sup>2</sup> pada fragmen karang *Porites* dan *Cyphastrea*.

**Kata Kunci :** Mikrofragmentasi, *Porites*, *Cyphastrea*, Kelulushidupan, Laju pertumbuhan

## PENDAHULUAN

Restorasi terumbu karang merupakan salah satu upaya untuk memperbaiki kondisi terumbu karang yang telah rusak ataupun untuk menjaga ekosistem terumbu karang. Restorasi terumbu karang telah banyak dilakukan di Indonesia (Munasik *et al.*, 2018), namun restorasi terumbu karang hanya banyak dilakukan dengan cara memperbayak karang bercabang karena pertumbuhannya yang cepat (Lirman, 2000). Restorasi karang masif masih belum dilakukan, meski karang masif merupakan komponen ekosistem terumbu yang penting. Karang masif sering ditemukan di zona

intertidal dan perairan dangkal (Nurhaliza *et al.*, 2019) dan memiliki strukturnya yang lebih kuat, tahan gelombang (Baldock *et al.*, 2014) dan lebih tahan terhadap perubahan suhu (Loya, 2001).

Penelitian ini dilakukan karena kurangnya eksplorasi tentang potensi karang masif sebagai obyek restorasi terumbu karang menyebabkan sedikitnya referensi tentang restorasi terhadap karang masif di Indonesia. Restorasi karang masif dapat dilakukan dengan mikrofragmentasi namun hal ini baru dilakukan di Mote Marine Laboratory, Florida, Amerika Serikat (Page, 2013; Page dan Vaughan, 2014) dan di perairan Florida, Amerika Serikat (Page *et al.*, 2018). Penelitian oleh Page *et al.* (2018) yang dilakukan di perairan Florida, Amerika Serikat fragmen yang berukuran lebih kecil (mikrofragmen 1 cm<sup>2</sup>) menghasilkan luas *soft tissue* 10 kali lipat lebih banyak dibandingkan dengan yang dihasilkan oleh fragmen yang lebih besar, sehingga metode mikrofragmentasi dapat menambah laju pertumbuhan karang masif. Mikrofragmen dalam metode mikrofragmentasi karang dapat melebur (*fusion*) dengan fragmen lainnya yang berasal dari karang donor yang sama sehingga menghasilkan luasan fragmen yang lebih besar dengan lebih cepat (Frosman *et al.*, 2015). Atas dasar berbagai temuan tersebut, penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh ukuran mikrofragmen terhadap laju pertumbuhan karang massif dan menetapkan ukuran mikrofragmen yang ideal untuk restorasi karang massif di Pulau Sambangan, Karimunjawa.

## MATERI DAN METODE

Materi penelitian ini adalah karang jenis *Porites* dan *Cyphastrea* yang diambil pada perairan Pulau Sambangan, Karimunjawa. Penelitian ini dilakukan pada bulan September–Desember tahun 2021. dan pengamatan fragmen karang masif dilakukan di bak budidaya terumbu karang milik PT. Pura Baruna Lestari yang terletak di Pulau Sambangan, Karimunjawa (Gambar 1). Pengamatan dilakukan terhadap pertumbuhan luas fragmen, *survival rate*, dan proses terjadinya *fusion* pada mikrofragmen terumbu karang masif.

Penelitian ini dilakukan dengan 1 perlakuan penelitian dan 4 pengulangan terhadap 2 spesies karang masif yaitu karang *Porites* dan *Chyphastrea*. Perlakuan penelitian yang digunakan adalah perlakuan terhadap ukuran fragmen. Perlakuan penelitian ukuran fragmen dilakukan dengan fragmen karang masif yang berukuran ±1 cm<sup>2</sup>, ±2 cm<sup>2</sup> dan ±4 cm<sup>2</sup>. Jumlah fragmen dilakukan dengan 8 fragmen (ukuran ±1cm<sup>2</sup>), 4 fragmen (ukuran ±2 cm<sup>2</sup>) dan 2 fragmen (ukuran ±4 cm<sup>2</sup>) per keramik (Gambar 1) sehingga, luasan fragmen karang di tiap keramik seluas ±8 cm<sup>2</sup>. Fragmen karang masif ditempelkan menggunakan lem super (*Guo elephant GEL-606*) ke keramik dengan ukuran 5 x 5 cm<sup>2</sup> dengan jarak antar fragmen ±1 cm. Fragmen karang yang sudah ditempelkan ke keramik lalu dipindahkan ke bak pemeliharaan dengan ukuran 150 x 50 cm dengan kedalaman air 40 cm. Bak tersebut mendapatkan pasokan air laut bersih yang dipompa dari sekitar pulau dan berganti terus menerus.

Pengamatan dan pengambilan data terhadap pertumbuhan mikrofragmen karang masif dilakukan setiap seminggu sekali selama 14 minggu di bulan September – Desember 2021. Data yang diambil adalah foto fragmen karang masif yang telah diberi skala. Data tambahan yang diambil adalah suhu dan salinitas harian air laut di bak pemeliharaan. Pengambilan data suhu dilakukan menggunakan *thermometer* dan pengambilan data salinitas dilakukan menggunakan *refractometer*. Pada saat pengamatan dan pengambilan data dilakukan pembersihan alga yang tumbuh di antara mikrofragmen karang masif menggunakan sikat gigi. Hal ini dilakukan untuk mengurangi adanya gangguan ataupun kompetisi alga pada mikrofragmen karang masif yang sedang diamati.

Pengolahan data *survival rate* dilakukan untuk mengetahui tingkat keberlangsungan hidup fragmen dalam mikrofragmentasi karang masif. Perhitungan *survival rate* dilakukan menggunakan persamaan (Ricker, 1975):

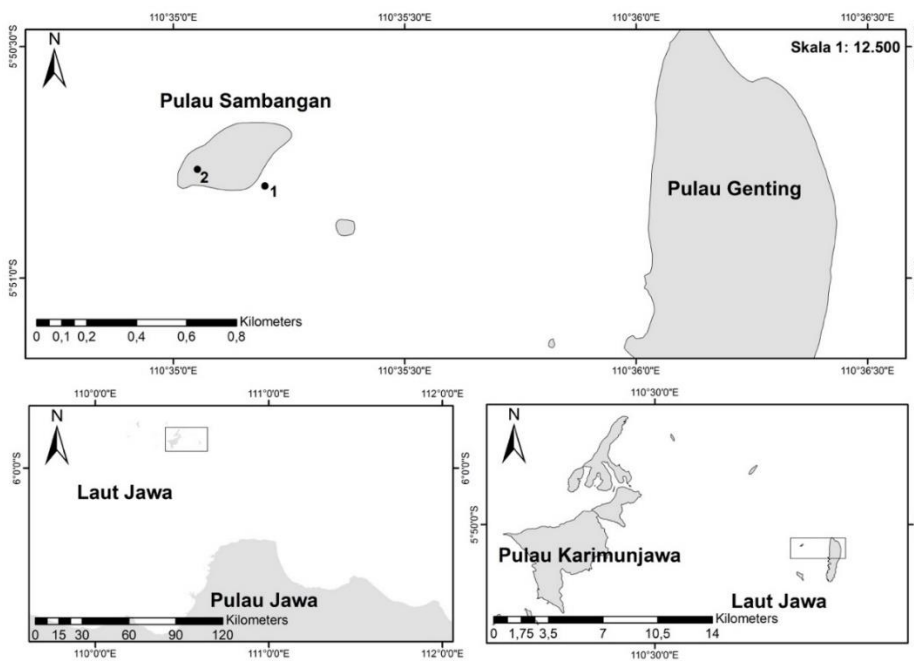
$$SR = \frac{N_t}{N_0} \times 100\%$$

Keterangan: SR (*Survival Rate*) = tingkat kelangsungan hidup fragment dalam mikrofragmentasi karang massif yang dinyatakan dalam persen (%);  $N_t$  = jumlah fragmen yang masih hidup pada akhir penelitian;  $N_0$  = jumlah fragmen pada awal penelitian.

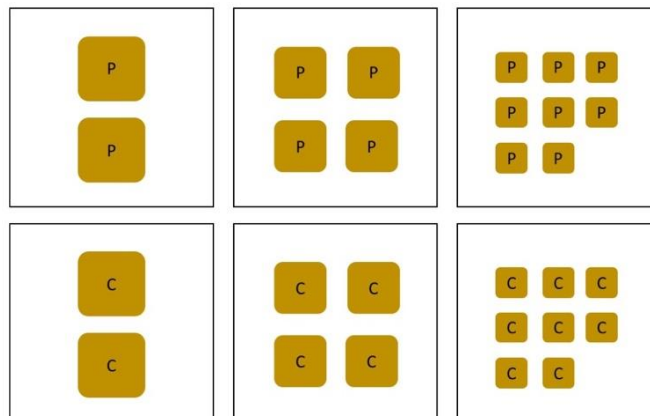
Pengolahan data laju pertumbuhan luas per  $cm^2$  dilakukan dengan pengukuran pertambahan luas fragmen karang yang telah difoto dengan skala, dan diukur menggunakan perangkat lunak *ImageJ* (Ruden *et al.*, 2017). Pengukuran pertambahan luas dilakukan dengan cara digitasi foto pada tepian fragmen karang masif. Pengukuran laju pertumbuhan luas mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Page *et al.* (2018).

$$P = L_t - L_0$$

Keterangan: P= laju pertumbuhan mingguan;  $L_t$  = luas mikrofragmen pada minggu ke n;  $L_0$  = luas mikrofragmen pada minggu ke n - 1



**Gambar 1.** Lokasi Penelitian di Pulau Sambangan, Karimunjawa



**Gambar 2.** Skema penempelan fragmen karang masif di keramik. Fragmen karang masif P (*Porites*), dan C (*Cyphastrea*) masing-masing berasal dari koloni yang sama dengan jumlah 8 fragmen (ukuran  $\pm 1 cm^2$ ), 4 fragmen (ukuran  $\pm 2 cm^2$ ) dan 2 fragmen (ukuran  $\pm 4 cm^2$ ) per keramik

Analisa statistik dilakukan untuk melihat pengaruh perlakuan ukuran mikrofragmen yang berbeda terhadap laju pertumbuhan. Analisa One way ANOVA dilakukan dengan terlebih dahulu menguji normalitas (Shapiro-Wilk test) dan homogenitas (Levene test) data setiap grup. Analisa One-way ANOVA dilakukan dengan menggunakan software IB Statistic SPSS 25 dengan tingkat kepercayaan 95%.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pengukuran pertumbuhan fragmen menunjukkan bahwa karang dengan ukuran ±2 cm<sup>2</sup> memiliki rata-rata laju pertumbuhan tertinggi yaitu berturut-turut 0,272 cm<sup>2</sup> dan 0,736 cm<sup>2</sup> untuk *Porites* dan *Cyphastrea* (Tabel 1). Rata-rata laju pertumbuhan paling rendah ditunjukkan oleh karang dengan ukuran fragmen ±4 cm<sup>2</sup> yaitu masing-masing 0,092 cm<sup>2</sup> dan 0,447 cm<sup>2</sup> untuk *Porites* dan *Cyphastrea*. Hal ini diantaranya dapat disebabkan karena perbedaan total panjang tepian fragmen yang tumbuh (total keliling fragmen per keramik) dan juga pola pertumbuhan tiap jenis karang.

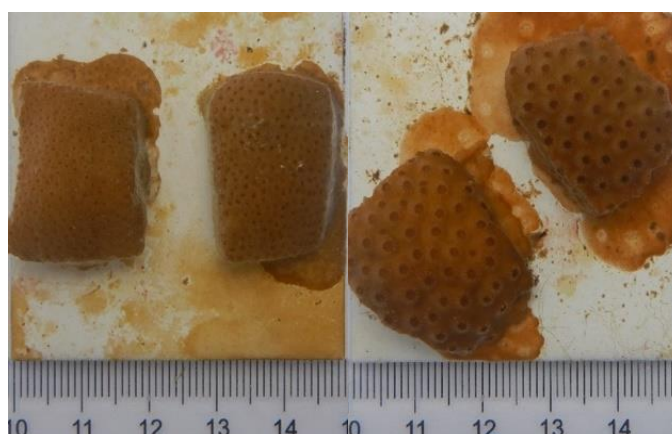
Karang dengan ukuran fragmen paling kecil yaitu ±1 cm<sup>2</sup> memiliki total keliling paling Panjang, namun demikian, hal tersebut juga berarti area yang memerlukan energi untuk pemulihan pasca pemotongan juga lebih banyak, sehingga karang ukuran fragmen ±2 cm<sup>2</sup> menjadi yang paling ideal untuk cepat tumbuh. Rata rata pertumbuhan karang *Cyphastrea* 2–3 kali lebih cepat dibandingkan

**Tabel 1.** Laju pertumbuhan karang *Porites* (P) dan *Cyphastrea* (C)

No	Ukuran Fragmen	Ulangan	Laju Pertumbuhan (Per Minggu)	Rata-rata
1	±1 cm <sup>2</sup>	P11	0,149 cm <sup>2</sup>	0,251 cm <sup>2</sup>
2		P12	0,256 cm <sup>2</sup>	
3		P13	0,325 cm <sup>2</sup>	
4		P14	0,274 cm <sup>2</sup>	
5	±2 cm <sup>2</sup>	P21	0,274 cm <sup>2</sup>	0,272 cm <sup>2</sup>
6		P22	0,263 cm <sup>2</sup>	
7		P23	0,344 cm <sup>2</sup>	
8		P24	0,208 cm <sup>2</sup>	
9	±4 cm <sup>2</sup>	P41	0,047 cm <sup>2</sup>	0,092 cm <sup>2</sup>
10		P42	0,119 cm <sup>2</sup>	
11		P43	0,061 cm <sup>2</sup>	
12		P44	0,139 cm <sup>2</sup>	
13	±1 cm <sup>2</sup>	C11	0,396 cm <sup>2</sup>	0,449 cm <sup>2</sup>
14		C12	0,223 cm <sup>2</sup>	
15		C13	0,917 cm <sup>2</sup>	
16		C14	0,260 cm <sup>2</sup>	
17	±2 cm <sup>2</sup>	C21	0,699 cm <sup>2</sup>	0,736 cm <sup>2</sup>
18		C22	1,223 cm <sup>2</sup>	
19		C23	0,179 cm <sup>2</sup>	
20		C24	0,842 cm <sup>2</sup>	
21	±4 cm <sup>2</sup>	C41	0,267 cm <sup>2</sup>	0,447 cm <sup>2</sup>
22		C42	0,743 cm <sup>2</sup>	
23		C43	0,262 cm <sup>2</sup>	
24		C44	0,516 cm <sup>2</sup>	

*Porites*. Hal ini kemungkinan disebabkan karena karang *Porites* secara umum memiliki pertumbuhan yang lambat dan struktur skeleton lebih padat dibandingkan *Cyphastrea*. Laju pertumbuhan tertinggi fragmen karang *Porites* hanya mencapai 0,344 cm<sup>2</sup>/minggu pada ukuran fragmen ±2 cm<sup>2</sup>. Laju pertumbuhan ini lebih rendah bila dibandingkan dengan hasil penelitian Frosmann *et al.* (2015) dengan laju pertumbuhan *Porites* hingga 5,34 cm<sup>2</sup>/ minggu. Di sisi lain, laju pertumbuhan fragmen karang *Cyphastrea* pada penelitian ini memiliki nilai rata-rata 4-6 kali lebih besar jika dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Rachmilovitz dan Rinkevich (2017) di alam (0,15 cm<sup>2</sup>/minggu) dengan lokasi pemeliharaan lebih dalam. Hal ini diduga karena laju pertumbuhan dipengaruhi intensitas cahaya dan kedalaman air yang pada akhirnya mempengaruhi fotosintesis dan laju pertumbuhan karang. Perbedaan kedalaman dapat juga menyebabkan terjadinya perbedaan suhu, salinitas, dan oksigen terlarut (Sidabuntar *et al.*, 2019) yang dapat mempengaruhi pertumbuhan biota laut.

Uji One way ANOVA menunjukkan bahwa ukuran fragmen yang berbeda berpengaruh terhadap laju pertumbuhan fragmen karang *Porites* (P<0,05), namun tidak berpengaruh terhadap fragmen karang *Cyphastrea* (P>0,05). Secara keseluruhan, fragmen kedua jenis karang pulih dengan menumbuhkan jaringan baru di sekeliling fragmen secara *encrusting* (Gambar 2). Pertumbuhan fragmen karang dimulai dengan lapisan bening tipis yang lunak dan mudah mengelupas, namun akan menebal dan melebar dan akhirnya menyatu satu sama lain (*fusion*). Fragmen karang *Porites* mulai menyatu pada minggu ke 6 sedangkan *Cyphastrea* pada minggu ke 3.



**Gambar 2.** Pertumbuhan jaringan baru dengan bentuk *encrusting* di sekeliling fragmen *Porites* (kiri) dan *Cyphastrea* (kanan) pada minggu ke 8.

**Tabel 2.** *Survival rate* fragmen karang *Porites*, *Goniastrea*, dan *Cyphastrea*

Spesies	Jumlah fragmen (awal)	Jumlah fragmen (akhir)	Survival rate
<i>Porites</i>	56	56	100%
<i>Cyphastrea</i>	56	55	98,21%

**Tabel 3.** Suhu dan salinitas air laut di bak pemeliharaan

Bulan	Suhu	Rata-rata
September	28 – 30°C	29,30°C
Oktober	29 – 32°C	30,65°C
November	30 – 31°C	30,80°C
Desember	30 – 31°C	30,50°C

Tingkat keberlangsungan hidup / *survival rate* kedua jenis karang tinggi, yaitu *Porites* sebesar 100% dan *Cyphastrea* sebesar 98,21% dengan jumlah akhir fragmen yang masih hidup sebanyak 55 fragmen (Tabel 2). Satu fragmen karang *Cyphastrea* yang mati berasal dari fragmen yang berukuran 1 cm<sup>2</sup>.

Selain ukuran fragmen dan jenis karang, suhu air laut dalam bak pemeliharaan juga mempengaruhi pertumbuhan dan kelangsungan hidup karang. Suhu di bak pemeliharaan mengalami perubahan selama 4 bulan pengamatan. Kisaran suhu di bak pemeliharaan yaitu 28 – 32°C (Tabel 3).

Suhu tertinggi teramati pada bulan Oktober yaitu bernilai 32°C sedangkan suhu terendah teramati pada bulan September dengan nilai sebesar 28°C. Berdasarkan rata-rata suhu bulanan didapatkan rerata suhu terendah pada bulan September dengan nilai sebesar 29,30°C. Nilai rata-rata suhu bulanan tertinggi didapatkan pada bulan November dengan nilai 30,80°C. Fluktuasi suhu terbesar terjadi pada bulan Oktober sebesar 3°C.

Tingginya suhu air ini juga diduga mempengaruhi kematian satu fragmen *Cyphastrea* yang terjadi pada minggu ke 11 di awal bulan November, dengan kisaran suhu 30 – 31 °C dan rerata suhu 30,8°C (Tabel 3). Menurut Supriharyono (2007) suhu optimal tumbuh untuk terumbu karang adalah 25-29°C dan toleransi tumbuh 18-40°C di perairan tropis. Suhu yang tinggi menyebabkan proses pertumbuhan karang kurang optimal, karang akan lebih cenderung bertahan hidup daripada tumbuh. *Survival rate* karang *Porites* bernilai 100% menunjukkan bahwa faktor lingkungan masih dalam toleransi tumbuh untuk karang *Porites*. Beberapa fragmen karang *Porites* teramati mengeluarkan atau diselimuti mucus diduga karena kurang meratanya arus pada bak pemeliharaan. Mucus yang membungkus karang dapat juga berarti bahwa karang terpapar sedimen yang berlebih (Beesell-Browne et. al., 2017).

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah selain ukuran fragmen, faktor lingkungan terutama suhu juga mempengaruhi pertumbuhan karang. Semakin kecil potongan fragmen, kecepatan untuk tumbuh semakin tinggi, namun apabila terlalu kecil, karang akan butuh lebih banyak energi untuk pulih.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada PT. Pura Indonesia dan staff di Pulau Sambangan atas kerjasama dan bantuan dalam pelaksanaan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Baldock, T.E., Karampour, H., Sleep, R., Vylla, A., Albemani, F., Golsani, A., Callaghan, D.P., Roff, G., & Mumby, P.J. (2014). Resilience of branching and massive corals to wave loading under sea level rise – A coupled computational fluid dynamics-structural analysis. *Marine Pollution Bulletin*, 86, 91-101. doi: 10.1016/j.marpolbul.2014.07.038
- Bessell-Browne, I., Negri, A.P., Fisher, R., Clode, P.L. & Jones, R. (2017). Cumulative impacts: thermally bleached corals have reduced capacity to clear deposited sediment. *Scientific Reports*, 7(1), 1-14. doi: 10.1038/s41598-017-02810-0
- Frosman, Z.H., Page, C.A., Toonen, R.J., & Vaughan, D. (2015). Growing coral larger and faster: micro-colony-fusion as a strategy for accelerating coral cover. *PeerJ*, 3, e1313. doi: 10.7717/peerj.1313
- Lirman, D. (2000). Fragmentation in the branching coral *Acropora palmata* (Lamarck): growth, survivorship, and reproduction of colonies and fragments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 251, 41-57. doi: 10.1016/S0022-0981(00)00205-7
- Loya, Y., Sakai, K., Yamazato, K., Nakano, Y., Sambali, H., & Van Woesik, R. (2001). Coral bleaching: the winners and the losers. *Ecology letters*, 4(2), 122-131. doi: 10.1046/j.1461-0248.2001.00203.x

- Munasik, Sugiyanto, Sugianto, D.N. & Sabdono, A. (2018). Reef Development on Artificial Patch Reefs in Shallow Water Panjang Island, Central Java. *IOP Conference Series: Earth Environmental Science*. 116(1), p.012095. doi: 10.1088/1755-1315/116/1/012095
- Nurhaliza, S., Muhlis, M., Bachtiar, I., & Santoso, D. (2019). Struktur Komunitas Karang Keras (*Scleractinia*) di Zona Interdal Pantai Mandalika Lombok Tengah. *Jurnal Biologi Tropis*, 19(2), 302-308. doi: 10.29303/jbt.v19i2.1390
- Page, C. (2013). Reskinning a reef: Mote marine lab scientist explore a new approach to restoration. In: *Coral: The Reef and Marine Aquarium Magazine*. Hal 72-81.
- Page, C., & Vaughan. D.E. (2014). The Cultivation of Massive Corals using "Micro-fragmentation" for the "Reskinning" of Degraded Coral Reefs. In *Benthic Ecology Meeting*.
- Page, C., Muller, E.M., & Vaughan, D.E. (2018). Microfragmenting for the successful restoration of slow-growing massive corals. *Ecological Engineering*. 123, 86-96.
- Rachmilovitz, E.N. & 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
- Ricker, W.E. (1975). *Computation and Interpretation of Biological Statistic of Fish Populations*. John Willey and Sons. Hal 444.
- Ruden, C.T., Schiendelin, J., Hiner, M.C., DeZonia, B.E., Walter, A.E., Arena, E.T., & Eliceri, K.W. (2017). ImageJ2: Image J for the next generation of scientific image data. *BMC Bioinformatics*. 18, p.529. doi: 10.1186/s12859-017-1934-z
- Sidabuntar, E.A., 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
- Supriharyono. (2007). *Pengolaahan Ekosistem Terumbu Karang*. Jakarta: Djambatan.