

Laju Pertumbuhan *Microfragment Acropora millepora* pada Kondisi Terkontrol

Alvanza Qurandiva Ranandya¹, Niken Mayuni Putri², Adrian Rahman Septiandi², Riyanti^{1*}

¹Departemen Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Jenderal Soedirman
Jl. Dr Soeparno, Purwokerto, Jawa Tengah 53122 Indonesia

²PT Tirta Samudra Bali
Jl. Raya Goa Lawah No.88, Pesinggahan, Klungkung, Bali, 80761, Indonesia
Email: riyanti1907@unsoed.ac.id

Abstrak

Kerusakan ekosistem terumbu karang di Indonesia mencapai 43%, salah satu penyebabnya adalah eksploitasi karang untuk diperdagangkan menjadi karang hias. Salah satu karang hias yang diperdagangkan yaitu karang dari jenis *Acropora millepora*. Oleh karena itu, budidaya karang hias sangat dibutuhkan untuk dapat mengurangi pengambilan karang berlebihan di alam. Budidaya karang dapat dilakukan dengan transplantasi karang menggunakan metode *microfragmentation* pada budidaya karang secara *ex-situ* yang terkontrol. Penggunaan metode *microfragmentation* dilakukan karena dapat mempengaruhi kecepatan pertumbuhan karang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui laju pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup *microfragment A. millepora* hasil transplantasi dengan metode *microfragmentation* pada kondisi terkontrol pada budidaya karang secara *ex-situ*. Pengamatan dan pengambilan data dilakukan dalam waktu 5 bulan, dan pengukuran laju pertumbuhan *microfragment A. millepora* menggunakan *software ImageJ*. Hasil penelitian menunjukkan rata-rata laju pertumbuhan *microfragment A. millepora* sebesar 0.1 cm²/bulan dengan penambahan luasan area selama 5 bulan sebesar 1.35 cm². Tingkat kelangsungan hidup *microfragment A. millepora* yang di transplantasi pada budidaya karang *ex-situ* pada kondisi terkontrol mencapai 100%. Budidaya karang *ex-situ* dengan sistem terkontrol sangat baik digunakan untuk melakukan transplantasi karang karena kondisi lingkungan pada budidaya *ex-situ* lebih stabil dibandingkan transplantasi karang pada budidaya *in-situ*. Oleh karena itu, dapat diartikan transplantasi karang *A. millepora* dengan metode *microfragmentation* dengan kondisi terkontrol pada budidaya *ex-situ* dapat dikatakan berhasil

Kata kunci: *Acropora millepora*, *microfragmentation*, Transplantasi karang

Abstract

The Growth Rate of Acropora millepora Microfragments Under Controlled Condition

The damage of coral reef ecosystems in Indonesia reached 43%, one of the causes is the exploitation of corals to be traded as ornamental coral. *Acropora millepora* is one of the corals commonly traded as ornamental corals. Hence, ornamental coral farming is needed to reduce corals harvesting in the wild. The cultivation can be done by coral transplantation using *microfragmentation* method in *ex-situ* coral nursery. *Microfragmentation* was used due to its ability to accelerate the growth rate of coral *microfragment*. This study aimed to observe the growth rate and survival rate of *A. millepora* *microfragments* transplanted with *microfragmentation* method under controlled condition at *ex-situ* coral nursery. Observation and data collection were conducted over 5 months, and measuring the growth rate of *A. millepora* *microfragments* using *ImageJ* software. The results of this study exhibited that the average growth rate of *A. millepora* *microfragments* was 0.1 cm²/month with a 5-months increase in area measured at 1.35 cm². The survival rate of *A. millepora* *microfragments* transplanted at *ex-situ* coral nursery reached 100%. *Ex-situ* coral nursery under controlled condition is ideal for coral transplantation due to the environment in *ex-situ* nursery is more stable than *in-situ* nursery. Thus, it can be concluded that the transplantation of *A. millepora* using *microfragmentation* method under controlled condition at *ex-situ* coral nursery was succeeded.

Keywords: *Acropora millepora*, Coral transplantation, *microfragmentation*

PENDAHULUAN

Hermansyah dan Febriani (2020) menyatakan bahwa berdasarkan BPK Manado Vol. 3 No. 2 Tahun 2013 kerusakan ekosistem terumbu karang di Indonesia mencapai 43%, sedangkan yang masih dalam kondisi sangat baik hanya 6.48%. Kerusakan terumbu karang disebabkan oleh beberapa faktor, salah satunya adalah aktivitas manusia seperti penangkapan ikan menggunakan alat tangkap yang tidak ramah lingkungan, eksploitasi, pembangunan di area pesisir, dan pencemaran. Perubahan iklim akibat pemanasan global juga menjadi penyebab rusaknya ekosistem terumbu karang akibat aktivitas manusia (Utami *et al.*, 2021). Selain itu, faktor alam juga menjadi penyebab kerusakan, seperti badai, cahaya yang kurang, dan tsunami (Erika *et al.*, 2019).

Karang dari genus *Acropora* seperti *Acropora millepora* merupakan salah satu karang hias (*ornamental coral*) yang diminati dalam industri ikan hias. Karang hias memiliki nilai estetika yang tinggi sehingga sering dijadikan hiasan akuarium (Rondonuwu *et al.*, 2013; Johan *et al.*, 2019; Septianti *et al.*, 2022). Oleh karena itu, karang hias sangat berpotensi untuk dieksploitasi karena memiliki nilai jual yang tinggi dalam industri ikan hias (Grey *et al.*, 2005). Budidaya karang merupakan alternatif dalam memanfaatkan nilai estetika karang dan berpeluang cukup besar untuk membantu melestarikan terumbu karang. Hal tersebut didukung oleh lingkungan *ex-situ* yang lebih terkontrol seperti parameter air yang stabil, predasi terbatas, dan kompetisi yang terkontrol sehingga dapat meminimalisir kematian karang (Forsman *et al.*, 2006). Kegiatan budidaya karang hias secara *ex-situ* berpotensi untuk mengurangi pengambilan karang berlebihan di alam. Nelayan mengambil karang hias di laut kemudian dibudidayakan (Johan *et al.*, 2007).

Budidaya karang dapat dilakukan dengan cara transplantasi karang. Transplantasi karang adalah suatu metode penanaman dan pertumbuhan suatu koloni karang dengan cara fragmentasi karang yang selanjutnya ditanam di tempat lain (*ex-situ*) (Taufina *et al.*, 2018). Salah satu metode yang digunakan pada transplantasi karang adalah *microfragmentation*. Metode tersebut merupakan metode penanaman karang dengan membuat fragmen kecil berukuran kurang dari 5 cm² (Forsman *et al.*, 2015; Mostrales *et al.*, 2022). Penggunaan metode *microfragmentation*, yakni memotong karang induk menjadi bagian-bagian kecil dengan berbagai ukuran juga dapat

mempengaruhi kecepatan pertumbuhan karang. Berdasarkan penelitian Knapp *et al.* (2022), ukuran dari *microfragment* harus sesuai untuk mengoptimalkan kecepatan pertumbuhan karang. Fragmen karang yang berukuran kecil menghasilkan pertumbuhan yang lebih cepat dibandingkan dengan ukuran lainnya. Pengamatan mengenai laju pertumbuhan (*growth rate*) dan tingkat kelangsungan hidup (*survival rate*) karang hasil transplantasi perlu dilakukan untuk mengetahui pertumbuhan karang, kemampuan karang untuk bertahan hidup, dan tingkat keberhasilan transplantasi karang (Pratiwi *et al.*, 2019; Anggara *et al.*, 2022). Oleh karena itu, untuk mengetahui pertumbuhan dan kemampuan untuk bertahan hidup *microfragment* karang *A. millepora*, dan tingkat keberhasilan transplantasi karang *A. millepora* pada budidaya karang secara *ex-situ* perlu dilakukan penelitian mengenai laju pertumbuhan dan tingkat kelangsungan hidup.

MATERI DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di perusahaan eksportir karang yaitu PT. Tirta Samudra Bali yang terletak di Kecamatan Dawan, Kabupaten Klungkung, Bali (Gambar 1). Penelitian ini dilakukan pada tanggal 01 September 2022 hingga 31 Januari 2023.

Fragging Karang *Acropora millepora*

Tahapan pertama dalam penelitian laju pertumbuhan karang yaitu dilakukan pemilihan indukan karang. Menurut Muzaki *et al.* (2020), karang yang akan ditransplantasi harus dalam keadaan sehat (tidak *bleaching* atau tertutup sedimen, dan ukuran diameter karang lebih dari 15 cm). Setelah itu, spesies karang diperbanyak melalui proses reproduksi aseksual, yaitu *fragging*. *Fragging* dilakukan dengan memecah indukan karang menjadi beberapa bagian kecil (*microfragment*) dengan ukuran kurang dari 5 cm² menggunakan tang (Gambar 2) (Koch *et al.*, 2021). Bagian-bagian kecil tersebut kemudian *didipping* dalam wadah berisi air laut (1000 mL) yang telah diberi Iodine (5 mL) selama 5 menit. Iodine digunakan untuk membantu pemulihan karang yang luka (Eaton *et al.*, 2022). Selanjutnya disiapkan Epoxy yang terdiri dari hardener dan resin dengan perbandingan 1:1, keduanya dibilas menggunakan air untuk mengurangi kandungan kimianya. Epoxy digunakan untuk menempelkan karang ke substrat. Fragmen karang kemudian

dipindahkan ke rak yang telah diletakkan dalam akuarium (Koch *et al.*, 2021; (Bukhari *et al.*, 2021).

Perawatan *Microfragment Acropora millepora*

Perawatan karang setelah menjadi *microfragment* yaitu pengukuran parameter kimia dan fisika. Parameter kimia yang diamati yaitu salinitas, magnesium, alkalinitas, dan kalsium, sedangkan parameter fisiknya yaitu suhu (O'Neil *et al.*, 2021). Pengukuran parameter menggunakan alat *refractometer* (salinitas), salifert Mg (magnesium), salifert Ca (kalsium), dan salifert KH (alkalinitas). Sebelum memulai pengukuran parameter air perlu dilakukan kalibrasi pada alat pengukur dengan tujuan meminimalisir kerusakan pada alat dan menjaga keakuratan hasil pengukuran (Atmasa *et al.*, 2020). Kemudian *dosing alkalinity* dilakukan dengan cara menambahkan sodium bikarbonat yang dilarutkan dengan air RO. *Dosing* magnesium dengan *Magnesium sulfate* yang dilarutkan dengan air RO. Selanjutnya *dosing* kalsium dengan *calcium hydroxide* yang dilarutkan dengan air RO. *Dosing* yang dilakukan disesuaikan dengan kebutuhan, *dosing* dilakukan setelah mengukur parameter air magnesium, kalsium, dan alkalinitas pada akuarium. Nilai magnesium yang disarankan 1180–1460 ppm, nilai kalsium yang disarankan 400–450 mg Ca²⁺/L, sedangkan nilai alkalinitas yang disarankan untuk akuarium berkisar 7–10 dKH (Deelbek dan Sprung, 2005; Brockmann dan Janse, 2008). Air pada akuarium diganti sebanyak 10%–20% setiap 1 minggu sekali agar kualitas air tetap terjaga. Selain itu, substrat karang dibersihkan dari alga yang menempel setiap 2 minggu sekali menggunakan sikat kawat untuk mencegah kematian pada sampel karang (Bukhari *et al.*, 2021; O'Neil *et al.*, 2021).

Pengambilan Data Laju Pertumbuhan dan Tingkat Kelangsungan Hidup *Microfragment A. millepora*

Pengambilan gambar merupakan salah satu kegiatan dalam penelitian yang dilakukan setiap 2 minggu sekali. Alat yang diperlukan diantaranya: *underwater camera*, *background* hitam, rak, dan penggaris. Pengambilan gambar sampel karang menggunakan *underwater camera* (Olympus Tough TG-4). Sampel penelitian dan peralatan diletakkan seperti pada gambar 3. Pengambilan foto dilakukan dari tampak samping untuk mengetahui pertumbuhan *microfragment A.*

millepora (Koch *et al.*, 2021). Pengamatan dilakukan sebanyak 10 kali dalam rentang waktu 5 bulan. Pengamatan dilakukan dengan mengukur area tampak samping karang menggunakan *Software ImageJ* (Koch *et al.*, 2021).

Analisis Data

Pengolahan gambar digital *microfragment A. millepora* menggunakan *software ImageJ*. *ImageJ* merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk memproses gambar yang dapat mengubah data kualitatif (gambar) menjadi data kuantitatif. Data laju pertumbuhan didapatkan dari hasil analisis area karang pada gambar 2D menggunakan *ImageJ* (Koch *et al.*, 2021). *File* yang telah di simpan dari *ImageJ* dengan format *.csv* kemudian diolah menggunakan *Microsoft Excel* untuk mendapatkan diagram laju pertumbuhan *microfragment A. millepora*. Analisis data laju pertumbuhan karang dihitung menggunakan rumus Hopkins (1992) sebagai berikut:

$$P = (Lt - L0) / t$$

Keterangan= P: Laju pertumbuhan; Lt = Rata-rata luas area setelah pengamatan ke-t; L0: Rata-rata luas area awal penelitian; t : Waktu Pengamatan

Data tingkat kelangsungan hidup *microfragment A. millepora* dapat diketahui melalui perbandingan jumlah karang yang hidup akhir penelitian (Nt) dengan jumlah karang yang disemai (No). Tingkat kelangsungan hidup pada karang yang ditransplantasi dihitung menggunakan bantuan *Microsoft Excel* dengan rumus Hopkins (1992) sebagai berikut:

$$SR = \frac{Nt}{No} \times 100\%$$

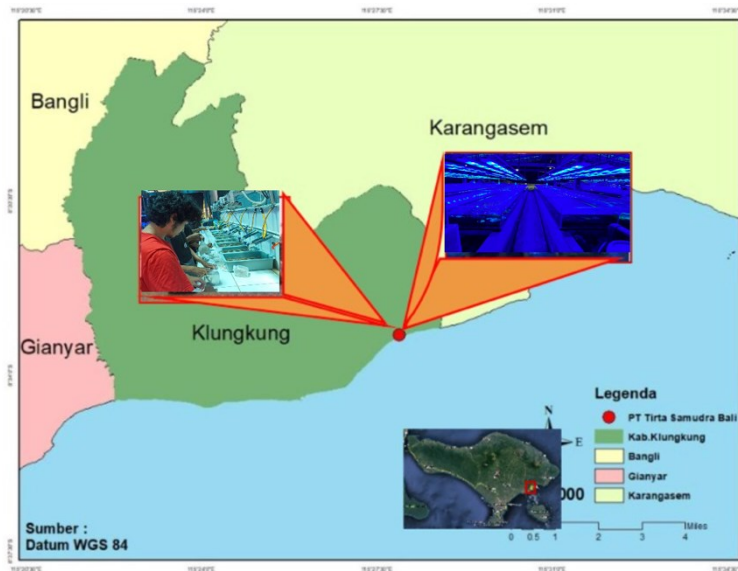
Keterangan= SR: Tingkat kelangsungan hidup; Nt: Jumlah individu pada akhir penelitian; No; Jumlah Individu pada awal penelitian

Laju Pertumbuhan *Microfragment Acropora millepora*

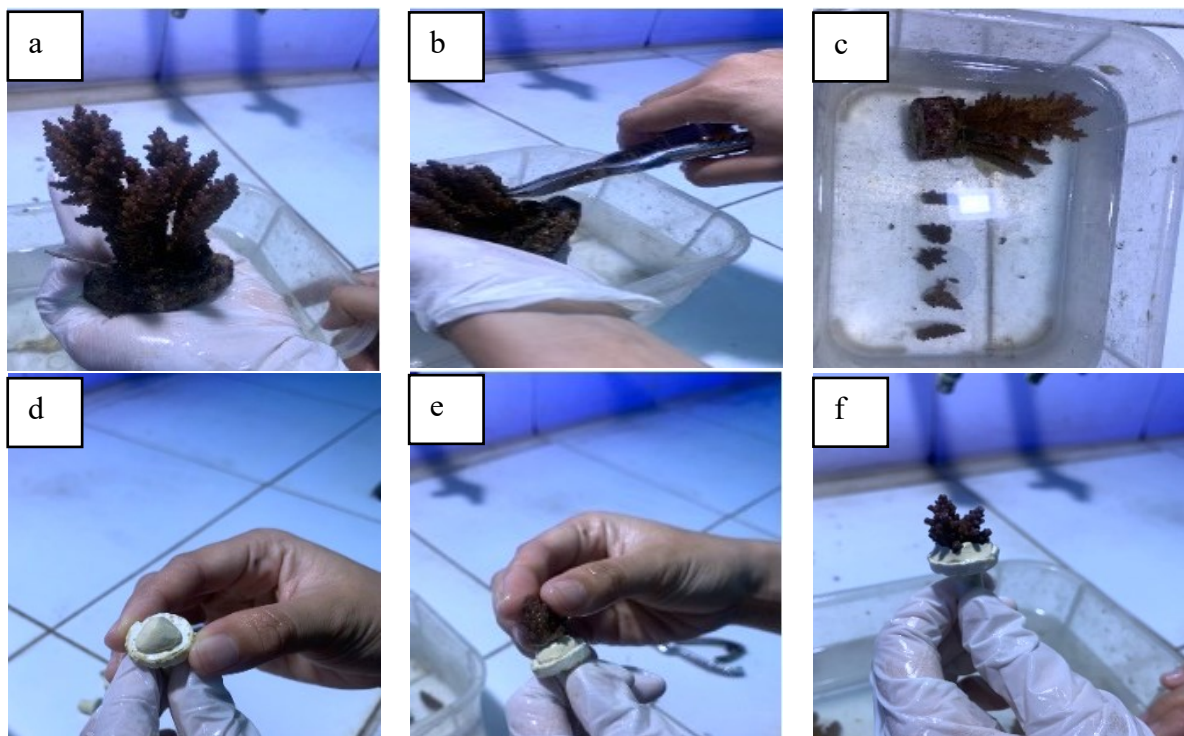
Laju pertumbuhan karang dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti suhu, salinitas, cahaya, dan arus. Suhu dapat memengaruhi tingkah laku makan dan metabolisme karang. Karang sangat membutuhkan cahaya dalam proses pertumbuhan karena berhubungan langsung dengan fotosintesis

yang dilakukan oleh *zooxanthellae*. Tanpa cahaya yang cukup, laju fotosintesis dan kemampuan karang dalam menghasilkan kalsium karbonat pembentuk kerangka karang akan berkurang. Pertumbuhan karang yang hidup di perairan

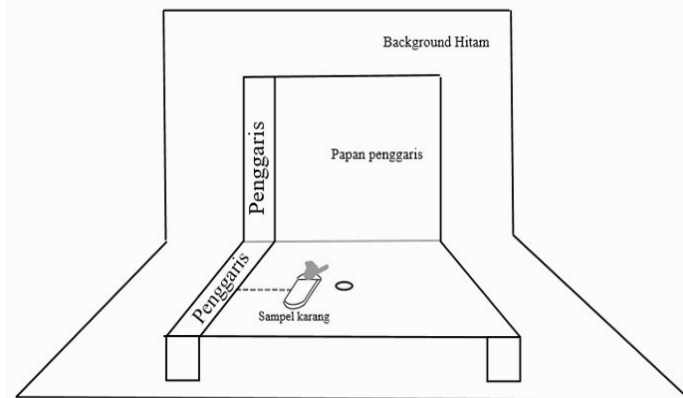
berarus akan lebih baik dibandingkan dengan perairan yang tenang. Hal ini terjadi karena arus memberikan pasokan oksigen dan plankton bagi karang (Ramses, 2015). Pertambahan luasan area karang dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian *microfragment A. millepora*



Gambar 2. Pemilihan indukan karang (a), Pemotongan indukan karang menggunakan tang (b), *Dipping microfragment* dengan iodine (c), Dempul dilekatkan pada substrat (d), Penempelan *microfragment* (e), Sampel penelitian (f)



Gambar 3. Letak sampel penelitian, *background* hitam, penggaris, dan rak pada saat pengambilan gambar

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan Gambar 4, selama 5 bulan *microfragment A. millepora* mengalami pertambahan luasan area sebesar 1.35 cm². Pertambahan luasan area tersebut tidak hanya pertumbuhan secara aksial, tetapi juga secara mengerak. Perbandingan kondisi *microfragment A. millepora* pada awal pengamatan dengan akhir pengamatan disajikan pada Gambar 5 berikut. *A. millepora* pada akhir pengamatan menunjukkan pertumbuhan mengerak hingga hampir menutupi substrat dempul epoxy. Hal tersebut juga terjadi pada penelitian yang dilakukan oleh Guest *et al.* (2011), yakni ketiga *microfragment Acropora* berbeda menunjukkan adanya jaringan *tissue* yang tumbuh menyebar di atas substrat dempul epoxy.

Transplantasi karang yang dilekatkan ke substrat menggunakan dempul epoxy bertujuan untuk mempercepat pertumbuhan dengan membentuk pertumbuhan mengerak. Proses pelekatan fragmen karang dengan substrat dempul epoxy melalui 3 fase, yakni *contact respond*, *soft tissue anchoring*, dan *calcification*. Fase pertama, *contact respond* merupakan fase respon kontak dan pemulihan luka pada fragmen. Kontak fisik antar jaringan karang dengan substrat menyebabkan luka pada jaringan karang. Karang merespon luka tersebut dengan cara mengeluarkan mucus dan menyebarkan flamen mesenterial. Fase ini terjadi selama 1–3 hari sampai luka pada karang pulih. Setelah fragmen pulih, karang akan mengstabilkan fragmen pada substrat dan menghasilkan pelekatan yang relatif lemah. Fase kedua, yaitu *soft tissue anchoring* terjadi selama 3–12 hari. Fase ketiga atau *calcification* merupakan pelekatan permanen melalui pertumbuhan mengerak hingga menutupi

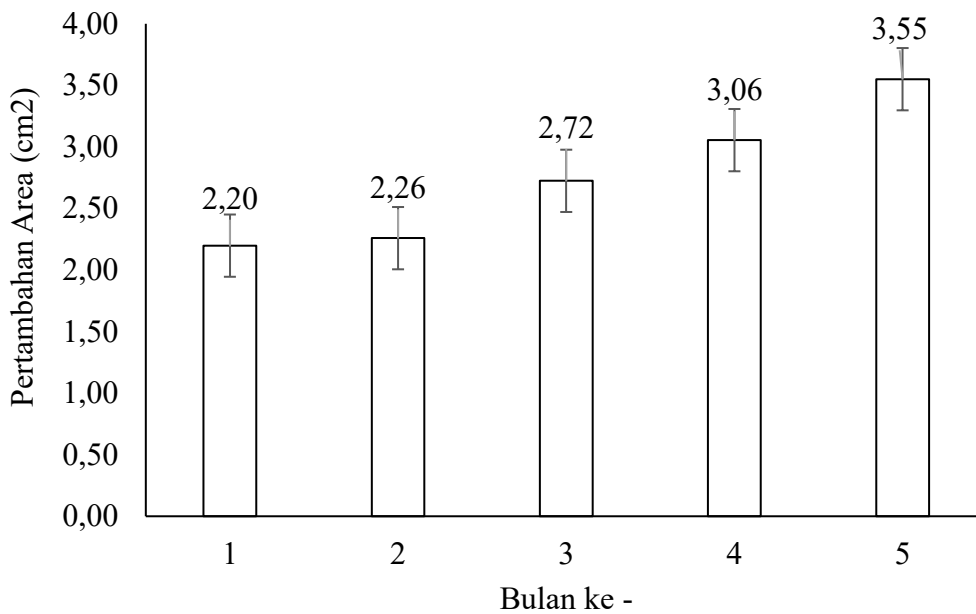
substrat dan berlangsung selama 5–12 hari (Lewis *et al.*, 2022). Berdasarkan Gambar 4, selama 5 bulan *microfragment A. millepora* mengalami pertambahan luasan area sebesar 1.35 cm². Pertambahan luasan area tersebut tidak hanya pertumbuhan secara aksial, tetapi juga secara mengerak. Perbandingan kondisi *microfragment A. millepora* pada awal pengamatan dengan akhir pengamatan disajikan pada Gambar 5. *A. millepora* pada akhir pengamatan menunjukkan pertumbuhan mengerak hingga hampir menutupi substrat dempul epoxy.

Cato dan Brown (2003) menyatakan pertumbuhan mengerak karang yang menutupi substrat epoxy ini umumnya akan terlihat dalam 1 sampai 2 minggu. Proses ini akan membuat fragmen terikat secara alami pada substratnya. Setelah melekatkan diri pada substrat dengan cara pertumbuhan secara mengerak, karang akan memulai pertumbuhan secara vertikal. Pada umumnya, fragmen karang membutuhkan waktu selama kurang lebih 1 bulan untuk memulai pertumbuhan vertikalnya sejak dilakukannya transplantasi. Pertumbuhan mengerak pada pangkalan fragmennya ini menurut Zaidi, *et al.*, (2022) merupakan strategi kelangsungan hidup karang. Pertumbuhan mengerak akan memperkuat penempelan karang kepada substratnya dan dapat menghindari abrasi lebih lanjut.

Gambar 6 merupakan grafik laju pertumbuhan 5 spesimen *microfragment A. millepora* yang ditransplantasikan pada sistem terkontrol. Berdasarkan pengamatan selama 5 bulan, rata-rata laju pertumbuhan *A. millepora* sebesar 0.1 cm²/bulan. Laju pertumbuhan *A. millepora* pada bulan ke-2 pertumbuhannya lambat dibandingkan bulan ke-3 dikarenakan

terjadinya alih fungsi penggunaan energi untuk pemulihan luka akibat proses fragmentasi. Pernyataan ini diperkuat oleh Anggara *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa energi yang dihasilkan oleh *zooxanthellae* digunakan oleh karang untuk proses reproduksi, pertumbuhan, dan pemeliharaan jaringan tubuh. Proses pemulihan luka pada jaringan karang memerlukan energi yang besar. Apabila penggunaan energi pada penyembuhan luka lebih besar maka energi yang digunakan untuk pertumbuhan akan berkurang.

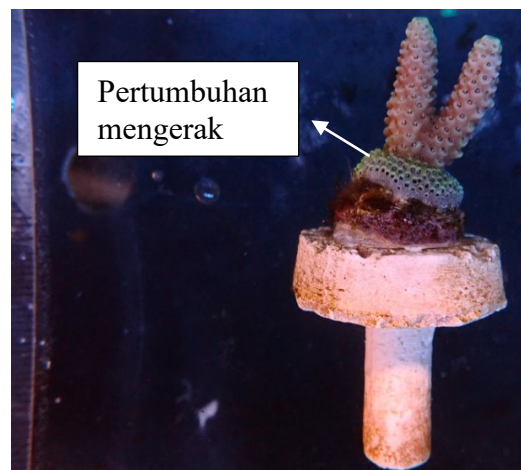
Grafik pada bulan ke-4 (Gambar 6) menunjukkan pertumbuhan yang melambat, hal ini ditunjukkan oleh adanya penurunan pada grafik. Penurunan tersebut disebabkan oleh menurunnya kadar karbonat pada kolom perairan. Nilai alkalinitas (Tabel 1) pada bulan November pengamatan ke-2 mulai menurun dari 8.9 dKH menjadi 7.6 dKH, dan kembali menurun di bulan Desember pengamatan ke-1 menjadi 7.0 dKH, nilai alkalinitas pada bulan ke-4 merupakan nilai paling kecil diantara bulan lainnya. Nilai alkalinitas di



Gambar 4. Pertambahan luasan area *A. millepora*

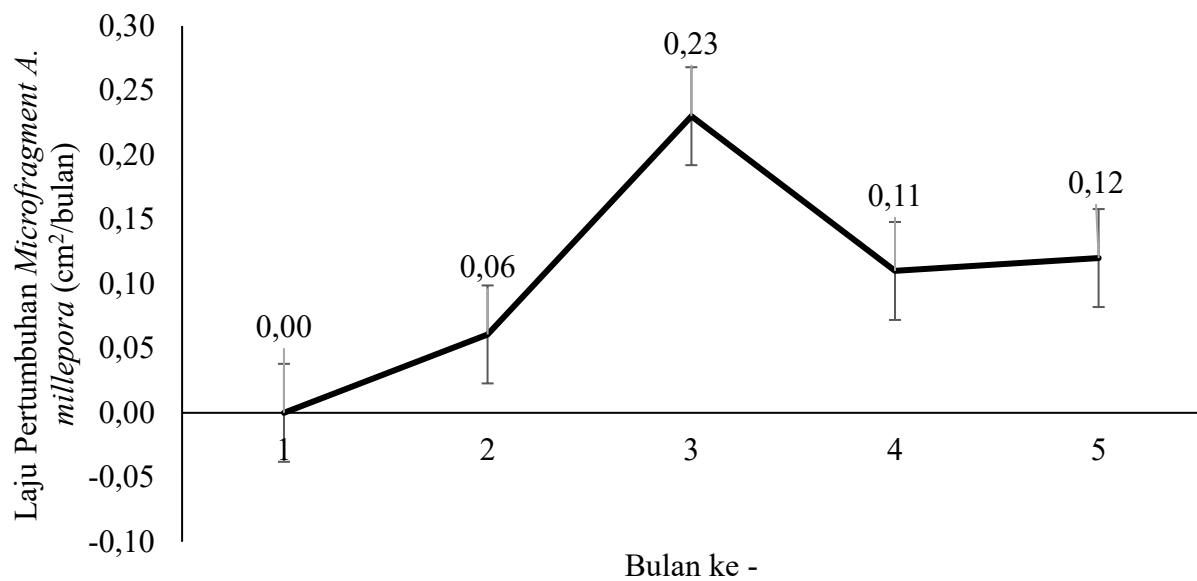


Microfragment *A. millepora* pada awal pengamatan



Microfragment *A. millepora* pada akhir pengamatan

Gambar 5. Perbandingan kondisi *microfragment A. millepora* pada awal pengamatan dan akhir pengamatan



Gambar 6. Laju pertumbuhan *microfragment A. millepora*

Tabel 1. Hasil pengukuran parameter air pada tempat penelitian laju pertumbuhan *microfragment A. millepora*

Pengamatan ke-	Suhu (°C)	Salinitas (ppt)	Alkalinitas (dKH)	Magnesium (ppm)	Kalsium (mg Ca ²⁺ /L)
1 (6-9-2022)	24	31	9.7	1260	390
2 (22-9-2022)	24	31	9.3	1260	410
3 (6-10-2022)	25	32	8.6	1260	410
4 (22-10-2022)	24	33	9.9	1290	420
5 (6-11-2022)	24	32	8.9	1260	420
6 (22-11-2022)	24	31	7.6	1170	420
7 (6-12-2022)	24	31	7.0	1170	420
8 (22-12-2022)	25	31	8.9	1260	420
9 (6-1-2023)	24	32	8.9	1230	420
10 (22-1-2023)	24	31	8.6	1210	420

bulan lain berkisar antara 8.6-9.9 dKH. Ion karbonat sangat dibutuhkan oleh Scleractinia dalam proses kalsifikasi. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Schneider dan Erez (2006), laju kalsifikasi meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi ion CO₃²⁻. Permasalahan penurunan grafik laju pertumbuhan yang menunjukkan pertumbuhan yang melambat akibat berkurangnya kadar alkalinitas dapat diselesaikan dengan *dosing alkalinity*. *Dosing alkalinity* yang dilakukan dengan cara menambahkan sodium bikarbonat ke dalam akuarium.

Oleh karena itu, pengaturan alkalinitas sangatlah penting dalam menjaga laju kalsifikasi. Alkalinitas juga berperan sebagai *buffer* yang menjaga derajat keasaman suatu perairan. Nilai alkalinitas yang tinggi dapat meminimalisir terjadinya perubahan nilai pH. Nilai alkalinitas di alam berkisar 6–7 dKH, akan tetapi nilai alkalinitas dalam akuarium harus lebih tinggi dibandingkan di alamnya. Hal ini untuk mendukung proses kalsifikasi Scleractinia sehingga nilai alkalinitas dalam akuarium berkisar 7–10 dKH. Berdasarkan hasil pengukuran alkalinitas pada lokasi penelitian pengamatan, nilai alkalinitas selama waktu pengamatan sudah sesuai dengan nilai yang

disarankan. Penambahan kadar alkalinitas dan kalsium sangat penting untuk dilakukan karena kedua parameter dibutuhkan dalam proses kalsifikasi (Brockmann dan Janse, 2008).

Pengaturan dan pemeriksaan kadar kalsium secara berkala penting dalam menjaga kualitas air akuarium laut. Nilai kalsium yang terukur (Tabel 1) selama pengamatan telah sesuai dengan ambang batas yang disarankan, yakni 390–420 mg Ca²⁺/L. Nilai kalsium dapat dipertahankan di atas 400 mg Ca²⁺/L, tetapi tidak melebihi 450 mg Ca²⁺/L (Brockmann dan Janse, 2008). Tidak hanya alkalinitas dan kalsium, magnesium juga berperan penting dalam keberlangsungan proses kalsifikasi. Magnesium adalah ion ketiga dan kation kedua yang ketersediannya melimpah di air laut. Kadar magnesium pada akuarium yang disarankan berkisar 1180–1460 ppm. Magnesium memengaruhi pertumbuhan karang melalui laju pengendapan kalsium karbonat. Ion magnesium melekat pada kerangka kalsium karbonat yang baru terbentuk dan akan memicu pengendapan lebih lanjut. Magnesium juga membantu penyerapan ion kalsium dan ion karbonat pada saat proses kalsifikasi. Oleh karena itu, rendahnya kadar magnesium pada sistem akuarium dapat menghambat pertumbuhan karang. Magnesium berperan dalam replikasi DNA dan RNA, sintesis ATP, menyusun struktur sel, dan menyusun formasi klorofil (Deelbek, dan Sprung, 2005)

Suhu dan salinitas merupakan parameter air yang juga dapat mempengaruhi laju pertumbuhan karang. Suhu air pada lokasi penelitian (Tabel 1) adalah berkisar 24°C–25°C dan nilai salinitas berkisar 31–33 ppt. Nilai parameter air sesuai dengan yang disarankan, menurut Muhlis (2019) dan Mulyani *et al.*, (2020) karang dapat tumbuh optimal pada suhu dengan kisaran 23°C–30°C dan salinitas 27–36 ppt. Sedangkan menurut Muzaki *et al.* (2020) *A. millepora* dapat hidup pada suhu 28°C–30°C dengan salinitas 33–34 ppt. Akan tetapi, penelitian yang dilakukan oleh Jones dan Berkelmans (2010) menunjukkan karang *A. millepora* yang dibesarkan pada perairan dengan suhu yang lebih rendah menunjukkan bahwa densitas *zooxanthellae* yang dimiliki karang lebih banyak. Suhu juga dapat mempengaruhi keberadaan *zooxanthellae* yang berada pada karang, jika suhu perairan tidak sesuai dengan suhu yang dibutuhkan karang maka dapat menghambat laju pertumbuhan karang dikarenakan keberadaan

zooxanthellae yang berkurang (Mulyadi *et al.*, 2018).

Tingkat Kelangsungan Hidup *Microfragment A. millepora*

Nilai tingkat kelangsungan hidup (*survival rate*) digunakan untuk mengetahui tingkat keberhasilan hidup spesimen *microfragment A. millepora* yang ditransplantasikan di penangkaran karang PT Tirta Samudra Bali secara *ex-situ*. Berdasarkan Gambar 7, diketahui bahwa persentase tingkat kelangsungan hidup *A. millepora* yang ditransplantasikan di penangkaran karang PT Tirta Samudra Bali sebesar 100%. Nilai tersebut dapat diartikan PT Tirta Samudra Bali berhasil mentransplantasikan karang *A. millepora*. Menurut Anggara *et al.* (2022), transplantasi karang dinyatakan berhasil apabila *survival rate*-nya berada pada kisaran 50–100%.

Menurut Erika *et al.*, (2019) kelangsungan hidup karang dipengaruhi oleh faktor salinitas, pH, suhu, sedimentasi, arus, gelombang, cahaya, dan persaingan dengan alga. Akan tetapi, karang yang ditransplantasi pada sistem terkontrol memiliki peluang hidup yang lebih besar dibandingkan di perairan terbuka. Pada sistem terkontrol tidak ada faktor predasi dan sedimen yang dapat menyebabkan kematian pada karang. Selain itu, pada sistem terkontrol tidak ada kemungkinan spesimen hilang akibat kencangnya arus karena kecepatan arus dapat diatur sesuai kebutuhan karangnya. Menurut Yahya dan Andriyono (2014) yang juga melakukan transplantasi karang pada sistem terkontrol, permasalahan yang sering kali ditemui selama transplantasi adalah gangguan dari parasit. Akan tetapi, ini bukanlah suatu hal yang terlalu dikhawatirkan. Peningkatan pada pengawasan dan pengontrolan karang transplantasi akan meminimalisir dampak yang ditimbulkan dari hama. Kebutuhan nutrisi dan kualitas air pada sistem terkontrol juga lebih diperhatikan sehingga meningkatkan kelangsungan hidup dari karang yang ditransplantasi. Apabila kebutuhan nutrisi kurang, dapat dilakukan dosing sesuai dengan nutrisi yang dibutuhkan (Suharsono, 2008).

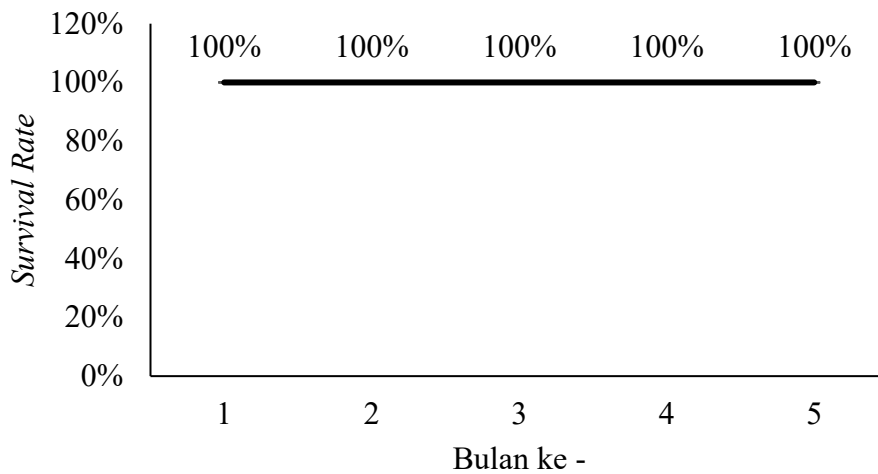
Persentase tingkat kelangsungan hidup menurut Sadili *et al.*, (2015) tidak hanya dipengaruhi oleh faktor lingkungan saja, tetapi juga dipengaruhi oleh cara perawatan rutinnya. Perawatan yang dilakukan berupa pembersihan alga yang menempel pada substrat (Gambar 8). Karang–karang yang memutih dan mati perlu dipisahkan untuk meminimalisasi proses penularan.

Selain itu, karang–karang yang jatuh atau miring segera diposisikan dengan baik. Pembersihan alga dilakukan menggunakan sikat baik pada substrat, maupun pada rak mejanya. Pembersihan alga ini perlu dilakukan secara rutin khususnya apabila kondisi perairannya terjadi pertumbuhan biofouling yang cepat.

Bukhari *et al.* (2021) melakukan penelitian mengenai pengaruh perawatan terhadap laju pertumbuhan karang yang ditransplantasikan. Hasil menunjukkan sampel karang yang tidak diberikan perawatan memiliki nilai penambahan panjang fragmen yang rendah dibandingkan karang yang mendapatkan perawatan. Alga yang menempel pada substrat karang akan menghambat laju pertumbuhan karang. Akan tetapi, karang yang sering dilakukan perawatan akan stress dan mengeluarkan lendir. Sentuhan langsung pada saat

pembersihan fragmen dapat melukai karang sehingga mengeluarkan lendir. Kondisi tersebut akan mengakibatkan terganggunya pertumbuhan pada karang. Proses perawatan ini tidak hanya mendukung pertumbuhan karang, tetapi juga mendukung tingkat kelangsungan hidup karang yang ditransplantasi. Pemberian perawatan yang optimal pada fragmen karang dapat dilakukan setiap 2 minggu sekali.

Penelitian tingkat kelangsungan hidup terhadap karang transplantasi secara *ex-situ* juga dilakukan oleh (Saupi *et al.*, (2014) pada karang *Favites abdita*, *Galaxea fascicularis*, *Lobophyllia corymbosa*, dan *Turbinaria peltata*. Hasilnya menunjukkan persentase tingkat kelangsungan hidup mencapai 88–100%. Berdasarkan tingkat kesuksesan, sistem terkontrol sangat baik digunakan untuk melakukan transplantasi karang.



Gambar 7. *Survival rate microfragment A. millepora*



Gambar 8. Pembersihan alga yang menempel pada substrat sampel penelitian

Hal ini terjadi karena kondisi lingkungan pada transplantasi *ex-situ* lebih stabil dibandingkan transplantasi secara *in-situ*. Kualitas perairan dan kebutuhan nutrisi yang dapat dikontrol memungkinkan adanya evaluasi yang lebih mendalam terhadap fragmen karang.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, nilai laju pertumbuhan *microfragment A. millepora* selama 5 bulan penelitian menunjukkan nilai rata-rata laju pertumbuhan sebesar 0.1 cm²/bulan. Selain itu, tingkat kelangsungan hidup dari semua spesimen *microfragment A. millepora* mencapai 100% sehingga dapat diartikan transplantasi *A. millepora* dengan metode *microfragmentation* pada kondisi terkontrol di PT. Tirta Samudra Bali dinyatakan berhasil.

DAFTAR PUSTAKA

- Atmasa, A., Mustarin, A., & Anny, N. 2020. Analisis Kualitas Air pada Kawasan Budidaya Rumput Laut *Eucheuma cottoni* di Kabupaten Jenepono. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 6(1): 11-22.
- Anggara, D.P., Rahardja, B.S., & Suciyo. 2022. Evaluation of Three Species Coral (*Acropora* branching) Transplantation, Case Study; Pantai Tirtawangi Banyuwangi East Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1036(1): pp. 1-7.
- Brockmann, D.P., & Jense, M. 2008. Calcium and Carbonate in Closed Marine Aquarium Systems. *Public Aquarium Husbandry Series*, 2: 133-142.
- Bukhari, P.R.D. & Kurniawan, D. 2021. Optimasi Penggunaan Waktu Pembersihan Untuk Sukses Transplantasi Karang *Acropora millepora* di Perairan Malang Rapat, Bintan. *Jurnal Kelautan Nasional*, 16(2): 145-156.
- Cato, J.C. & Brown, C.L. 2003. Marine Ornamental Species: Collection, Culture, and Conservation. Iowa State Press, Ames, 408 p.
- Delbeek, J.C. & Sprung, J. 2005. The Reef Aquarium: Science, Art, and Technology. Ricordea Publishing, Florida, 608 p.
- Erika, A.Y., & Puspita, L. 2019. Laju Pertumbuhan dan Tingkat Kelangsungan Hidup Jenis Karang *Acropora* sp. dengan Metode Penempelan Fragmen yang Berbeda. *Jurnal Penelitian Sains*, 21(2): 106-111.
- Eaton, K.R., Clark, A.S., Curtis, K., Favero, M., Holloway, N.H., Ewen, K. & Muller, E.M. 2022. A Highly Effective Therapeutic Ointment for Treating Corals with Black Band Disease. *Plos One*, 17(10): 1-20.
- Forsman, 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(1): 1-6.
- Forsman, Z., H., Rinkevich, B., & Hunter, C.L. 2006. Investigating Fragment Size for Culturing Reef-Building Corals (*Porites lobata* and *P. compressa*) in Ex Situ Nurseries. *Aquaculture*, 261: 89-97.
- Grey, M., Blais, A.M. & Vincent, A.C.J. 2005. Magnitude and Trends of Marine Fish Curio Imports to the USA. *Oryx*, 39(4): 413-420.
- Hopkins, K.D. 1992. Reporting Fish Growth: A Review of the Basics. *World Aquaculture Society*, 23(3): 173-179.
- Hermansyah, & Febriani, F. 2022. Dampak Kerusakan Ekosistem Terumbu Karang. *Jurnal Kependudukan dan Pembangunan Lingkungan*, 1(3): 42-45.
- Johan, O., Yulius, Y., Salim, H., L., Ardi, I. & Abrar, M. 2019. The Existence of Ornamental Corals in Saleh Bay, West Nusa Tenggara. *Jurnal Segara*, 15(2): 99-108.
- Johan, O., Hadie, W., Saputra, A., Haryadi, J. & Listyanto, N. 2007. Budidaya Karang Hias Mendukung Perdagangan Karang Hias yang Berkesinambungan. *Jurnal Riset Akuakultur*, Vol. 2(3), pp. 415-424.
- Jones, A. & Berkelmans, R. 2010. Potential Costs of Acclimatization to a Warmer Climate: Growth of a Reef Coral with Heat Tolerant Vs. Sensitive Symbiont Types. *Plos One*, 5(5): 1-9.
- Knapp, I.S.S., Forsman, Z.H., Greene, A., Johnston, E.C., Bardin, C.E., Chan, N., Wolke, C., Gulko, D. & Toonen, R.J. 2022. Coral Micro-fragmentation Assays for Optimizing Active Reef Restoration Efforts. *PeerJ*, 10: 1-28.
- Koch, H.R., Wallace, B., DeMerlis, A., Clark, A., S., & Nowicki, R.J. 2021. 3D Scanning as a Tool to Measure Growth Rates of Live Coral Microfragments Used for Coral Reef Restoration. *Frontiers in Marine Science*, 8(623645): 1-13.
- Lewis, B.M., Suggett, D.S., Prentis, P.J., & Nothdurft, L.D. 2022. Cellular Adaptations Leading to Coral Fragment Attachment on

- Artificial Substrates in *Acropora millepora* (Am-CAM). *Scientific Reports*, 12(1): 1-19.
- Monstrales, T.P.I., Rollon, R.N. & Licuanan, W.Y. 2022. Evaluation of the Performance and Cost-effectiveness of Coral Microfragments in Covering Artificial Habitats. *Ecological Engineering*, 184(1): p.106770.
- Muzaki, F.K., Saptarini, D., Azizah, I.R., Sari, I.K. & Pranomo, A.T.E. 2020. Survival and Growth of *Acropora millepora* Coral Fragments Transplanted in Turbid Water of Sepulu, Bangkalan Madura. *Ecology, Environment, & Conservation Paper*, 26: 26-31.
- Mulyani, M.S., Purnomo, P.W. & Supriharyono. 2020. Pengaruh Berbagai Temperatur Terhadap Pelepasan Densitas *Zooxanthellae* pada Karang *Acropora* sp. dalam Skala Laboratorium. *Jurnal Pesisir*, 4(1): 36-41.
- Muhlis, M. 2019. Pertumbuhan Kerangka Karang *Acropora* di Perairan Sengingi Lombok. *Jurnal Biologi Tropis*, 19(1): 24-31.
- Mulyadi, Apriadi, T. & Kurniawan, D. 2018. Tingkat Keberhasilan Transplantasi Karang *Acropora millepora* (Ehrenberg, 1834) di Perairan Banyan Tree Lagoi, Bintan. *Jurnal Akuatiklestari*, 1(2): 24–31.
- O’Neil, K.L., Serafin, R.M., Patterson, J.T., & Craggs, J.R.K. 2021. Repeated Ex Situ Spawning in Two Highly Disease Susceptible Corals in the Family Meandrinidae. *Frontiers in Marine Science*, 8(669976): 1-15.
- Pratiwi, D.B., Ramses, & Efendi, Y. 2019. The Differences Pace of Growth and Survival Rates of *Montipora tuberculosa* Coral Species Which Comes from Parent Transplant and Parent Nature. *Simbiosis*, 8(1): 10-19.
- Ramses, 2015. Analisis Kesesuaian Lokasi Untuk Aplikasi Teknologi Terumbu Buatan Untuk Peningkatan Hasil dan Rehabilitasi Lingkungan Laut. *Jurnal Dimensi*, 4(1): 1-9.
- Rondonuwu, A.B., Rembet, U.N.W.J., Moningkey, R.D., Tombokan, J.L., Kambey, A.D. & Wantasen, A.S. 2013. Coral Fishes the Family Chaetodontidae in Coral Reef Waters of Para Island Sub District Tatoareng, Sangihe Kepulauan Regency. *Jurnal Ilmiah Platax*, 1(4): 210-215
- Sadili, D., Sarmitohadi, Ramli, I., Rasdiana, H., Sari, R.P., Miasto, Y., Prabowo, Monintia, M., Tery N. & Annisa, S. 2015. Pedoman Rehabilitasi Terumbu Karang (Scleractinia). Direktur Konservasi dan Keanekaragaman Hayati Laut, Direktorat Jenderal Pengelolaan Laut, Jakarta, 88 p.
- Saupi, M.I., Hazurina, N. & Dzulfikar, B.M. 2014. Growth and Survival of Four Selected Corals of Ports Dickson in an Exsitu Nusery. *Malaysian Fisheries Journal*, 13: 16-23.
- Schneider, K., & Erez, J. 2006. The effect of Carbonate Chemistry on Calcification and Photosynthesis in the Hermatypic Coral *Acropora eurystoma*. *Limnology and Oceanography*, 51(3): 1284–1293.
- Suharsono. 2008. Jenis-jenis Karang di Indonesia. Lini Press, Jakarta, 344 p.
- Septianti, L., Kasmi, M. & Ridwan, M. 2022. Efektivitas Pemasaran Karang Hias *Acropora* (*Acropora* sp.) di PT Agung Aquatic Marine, Badung Bali. *Journal of Applied Agribusiness and Agrotechnology*, 1(2): 1-9.
- Taufina., Faisal., & Stelly M.L. 2018. Rehabilitasi Terumbu Karang Melalui Kolaborasi Terumbu Buatan dan Trasplantasi Karang di Kecamatan Bungus Teluk Kabung Kota Padang: Kajian Deskriptif Pelaksanaan Corporate Social Responsibility (CSR) PT. Pertamina (Persero) Marketing Operation Region (MOR) I–Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM) Teluk Kabung. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 24(2): 730-739.
- Utami, M., Arthana, I.W., & Ernawati, N.M. 2021. Laju Pertumbuhan Karang Transplantasi *Acropora* sp. di Perairan Pandawa, Bali. *Current Trends in Aquatic Science*, 4(2): 205-211.
- Yahya, M.R., & Andriyono, S. 2014. Transplantasi Terumbu Karang Oleh CV Putra Pelangi Samudra, Denpasar, Bali. *Technical Report*, pp. 1-5.
- Zaidi, P.N., Hong, T.C., & Jung, L.H. 2022. Evaluating the Survival and Growth Rate of *Acropora digitifera* in Wild and Mesocosm System. *Borneo Journal of Marine Science and Aquaculture*, 6: 8-15.