

TOTAL PERTUMBUHAN *FRAGMENT* KARANG HIAS JENIS *Caulastrea curvata* SECARA *IN-SITU* DI PERAIRAN PENGINUMAN, GILIMANUK

Hanafi¹, Adrian Rahman Septiandi², Anwan Rahmat Ardiansyah²,
Abhimantara Agung Pradnya Wijaya³, **Riyanti**¹

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

²PT. Tirta Samudera Bali (Reefmaster Bali)

Jl. Raya Goa Lawah No.88, Posinggahan, Klungkung, Bali 80761, Indonesia

³Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Kelautan dan Perikanan, Universitas Udayana

Jl. Raya Kampus Unud, Jimbaran, Badung, Bali 80361, Indonesia

E-mail korespondensi: riyanti1907@unsoed.ac.id

ABSTRAK

Luasan terumbu karang perlahan semakin berkurang akibat faktor alam ataupun manusia. Restorasi terumbu karang harus dilakukan salah satunya dengan transplantasi karang. *Caulastrea curvata* merupakan salah satu karang hias yang diminati oleh penggiat *reef aquarium* sehingga seringkali terjadi eksploitasi yang berlebihan terhadap karang ini. Permasalahan ini bisa diatasi dengan solusi alternatif dari budidaya karang, yaitu menggunakan metode fragmentasi. Tujuan dari penelitian ini adalah mengukur total pertumbuhan dari fragmen karang hias jenis *Caulastrea curvata* yang ditransplantasikan menggunakan metode fragmentasi. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode observasi. Observasi fragmen karang menggunakan *Underwater Photography* dan diolah menggunakan *software ImageJ* untuk mendapatkan nilai pertumbuhan tinggi dan area. Hasil dari penelitian ini didapatkan nilai total pertumbuhan luas area dan tinggi berurutan sebesar 5,56 cm² dengan penambahan 1 cm² dan 3,38 cm dengan penambahan 0,75 cm selama 5 bulan. Kesimpulannya adalah total pertumbuhan luas area dari karang ini lebih cepat daripada total pertumbuhan tingginya dan penggunaan metode fragmentasi berhasil mempercepat pertumbuhan karang jika dibandingkan dengan metode *sexual*.

Kata kunci: *Caulastrea curvata*; total pertumbuhan; metode fragmentasi; *software imageJ*; *underwater photography*

TOTAL GROWTH OF *Caulastrea curvata* ORNAMENTAL CORAL FRAGMENTS *IN-SITU* IN PENGINUMAN WATERS, GILIMANUK

ABSTRACT

The area of coral reefs is slowly decreasing due to natural or human factors. Restoration of coral reefs must be done, one of which is by transplanting corals. *Caulastrea curvata* is one of the ornamental corals that is in demand by reef aquarium enthusiasts, so there is often excessive exploitation of this coral. This problem can be overcome with an alternative solution to coral cultivation, namely using the fragmentation method. The purpose of this study was to measure the total growth of ornamental coral fragments of *C. curvata* species transplanted using the fragmentation method. The observation method was applied in this research. Observation of coral fragments using *Underwater Photography* and processed using *ImageJ* software to obtain height and area growth values. The results of this study obtained a total growth value of area and height of 5.56 cm² with the addition of 1 cm² and 3.38 cm with the addition of 0.75 cm for 5 months. The total area growth of this coral was faster than the total height growth and the use of the fragmentation method successfully accelerates coral growth when compared to the sexual method.

Key words *Caulastrea curvata*; total growth; fragmentation method; *software imageJ*; *underwater photography*

PENDAHULUAN

Terumbu karang merupakan salah satu ekosistem penopang kehidupan di laut, fungsinya yang sangat penting tidak selaras dengan kerusakan yang terjadi. Indonesia merupakan bagian dari *coral triangle of the world*, sebuah kawasan yang dikelilingi oleh terumbu karang sehingga memiliki biodiversitas laut terbesar di dunia (Anugrah et al., 2020). Terumbu karang di Indonesia diperkirakan memiliki luas kurang lebih 51.000 km² atau 18% dari total luasan terumbu karang didunia (Arisandi et al., 2018). Luasan tersebut perlahan semakin berkurang akibat adanya degradasi ekosistem terumbu karang yang disebabkan baik dari faktor alam maupun faktor manusia. Faktanya, kerusakan yang terjadi akibat ulah manusia akan lebih kronis dan tidak sementara (Hermansyah & Febriani, 2020). Kerusakan

terumbu karang umumnya disebabkan oleh berbagai aktivitas manusia seperti penangkapan ikan dengan bahan-bahan yang dapat merusak (Akhmad et al., 2018), limbah padat (Wahyulfatwatul et al., 2017), dan kegiatan eksploitasi karang secara ilegal untuk keperluan perdagangan (Ramses, 2017). Logika yang muncul dari krisis seperti ini adalah perlunya solusi nyata yang perlu dilakukan agar restorasi terumbu karang dapat berjalan dengan pemanfaatan secara optimal.

Perairan Penginuman, Gilimanuk, Provinsi Bali merupakan perairan yang termasuk dalam salah satu Taman Nasional Bali Barat (Tambunan et al., 2022). Kondisi perairan tersebut memiliki tipe substrat pasir, pecahan karang, dan pasir berlumpur sehingga saat arus tinggi, sedimentasi dan cemaran sampah plastik akan memperkeruh perairan (Vernianda et al., 2022). Kondisi tersebut mengakibatkan terumbu karang tidak dapat hidup dengan cara biasa atau tumbuh berdasarkan substrat dari alam karena berpotensi tertutup oleh sedimentasi dan sampah plastik (Septiady et al., 2023). Salah satu solusi yang sudah dilakukan adalah dengan melakukan budidaya terumbu karang dengan metode khusus. Metode ini sudah dilakukan oleh banyaknya perusahaan yang bergerak dalam bidang *ornamental coral exporting* (ekspor karang hias) dengan memilih perairan tersebut sebagai kawasan *in-situ* dalam melakukan budidaya karang.

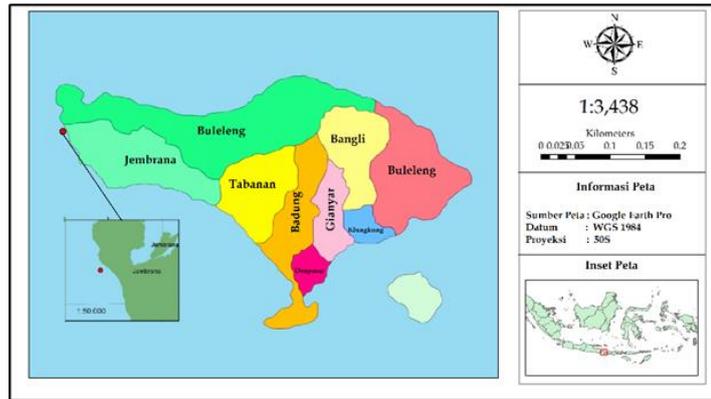
Budidaya karang menawarkan solusi alternatif dalam memanfaatkan nilai estetika karang dan berpeluang cukup besar untuk memulihkan serta melestarikan keanekaragaman terumbu karang. Hal ini didukung oleh metode kultivasi karang dengan memanfaatkan sifat reproduksi karang seperti fragmentasi yang memanfaatkan reproduksi karang secara aseksual (Zulfikar et al., 2014) dan *coral settlement* yang memanfaatkan reproduksi karang secara seksual (Linden et al., 2019). Fragmentasi adalah cara reproduksi karang secara aseksual dengan memanfaatkan proses regenerasi potongan bagian indukan karang, potongan tersebut akan tumbuh menjadi indukan baru yang memiliki sifat sama seperti induknya dengan total pertumbuhan yang lebih cepat (Langarica et al., 2020). Metode fragmentasi efektif diterapkan di perairan Penginuman, Gilimanuk karena dapat menghindari karang dari sedimen dan sampah plastik. Jika dibandingkan dengan *coral settlement* yang masih mengandalkan substrat alami untuk pertumbuhan planula karang (Linden et al., 2019), total pertumbuhan dari setiap jenis karang memiliki perbedaan dikarenakan berbagai faktor (Pratiwi et al., 2019). Pengamatan total pertumbuhan diperlukan dalam melakukan metode ini sebagai informasi yang digunakan dalam perencanaan proses restorasi terumbu karang yang lebih baik.

Caulastrea curvata merupakan spesies karang dari famili Faviidae dan genus *Caulastrea* yang dikenal memiliki percabangan dengan bentukan koralit menyerupai kubah yang indah. Keindahannya menjadikan genus ini sebagai salah satu *ornamental coral* yang diminati penggiat *reef aquarium*. Keindahan bentuknya didukung dengan warna yang menarik, yaitu berwarna coklat muda dan hijau pada bagian *columella* (tengah) disertai garis-garis hijau (Zulfikar et al., 2014). Pemanfaatan *C. curvata* yang tinggi membuat diperlukannya riset terkait pertumbuhan dari karang jenis ini agar tidak merusak sumberdaya karang ini di alam. Namun, belum ada riset terkait pertumbuhan karang jenis ini hingga sekarang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur total pertumbuhan fragmen karang jenis *C. curvata* yang ditransplantasikan menggunakan metode fragmentasi. Pengamatan total pertumbuhan dari karang jenis ini penting dilakukan selain untuk dapat meninjau restorasi dari sumberdaya terumbu karang juga merupakan solusi alternatif dalam meninjau percepatan restock dari karang tersebut sehingga tidak merusak sumberdaya yang ada (Runtuwene et al., 2020).

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode observasi. Metode ini digunakan untuk mengamati dan menganalisis perubahan pada objek penelitian (Isdianto & Luthfi, 2020). Melalui metode observasi yang dilakukan dalam mengukur pertumbuhan fragmen karang jenis *C. curvata* yang ditransplantasikan menggunakan metode fragmentasi. Potongan fragmen dari indukan akan ditumbuhkan dalam 1 substrat untuk diketahui kecepatan pertumbuhannya.

Penelitian dilaksanakan di Perairan Penginuman, Kelurahan Gilimanuk, Kecamatan Melaya, Kabupaten Jembrana, Provinsi Bali. Proses pembuatan fragmen karang dimulai dari Bulan September 2022 dan difoto setiap bulan hingga bulan Januari 2023 sehingga didapatkan data pertumbuhan karang pada T0-T4. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

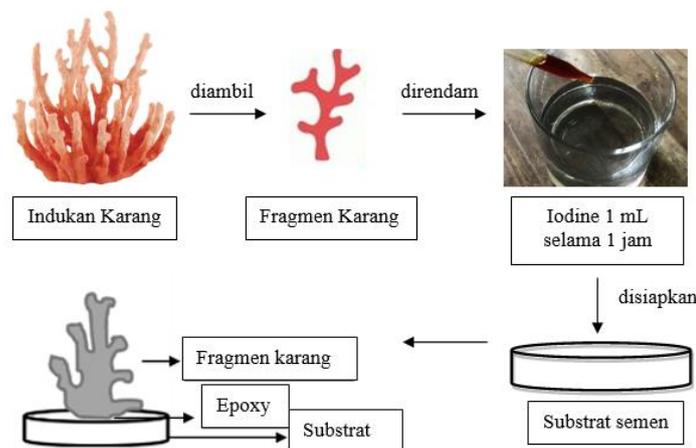


Gambar 1. Peta penelitian

Teknik Pengambilan Data

Terdapat beberapa tahapan dalam melakukan penelitian ini, tahap pertama adalah menentukan stasiun pengamatan, lalu pembuatan fragmen karang, perawatan fragmen karang, pengambilan foto, dan pengolahan data. Penentuan stasiun penelitian untuk tempat kultivasi fragmen karang ditentukan menggunakan metode *purposive sampling*. Metode ini menentukan stasiun penelitian menggunakan pendekatan *reasoning* yang mempertimbangkan alasan tertentu demi kebutuhan riset (Elvera & Astarina, 2021). Kebutuhan riset adalah tempat kultivasi karang dengan *artificial reef* menggunakan meja besi dengan ukuran 120 cm x 80 cm. Meja besi tersebut mampu menampung 25 – 50 substrat karang berdasarkan jenis dan ukurannya. Meja tersebut akan membantu mengurangi dampak sedimentasi dan cemaran sampah plastik yang tinggi di Perairan Penginuman, Gilimanuk. Penempelan substrat karang untuk diteliti dilakukan di Perairan Penginuman, Gilimanuk pada kedalaman 15 m yang dimana merupakan salah satu tempat kultivasi karang secara *in-situ* yang dimiliki oleh PT. Tirta Samudra Bali.

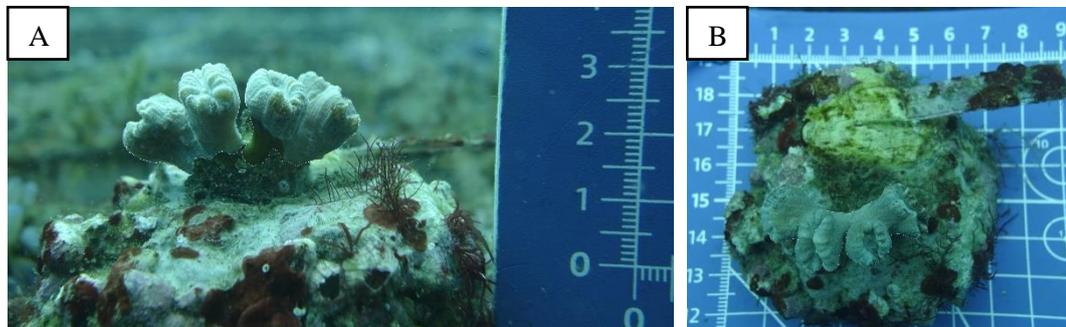
Pembuatan fragmen karang jenis *C. curvata* dilakukan dengan pemotongan indukan dari alam untuk mendapatkan anakan yang akan ditumbuhkan pada substrat baru. Ukuran fragmen karang sebaiknya kecil dengan *range* 1-5 cm. Tidak ada batasan dalam pengambilan anakan dari indukan tetapi lebih baik jika mengambil dari ujung cabang sehingga fragmen karang dapat fokus tumbuh tanpa harus memperbaiki bekas potongan jika dari tengah cabang. Semen digunakan sebagai substrat agar sesuai dengan kriteria substrat yang optimal untuk pertumbuhan karang, yaitu kasar dan keras (Suhery et al., 2017). Potongan-potongan fragmen yang telah dipotong direndam dalam air laut 100 mL berisi 50 mL *iodine* selama 5 menit karena dapat membantu dalam pemulihan luka pasca *fragging* (Fadliani et al., 2020). Kemudian, disiapkan bahan *Epoxy* yang terdiri atas *hardener* dan *resin* dengan perbandingan 1:1, keduanya ditambahkan air sehingga dapat tercampur rata. Fragmen karang ditempelkan pada substrat yang telah diberi dempul dengan posisi tidak jatuh atau miring dalam proses pengeringan dempul. Dempul yang masih setengah kering diberi tanda pada bagian sebelah kiri dan depan agar saat pengambilan foto posisinya tetap sama. Setelah mengering, fragmen karang siap untuk diletakkan di stasiun pengamatan untuk diamati dan difoto (Haris et al., 2017).



Gambar 2. Diagram alir pembuatan fragmen karang

Perawatan karang dilakukan bersamaan dengan proses pengambilan foto. Substrat karang yang sudah berinteraksi dengan air laut akan menjadi lembab dan menjadi tempat melekatnya alga, dan teritip, serta hama karang lainnya. Substrat dibersihkan menggunakan sikat dan tang, serta tidak mengenai karang karena akan melukai polip karang. Perawatan karang bertujuan untuk menyingkirkan hama karang sehingga karang terhindar dari penyakit karang atau kompetitor lainnya. Selain itu, pembersihan substrat akan mempermudah dalam mengolah hasil foto karena dapat membedakan bagian karang dan substrat dengan jelas (Luthfi, 2016).

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan metode *Underwater Photography* (Ahmadia et al., 2013), fragmen dari karang yang diteliti akan difoto menggunakan kamera SONY RX 1000. Pengambilan foto dibawah air dilengkapi dengan alat *SCUBA (Self-Contained Underwater Breathing Apparatus)*. *Cutting mat* digunakan untuk memudahkan proses foto dan pengolahan data. Alat ini sudah dilengkapi dengan ukuran penggaris yang membantu dalam pengambilan foto. Pengambilan foto dilakukan dari sudut samping dan atas untuk melihat tingginya dan luasan area karang. Fragmen karang yang telah difoto kemudian diolah menggunakan *software ImageJ*. *ImageJ* merupakan software yang digunakan untuk pengolahan data digital berbasis java yang telah digunakan dalam berbagai bidang keilmuan. Software *ImageJ* bermanfaat dalam mengukur luas area dan tinggi dari fragmen karang (Febrianto et al., 2019).



Gambar 3. Pengambilan data. (A) Foto dengan sudut samping untuk mendapatkan data pertumbuhan tinggi. (B) Foto dengan sudut atas untuk mendapatkan data pertumbuhan luas area

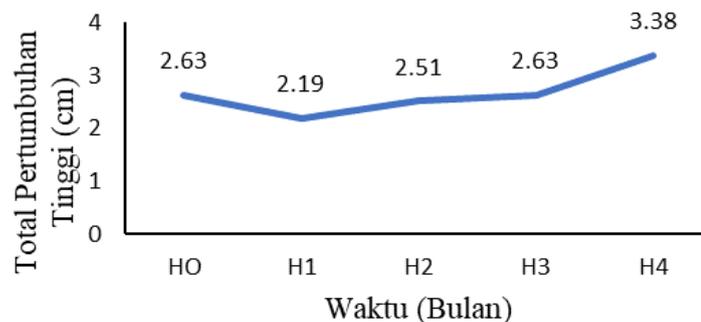
Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif. Metode ini digunakan untuk menganalisis data dengan mendeskripsikan atau menggambarkan data-data yang sudah dikumpulkan. Interpretasi data dilakukan dengan menampilkan data dalam grafik atau tabel sehingga dapat digunakan sebagai bahan pengembangan teori atau keilmuan yang diuji (Ramdhan, 2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Total Pertumbuhan Tinggi *C. curvata*

Berikut adalah hasil dari pengukuran total pertumbuhan tinggi fragmen karang jenis *C. curvata* pada Gambar 4.



Gambar 4. Total pertumbuhan tinggi *C. curvata* selama 5 bulan

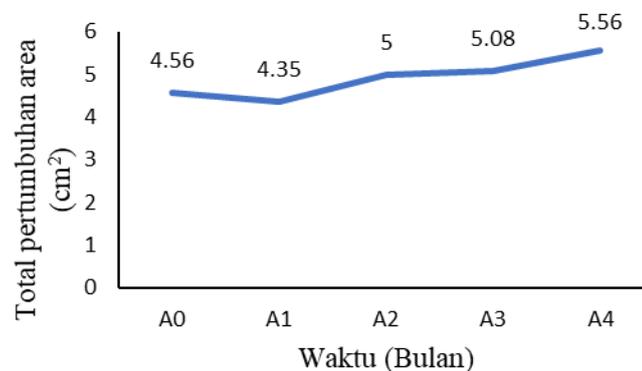
Berdasarkan pengolahan data pada *software ImageJ* didapatkan ukuran tinggi fragmen karang jenis *C. curvata*. Pada pertumbuhan awal selama 1 bulan, fragmen *C. curvata* mengalami penurunan sebesar 0,44 cm karena mengalami proses adaptasi yang rentan dengan *stressing*. Namun, pada bulan berikutnya hingga akhir pengukuran dapat diamati fragmen karang *C. curvata* selalu mengalami pertumbuhan tinggi yang pesat hingga mencapai 0,75 cm hanya dalam waktu 5 bulan. Belum ada penelitian serupa terkait total pertumbuhan karang jenis *C. curvata* sampai sekarang. Namun, terdapat penelitian serupa dari karang jenis *C. furcata*, yang masih dalam genus yang sama. Pada penelitian tersebut, Zulfikar et al. (2014) menguji pertumbuhan fragmen karang jenis *C. furcata* dan didapatkan bahwa karang jenis ini memiliki rata-rata tertinggi pertumbuhan tinggi setiap bulannya sebesar 0,82 mm. Jika dikonversi menjadi nilai pertumbuhan selama 5 bulan, *C. furcata* hanya memperoleh 0,41 cm. Menurut Zakaria et al., (2019), tidak ada perbedaan signifikan pertumbuhan karang dari metode fragmentasi. Namun, laju pertumbuhan karang secara alami atau *sexual method* akan lebih lambat daripada metode fragmentasi karena berbagai faktor yang mempengaruhi seperti *stressor*, dan parameter fisika-kimia perairannya (Morais et al., 2024).

Pertumbuhan karang dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti biota asosiasi dari ikan karang, kelimpahan alga (Hylkema et al., 2023), metode transplantasi, jenis karang, dan proses adaptasi (Xia et al., 2022), serta parameter fisika-kimia perairan (Downie et al., 2023). Penggunaan metode fragmentasi ini membuat karang mengalami stress. Namun, saat karang sudah mulai beradaptasi dari stress yang timbul mengakibatkan fragmen karang memiliki kemampuan adaptasi yang lebih unggul dari induknya sehingga meningkatkan kemampuan bertahan hidup di alam (Camp et al., 2018). Hal tersebut terjadi pada fragmen karang jenis *C. curvata* yang mengalami proses adaptasi sehingga menurunkan ukurannya pada bulan pertama setelah peletakan di perairan. Setelah berhasil beradaptasi, karang tersebut berhasil tumbuh secara pesat dalam bulan berikutnya. Hasil pengukuran pertumbuhan tinggi yang mencapai 0,75 cm hanya dalam waktu 5 bulan merupakan tingkat pertumbuhan yang pesat jika dibandingkan dengan pertumbuhan terumbu karang pada umumnya yang hanya mencapai 0,5-1 cm/tahun (Rizqika et al., 2018).

Kondisi perairan tempat peletakan fragmen karang juga akan mempengaruhi pertumbuhan dari fragmen karang tersebut. Perairan Penginuman, Gilimanuk memiliki kondisi perairan yang cocok untuk tempat pertumbuhan karang jika ditinjau dari parameter fisika-kimianya. Perairan ini memiliki kadar salinitas berkisar 30-37 ppt, suhu sebesar 25-30°C, nilai pH berkisar 7,8-8,9, dan nilai DO sebesar 9,2-14,7 mg/L sesuai dengan pengukuran Vernianda et al. (2022). Kondisi ini juga sesuai dengan baku mutu perairan dengan kadar salinitas sebesar 33-34 ppt, suhu sebesar 28-30°C, pH sebesar 7-8,5 dan DO >5 mg/L (Kepmen LH No. 51, 2004). Selain itu, terumbu karang umumnya tumbuh pada perairan dengan kadar salinitas berkisar 32-35 ppt, suhu berkisar 25-29°C (Darmawan, 2015).

Total Pertumbuhan Luas Area *C. curvata*

Berikut adalah hasil pengukuran total pertumbuhan luas area dari fragmen karang jenis *C. curvata* pada Gambar 5.



Gambar 5. Total pertumbuhan luas area fragmen karang jenis *C. curvata*

Berdasarkan hasil pengolahan dapat diamati karang ini mengalami penurunan pada bulan pertama setelah diletakkan di alam sebesar 0,21 cm². Namun, pada bulan berikutnya mengalami pertumbuhan luas area yang signifikan hingga 1 cm² hanya dalam waktu 5 bulan. Penurunan luas area pada awal peletakan terjadi karena karang yang mengalami stress akibat metode fragmentasi dan harus beradaptasi

dengan lingkungan yang ada. Penambahan pertumbuhan luas area pada bulan berikutnya menandakan proses adaptasi yang berhasil dilakukan oleh fragmen karang sehingga memiliki kemampuan yang lebih tinggi untuk tumbuh dan bertahan hidup di alam (Camp et al., 2018). Belum ada penelitian serupa yang meneliti fragmen karang jenis *C. curvata*. Namun, terdapat penelitian serupa yang meneliti fragmen karang jenis *C. furcata* dan dilaporkan bahwa rata-rata tertinggi pertumbuhan lebar adalah 1,64 mm setiap bulannya. Jika dikonversi selama 5 bulan, didapatkan nilai pertumbuhan lebar adalah 0,82 cm (Zulfikar et al., 2014). Pada penelitian lain yang menggunakan metode fragmentasi pada karang jenis *Acropora* sp. didapatkan nilai rata-rata pertumbuhannya adalah 8,64 mm/bulan. Hasil ini berbeda karena menggunakan jenis karang yang berbeda, setiap jenis karang memiliki kecepatan pertumbuhan yang berbeda dan jenis *Acropora* memiliki pertumbuhan yang cepat jika dibandingkan dengan jenis lainnya (Zakaria et al., 2019).

Pertumbuhan karang pada *lifeform* seperti *encrusting* hanya memiliki tipe pertumbuhan area. Berbeda dengan tipe *lifeform* seperti *branching* dan *submassive* yang memiliki 2 tipe pertumbuhan, yaitu pertumbuhan tinggi dan pertumbuhan area. Tipe pertumbuhan ini akan mempengaruhi percepatan pertumbuhan dari karang tersebut karena pertumbuhan cenderung difokuskan pada pertumbuhan luas area. Hal ini sesuai dengan terumbu karang yang termasuk jenis fototaksis atau proses pertumbuhan yang cenderung mengarah pada cahaya matahari (Suryanti, 2019). Tipe pertumbuhan area lebih tinggi daripada tinggi dikarenakan sifat fototaksis tersebut. Sedimentasi yang tinggi di Perairan Penginuman menyebabkan berkurangnya cahaya matahari yang masuk. Kebutuhan akan cahaya ini membuat fragmen karang jenis *C. curvata* ini memperlebar polipnya untuk mempermudah dalam menyerap cahaya sebagai sumber fotosintesis *zooxanthellae* didalamnya. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian yang menguji pertumbuhan fragmen karang dan dilaporkan pertumbuhan area memiliki laju pertumbuhan yang lebih pesat daripada tinggi (Pratiwi et al., 2019).

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa fragmen karang jenis *C. curvata* memiliki total pertumbuhan luas area sebesar 5,56 cm² dengan penambahan 1 cm² hanya dalam waktu 5 bulan. Pertumbuhan luas area lebih besar daripada total pertumbuhan tinggi yang hanya mencapai 3,38 cm dengan penambahan 0,75 cm dalam waktu 5 bulan. Hasil tersebut membuktikan bahwa metode fragmentasi mampu mempercepat pertumbuhan karang jika dibandingkan metode *sexual* yang memanfaatkan planula.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis berikan kepada Bapak Chandra Setiawan karena memberikan kesempatan penulis untuk melaksanakan magang penelitian di PT. Tirta Samudra Bali. Tak lupa juga penulis ucapkan terima kasih kepada Mas Krispo, Mas Jojo, dan pegawai di PT. Tirta Samudra Bali karena telah membantu selama proses penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadia, G. N., Wilson, J. R., & Green, A. (2013). Protokol Pemantauan Terumbu Karang Untuk Menilai Kawasan Konservasi Perairan. In Terj (Ed.), *Coral Triangle Support Partnership* (Coral Reef).
- Akhmad, D. S., Purnomo, P. W., & Supriharyono, S. (2018). Potensi Kerusakan Terumbu Karang pada Kegiatan Wisata Snorkeling di Destinasi Wisata Taman Nasional Karimunjawa. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 10(2), 419–429. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v10i2.21495>
- Anugrah, A. P., Putra, B. A., & Burhanuddin. (2020). Implementation of Coral Triangle Initiative on Coral Reefs, Fisheries, and Food Security (CTI-CFF) in Indonesia and Philippines. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 575(1), 6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/575/1/012154>
- Arisandi, A., Tamam, B., & Fauzan, A. (2018). Profil Terumbu Karang Pulau Kangean, Kabupaten Sumenep, Indonesia. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*, 10(2), 76–83. <https://doi.org/10.20473/jipk.v10i2.10516>
- Camp, E. F., Schouepf, V., & Suggett, D. J. (2018). How Can “Super Corals” Facilitate Global Coral

- Reef Survival Under Rapid Environmental and Climatic Change? *Global Change Biology*, 24(7), 2755–2757.
- Darmawan, B. (2015). Analisis Kerusakan Terumbu Karang Akibat Sampah di Pulau Panggang, Kabupaten Kepulauan Seribu. *Jurnal Bumi Indonesia*, 4(1), 63–70.
- Downie, A. T., Cramp, R. L., & Franklin, C. E. (2023). The Interactive Impacts of a Constant Reef Stressor, Ultraviolet Radiation, with Environmental Stressors on Coral Physiology. *Science of the Total Environment*, 907(February 2023), 12. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168066>
- Elvera, & Astarina, Y. (2021). *Metodologi Penelitian* (1st ed.). Andi Publisher.
- Fadliani, A. N., Damayanti, A. A., & Rahman, I. (2020). The Effect of Adding Iodine to the Feed to Increase Growth and Survival Rate of Carp Seeds (*Cyprinus carpio*). *Jurnal Biologi Tropis*, 20(2), 314–319. <https://doi.org/10.29303/jbt.v20i2.1698>
- Febrianto, S., Hartoko, A., & Suryan, I. (2019). *Ekosistem Mangrove Coastal Blue Carbon*. Undip Press.
- Haris, A., Rani, C., Tahir, A., Burhanuddin, A. I., Samawi, M. F., Tambaru, R., Werorilangi, S., Arniati, & Faisal, A. (2017). Survival And Growth of Transplantation of Ornament Coral *Acropora* sp. in The Village of Tonyaman, Binuang District, Polewali Mandar Regency. *Spermonde*, 2(3), 1–8.
- Hermansyah, & Febriani, F. (2020). Dampak Kerusakan Lingkungan Ekosistem Terumbu Karang. *Jurnal Kependudukan dan Pembangunan Lingkungan*, 1(3), 42–51.
- Hylkema, A., Debrot, A. O., Cammenga, R. A. R., van der Laan, P. M., Pistor, M., Murk, A. J., & Osinga, R. (2023). The Effect of Artificial Reef Design on The Attraction of Herbivorous Fish and on Coral Recruitment, Survival and Growth. *Ecological Engineering*, 188(January), 106882. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2022.106882>
- Isdianto, A., & Luthfi, O. M. (2020). Identifikasi *Life Form* dan Persentase Tutupan Terumbu Karang untuk Mendukung Ketahanan Ekosistem Pantai Tiga Warna. *Briliant: Jurnal Riset Dan Konseptual*, 5(4), 808. <https://doi.org/10.28926/briliant.v5i4.537>
- Langarica, J. J. A. T., Rodríguez Troncoso, A. P., Cupul Magaña, A. L., & Rinkevich, B. (2020). Micro-fragmentation as an effective and applied tool to restore remote reefs in the eastern tropical pacific. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(18), 1–18. <https://doi.org/10.3390/ijerph17186574>
- Linden, B., Vermeij, M. J. A., & Rinkevich, B. (2019). The *Coral settlement* Box: A Simple Device to Produce Coral Stock From Brooded Coral Larvae Entirely In-Situ. *Ecological Engineering*, 132, 115–119. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.04.012>
- Luthfi, O. M. (2016). Konservasi Terumbu Karang di Pulau Sempu Menggunakan Konsep Taman Karang. *Journal of Innovation and Applied Technology*, 2(1), 210–216.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 Tentang Baku Mutu Air Laut, 128 (2004).
- Morais, J., Tebbett, S. B., Morais, R. A., & Bellwood, D. R. (2024). Natural Recovery of Corals After Severe Disturbance. *Ecology Letters*, 27(1), 1–12. <https://doi.org/10.1111/ele.14332>
- Pratiwi, D. B., Ramses, R., & Efendi, Y. (2019). Perbedaan Laju Pertumbuhan dan Tingkat Kelangsungan Hidup Karang Jenis *Montipora tuberculosa* Berasal dari Induk Transplantasi dengan Induk dari Alam. *Simbiosis*, 8(1), 10. <https://doi.org/10.33373/sim-bio.v8i1.1529>
- Ramadhan, M. (2021). *Metode Penelitian* (A. A. Effendy (ed.)). Cipta Media Nusantara.
- Ramses, R. (2017). Kondisi dan Keragaman Karang Hias di Perairan Pulau Sarang dan Sekitarnya, Kecamatan Belakang Padang, Kota Batam. *Simbiosis*, 6(2), 57. <https://doi.org/10.33373/sim-bio.v6i2.1141>
- Rizqika, C. N. A., Supriharyono, & Lutfah, N. (2018). Laju Pertumbuhan Terumbu Karang *Acropora formosa* di Pulau Menjangan Kecil, Taman Nasional Karimunjawa. *Journal of Maquares*, 7(1), 430–439.
- Runtuwene, S. M., Manembu, I. S., Mamangkey, N. G. ., Rumengan, A. P., Paransa, D., & Sambali, H. (2020). Laju Pertumbuhan Karang *Acropora formosa* yang Ditranplantasi pada Media Tempel dan Media Gantung. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 8(1), 98. <https://doi.org/10.35800/jplt.8.1.2020.27553>
- Septiady, D., Hendrawan, I. G., & Putra, I. N. G. (2023). *Keanekaragaman Jenis Makroalga di Perairan Teluk Gilimanuk Bali*. 2(10), 4831–4843.
- Suhery, N., Damar, A., & Effendi, H. (2017). Coral Reef Ecosystem Vulnerability Index to Oil Spill: Case of Pramuka Island and Belanda Island in Seribu Islands. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9(1), 67–89. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v9i1.17918>

- Suryanti. (2019). *Buku Ajar Bioekologi Phylum Echinodermata*. Undip Press.
- Tambunan, S., Arthana, I. W., & Giri Putra, I. N. (2022). Korelasi Kepadatan Banggai *Cardinal Fish* (*Pterapogon kauderni*) dengan Biota Asosiasi (*Diadema setosum* dan *Fibramia thermalis*) di Perairan Teluk Gilimanuk, Bali. *Journal of Marine Research and Technology*, 5(1), 16. <https://doi.org/10.24843/jmrt.2022.v05.i01.p04>
- Vernianda, C., Watiniasih, N. L., Faiqoh, E., & Giri Putra, I. N. (2022). Analisis Karbon dalam Sedimen pada Ekosistem Lamun di Teluk Gilimanuk, Bali. *Journal of Marine Research and Technology*, 5(2), 105.
- Wahyulfatwatul, U., Litaay, M., Priosambodo, D., & Moka, W. (2017). Genera Karang Keras di Pulau Barrang Lompo dan Bone Batang Berdasarkan Metode Identifikasi *Coral Finder*. *Bioma : Jurnal Biologi Makassar*, 2(2), 39–51. <https://doi.org/10.20956/bioma.v2i2.2854>
- Xia, J., Zhu, W., Liu, X., Ren, Y., Huang, J., Zhu, M., Wu, Z., Wang, A., & Li, X. (2022). The Effect of Two Types of Grid Transplantation on Coral Growth and The In-Situ Ecological Restoration in a Fragmented Reef of The South China Sea. *Ecological Engineering*, 177, 106–558.
- Zakaria, I. J., Syukra, R. A., Izmiarti, & Efrizal. (2019). Growth Rate and Carbon Absorption of Coral Transplantation by the Binding and Gluing Methods at Taman Nirwana. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 22(4), 188–195. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2019.188.195>
- Zulfikar, Soedharma, D., Yasin, Z., & Hwai, A. T. S. (2014). Fragmentation Method of Coral (*Caulastrea furcata*) for Growth Measured at Controlling Condition. *Acta Aquatica: Aquatic Science Journal*, 1(1), 20–23.