

ANALISA PERTUMBUHAN KARANG DENGAN METODE CPCe DAN SISTEM PEMELIHARAANNYA PADA PROGRAM RESTORASI KARANG DI NUSA PENIDA BALI
ANALYSIS OF CORAL GROWTH WITH THE CPCe METHOD AND ITS MAINTENANCE SYSTEM IN THE CORAL RESTORATION PROGRAM IN NUSA PENIDA BALI

Yesha Ainesis El Gracianita Pelupessy¹, Rahmadi Prasetyo^{2*}, I Made Gde Sudyadnyana Sandhika³, I Wayan Rosiana⁴

Program Studi Biologi, Universitas Dhyana Pura
Jalan Raya Padang Luwih Tegaljaya Dalung Kuta Utara, Bali, Indonesia

*Corresponding author email: rahmadiprasetyo@undhirabali.ac.id

Submitted: 09 August 2023 / Revised: 25 August 2024 / Accepted: 26 August 2024

<http://doi.org/10.21107/jk.v17i2.21861>

ABSTRAK

Kondisi ekosistem terumbu karang di perairan Ped, Nusa Penida berada dalam kategori sedang. Kategori ini mengindikasikan pentingnya kegiatan restorasi. Kegiatan restorasi dengan metode transplantasi ini telah dilakukan pada bulan Agustus 2022 oleh NGO lokal yang bekerja sama dengan kelompok masyarakat dalam segi pemeliharaan berkelanjutan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi pertumbuhan fragmen karang, rata-rata pertumbuhan dan faktor keterlibatan kelompok masyarakat yang berpengaruh terhadap pertumbuhan fragmen karang hasil kegiatan restorasi di perairan Ped, Nusa Penida. Metode penelitian ini adalah dengan menggunakan perangkat lunak bernama Coral Point Count with excel extensions (CPCe) untuk menghitung luas 80 fragmen karang pada periode 1 atau 1 bulan setelah transplantasi, periode 2 atau 3 bulan setelah transplantasi dan periode 3 atau 5 bulan setelah transplantasi, kemudian dilanjutkan dengan melakukan uji R^2 . Variabel independen yaitu faktor eksternal dan kondisi perairan serta variabel dependen yaitu pertumbuhan fragmen karang. Hasil penelitian ini adalah pertumbuhan fragmen karang meningkat relatif linear selama 5 bulan penelitian. Total fragmen yang hidup adalah 76 dari 80 fragmen setelah 5 bulan. Laju pertumbuhan fragmen maksimal adalah pada periode 2 yaitu 0,46 cm^2/hari dan menurun pada periode 3 yaitu 0,42 cm^2/hari , hasil laju pertumbuhan merupakan landasan pentingnya pemeliharaan pada 3 bulan pertama setelah dilakukannya transplantasi. Uji R^2 menunjukkan hasil 0,99 yang berarti faktor pertumbuhan fragmen adalah 99% waktu pengukuran dan 1% faktor lainnya. Pemeliharaan dapat dilakukan oleh kelompok masyarakat karena kemampuannya dalam memiliki pendanaan dalam pemeliharaan yang membantu kelompok dari segi operasional. Hasil penelitian pertumbuhan fragmen karang pada substrat reef star menyatakan bahwa pertumbuhan fragmen selama 5 bulan adalah relatif linear dengan tingkat hidup fragmen karang tinggi.

Kata kunci: reef star, terumbu karang, restorasi, laju pertumbuhan.

ABSTRACT

The condition of the coral reef ecosystem in Ped waters, Nusa Penida is in the medium category. This category indicates the importance of restoration activities. Restoration activities with the transplantation method have been carried out in August 2022 by local NGOs in collaboration with community groups regarding sustainable maintenance. The purpose of this study was to determine the condition of coral fragment growth, average growth, and community involvement factors that affect the growth of coral fragments resulting from restoration activities in the waters of Ped, Nusa Penida. The method of this study is to use a software called Coral Point Count with excel extensions (CPCe) to calculate the area of 80 coral fragments in period 1 or 1 month after transplantation, period 2 or 3 months after transplantation, and period 3 or 5 months after transplantation, then continued with R^2 test. The independent variables are external factors and water conditions and the dependent variable is the growth of coral fragments. The results of this study were that the growth of coral fragments increased relatively linear over 5 months of the study. The total number of living fragments was 76 out of 80 after

5 months. The maximum fragment growth rate was in period 2 which was $0.46 \text{ cm}^2 / \text{day}$ and decreased in period 3 which was $0.42 \text{ cm}^2 / \text{day}$, the results of the growth rate are the basis for the importance of maintenance in the first 3 months after transplantation. The R^2 test showed a result of 0.99, which means that the fragment growth factor is 99% of the measurement time and 1% of other factors. Maintenance can be carried out by community groups because of their ability to have funding in maintenance that helps groups in terms of operations. The results of coral fragment growth research on reef star substrate stated that fragment growth for 5 months was relatively linear with a high survival rate of coral fragments.

Keywords: reef star, coral reefs, restoration, growth rate.

PENDAHULUAN

Terumbu karang merupakan salah satu ekosistem yang memiliki fungsi penting bagi ekosistem disekelilingnya seperti ekosistem padang lamun dan ekosistem mangrove. Polip merupakan hewan penyusun terumbu karang berjumlah jutaan yang menghasilkan zat kapur sehingga terbentuk kerangka yang keras membentuk terumbu. Kerangka luar terumbu karang disebut dengan koralit yang memiliki septa seperti sekat-sekat pada karang Rizal *et al.* (2016). Terumbu karang merupakan makhluk hidup yang sangat sensitif terhadap perubahan kondisi lingkungan, sehingga rentan terhadap kematian dan kerusakan. Kematian terumbu karang tidak hanya berdampak negatif pada biota laut yang berhabitat pada ekosistem terumbu karang, namun juga pada jangka waktu pemulihan terumbu karang tersebut. Terumbu karang yang rusak atau mati, membutuhkan waktu yang sangat lama untuk dapat pulih kembali. Maka pada umumnya, lingkungan sekitar akan terkena dampak bahkan kematian sebelum terumbu karang dapat menempati titik pemulihan dan menjalankan fungsinya.

Menurut Hadi T.A. (2018) kondisi terumbu karang di Indonesia pada kategori tidak baik sebanyak 36,18%, terumbu karang dalam kategori cukup sebanyak 34,3%, dalam kondisi baik sebanyak 22,96% dan dalam kategori sangat baik sebanyak 6,56%. Terumbu karang rentan terhadap kerusakan yang secara umum disebabkan oleh manusia dan juga faktor alam. Kerusakan yang diakibatkan oleh aktivitas manusia seperti penangkapan ikan, limbah padat, eksploitasi karang secara ilegal dan untuk keperluan perdagangan. Kerusakan yang disebabkan oleh alam diantaranya tsunami, badai, kadar garam yang tidak normal, kurang atau terlalu terik cahaya matahari, dan adanya predasi karang Runtuwene *et al.* (2020) Predasi karang dapat berbentuk eksternal seperti aktivitas manusia yang merusak karang secara fisik dari aktivitas snorkeling dan kondisi perairan yang tidak ideal bagi pertumbuhan karang, serta dapat berbentuk alami seperti kelompok predasi gastropoda yaitu *Drupella*

dan COT (*Crown of Thorns*) yang mengakibatkan kerusakan karang. Keadaan terumbu karang di Indonesia berdasarkan presentasi Hadi T.A. (2018) mengancam keberadaan dan kelangsungan ekosistem terumbu karang dan biota yang hidup di sekitarnya. Maka dari itu, dibutuhkan upaya perlindungan dan pelestarian untuk mencegah kelanjutan kerusakan ekosistem terumbu karang ini.

Perairan Nusa Penida merupakan daerah perlindungan laut di Kabupaten Klungkung, Provinsi Bali. Perairan ini memiliki beberapa keunikan tersendiri sehingga pariwisata bahari dapat berkembang, di antaranya adalah berpasir putih, letak yang strategis serta mudah dicapai dan ekosistem terumbu karang yang indah (Pemerintah Daerah Klungkung, 2010 dalam Jubaedah & Anas, 2019) Perairan Nusa Penida juga merupakan kawasan konservasi perairan (KKP) karena merupakan tempat pemijahan dan pembesaran berbagai macam biota laut serta memiliki keindahan ekosistem terumbu karang yang unik. Nusa penida memiliki 7 zona perairan yaitu zona inti, zona perikanan tradisional, zona pariwisata bahari khusus, zona budidaya rumput laut, zona pariwisata khusus, zona pelabuhan dan zona suci (Wawancara pribadi dengan CTC, 2022). Pembagian zona dan pengawasan ketat terhadap kepatuhan zona tersebut menjadikan perairan Nusa Penida tepat untuk diadakannya program restorasi.

Salah satu *Non Profit Organisation* (NGO) yaitu *Coral Triangle Center* (CTC) mendampingi beberapa masyarakat Nusa Penida dan UPT KKP Nusa Penida untuk melaksanakan survei identifikasi rehabilitasi karang tahun 2021. Rata-rata presentase tutupan karang keras hidup (*living hard coral*) secara keseluruhan di KKP Nusa Penida adalah sebesar 43% atau tergolong dalam kategori sedang. Nilai ini meningkat sebesar 9,83% dari tahun 2020. Pada kedalaman 3 meter, persentase tutupan karang di Ped berada di bawah 30%. Dasar pertimbangan perairan Ped digunakan sebagai lokasi restorasi terumbu karang karena merupakan tujuan wisata bahari utama, telah

menjadi tempat restorasi karang selama beberapa tahun, sudah memiliki banyak desain restorasi terumbu karang yang diuji oleh berbagai kalangan ahli, keterlibatan masyarakat lokal secara berkala, prioritas komunitas lokal untuk mensinergikan sumber daya dan pengalaman, mekanisme pemeliharaan restorasi karang jangka panjang dengan dukungan kelembagaan, sumber daya manusia, dan mekanisme pendanaan, serta kondisi perairan (tutupan *rubble* yaitu tutupan dasar laut adalah pecahan karang mati, kondisi batimetri yaitu tinggi rendahnya dasar laut, dan oseanografi yaitu fenomena fisis dan dinamis air laut) (Wawancara pribadi dengan CTC, 2022).

Restorasi terumbu karang dalam bentuk transplantasi fragmen karang sesuai dengan kondisi kawasan dan penelitian data dasar dilakukan oleh NGO lokal yang didanai oleh Asian Development Bank. Program ini merupakan restorasi terumbu karang di perairan Ped dengan menggunakan substrat *reef star*. Substrat *reef star* terpilih dengan data dasar kondisi perairan berarus dan struktur substrat sebaiknya tidak *massive* agar tidak jatuh karena arus yang kencang. *Reef star* memiliki struktur yang berongga sehingga arus lolos dan tidak akan menjatuhkan substrat. Kondisi perairan ped kedalaman 3-5 meter memiliki perairan dangkal dan jernih serta memiliki *sea bed* (tutupan dasar laut) berupa *rubble*, kondisi tersebut cocok untuk penetapan substrat *reef star*. Metode transplantasi disiapkan sesuai kondisi perairan restorasi. *Monitoring* merupakan kegiatan pemeliharaan, edukasi, dan pendanaan yang sangat penting untuk keberhasilan restorasi karang.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kondisi pertumbuhan fragmen karang, rata-rata pertumbuhan dan faktor keterlibatan kelompok

masyarakat yang berpengaruh terhadap pertumbuhan fragmen karang hasil kegiatan restorasi di perairan Ped, Nusa Penida. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperluas pengetahuan, memberikan informasi dan masukan kepada masyarakat dalam hal pertumbuhan fragmen karang hasil transplantasi dengan substrat *reef star* di perairan Ped, Nusa Penida, serta faktor keterlibatan kelompok masyarakat yang berpengaruh terhadap pertumbuhan fragmen karang dari kegiatan restorasi karang.

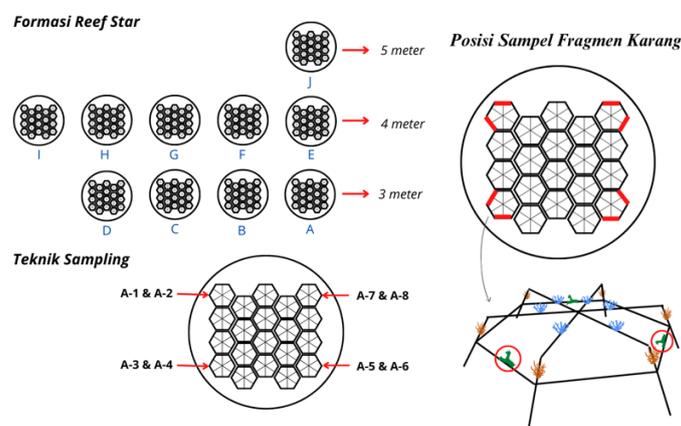
MATERI DAN METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian dipilih berdasarkan kegiatan restorasi terumbu karang yang dilaksanakan NGO terkait yaitu perairan Ped, KKP Nusa Penida, Kabupaten Klungkung, Provinsi Bali pada koordinat 8°40'28.5"S 115°30'43.0"E. Penelitian ini dilaksanakan selama 4 bulan yaitu dimulai dari persiapan selama 1 bulan yaitu bulan Agustus, dan monitoring serta wawancara berkala secara periode yaitu periode 1 pada bulan September (30 hari), periode 2 pada bulan Desember (70 hari) dan periode 3 pada bulan Januari (124 hari).

Metode Pengambilan Sampel

Penelitian ini merupakan penelitian dengan pendekatan kuantitatif, metode ekperimental observasi selama 3 periode (30 hari, 70 hari, 124 hari) pada fragmen karang yang sudah ditransplantasi pada substrat *reef star*. Jumlah substrat pada lokasi transplantasi adalah 200 *reef star*. Jumlah *cluster* pada lokasi transplantasi adalah 10 dengan 20 *reef star* pada setiap *cluster*. Setiap *reef star* memiliki 15 fragmen karang. Fragmen karang secara keseluruhan adalah 3,000 fragmen. Pemilihan spesies dalam penelitian ini adalah dominan *Acropora* sp.



Gambar 1. Formasi *reef star*, teknik sampling dan sampel karang berdasarkan posisi fragmen

Tingkat kesulitan melakukan penelitian dalam air merupakan landasan penggunaan metode *purposive sampling* dengan menggunakan *fix point* sampling dan dapat dilihat pada gambar 1. Besar sampel dalam penelitian ini adalah sejumlah 80 sampel dari 3,000 fragmen karang yang ditransplantasikan di Ped, KKP Nusa Penida. Agar mendapatkan tingkat kepercayaan yang tinggi, pengambilan 80 sampel juga berdasarkan jumlah *cluster reef star*. Pada setiap *cluster* terdapat 8 sampel dari setiap 4 *reef star* dan 10 *cluster* total. Pengambilan sampel fragmen karang berdasarkan *cluster* yang mewakili kondisi yang bervariasi berhubungan erat dengan metode penelitian, bekerja di bawah air laut membutuhkan ketepatan metode yang akurat, cepat dan efektif karena keberadaan arus pada perairan Ped, Nusa Penida yang cenderung kencang. Sampel karang berdasarkan posisi fragmen dan posisi pengambilan sampel karang dapat dilihat pada **Gambar 1**.

Analisa Sampel

Penelitian ini menggunakan metode pengukuran *Coral Point Count with excel extensions* berupa perangkat lunak yang menghitung luas area (cm^2/hari) sampel fragmen karang. CPCe adalah perangkat lunak berbasis visual yang dikembangkan untuk menghitung statistika penutupan karang dan pertumbuhan karang secara cepat dan efisien melalui foto transek. Dalam konteks pertumbuhan, transek gambar ini akan dimasukkan ke dalam perangkat lunak dimana titik-titik mengelilingi karang akan diukur dan dihitung pertumbuhannya (digitasi). CPCe juga dapat melakukan kalibrasi gambar yang sangat menguntungkan untuk mendapatkan ukuran tepat karang, maka dibutuhkan transek untuk memberikan ukuran pixel gambar yang akurat. Transek yang digunakan dibuat dengan referensi ukur 15 cm, terdapat 3 garis dengan setiap garis berukuran 5 cm. Tiga garis tersebut adalah untuk mempermudah pengambilan gambar agar selalu menginklusi minimal 1 garis. Pada setiap kalibrasi gambar, selalu ada 5cm transek yang akan memberikan ukuran tepat karang. Transek tersebut menggunakan bahan yang tidak mudah mengapung agar praktis untuk digunakan di bawah air. Penggunaan transek ini adalah dengan menancapkannya kedalam landasan *rubble* agar peneliti dapat mengambil gambar dengan baik tanpa memegang transek. Tabugo *et al.* (2016) menjelaskan bahwa CPCe merupakan perangkat lunak signifikan, khususnya dalam *coral reef monitoring, post-restoration assessment* dan konservasi (Metode

pengukuran ini dilaksanakan dengan digitasi titik manual dan perhitungan otomatis pada setiap fragmen karang. Luas area fragmen diunggah ke Microsoft Excel untuk melakukan perhitungan *mean* luas, laju pertumbuhan, persentase kematian, tingkat kelangsungan hidup sampel, serta uji R^2 (dengan variabel bebas faktor eksternal dan kondisi perairan dan variabel terikat pertumbuhan fragmen karang) pada setiap grafik rata-rata pertumbuhan fragmen karang periode 1 hingga 3.

Data terkait faktor yang berpengaruh terhadap kegiatan restorasi karang didapatkan dengan menggunakan metode *in-depth interview*. Metode tersebut merupakan teknik pengumpulan data dalam metode *survey* yang menggunakan pertanyaan secara lisan kepada *key person* yaitu ketua kelompok Nuansa Pulau. Pertanyaan peneliti dan jawaban responden dalam penelitian ini dikemukakan secara tertulis melalui kuisisioner. Metode ini digunakan untuk mengetahui faktor yang mempengaruhi kegiatan restorasi karang dengan substrat *reef star* di perairan Ped, Nusa Penida.

HASIL DAN PEMBAHASAN Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Kegiatan restorasi terumbu karang ini dilakukan dengan penanaman 3,000 fragmen karang dengan metode transplantasi pada bulan Agustus 2022. NGO terkait melakukan kegiatan ini dengan memberdayakan kelompok masyarakat pecinta karang. Kegiatan pemeliharaan kemudian dilanjutkan oleh kelompok masyarakat yang terlibat. Kawasan Konservasi Perairan Nusa Penida merupakan lokasi strategis kegiatan restorasi karang khususnya dengan metode transplantasi. Organisasi pecinta terumbu karang telah melakukan berbagai kegiatan restorasi dengan upaya melestarikan ekosistem terumbu karang di perairan Ped, Nusa Penida.

Selama 3 periode penelitian atau 5 bulan setelah pelaksanaan transplantasi. Kondisi perairan secara fisika adalah memiliki arus yang kuat dengan suhu perairan yang berkisar dari 24-27° C. Pernyataan tersebut merupakan alasan dilakukannya pengambilan data pada pagi hari dimana arus bertambah kencang pada siang hari hingga sore. Perairan dengan kedalaman 3 meter, 4 meter dan 5 meter memiliki *visibility* yang rendah karena kekeruhan pada periode 2, yang diakibatkan oleh curah hujan yang tinggi pada bulan November hingga Desember. Curah hujan dengan frekuensi tinggi mengakibatkan sampah dari sungai menuju laut sehingga daya

tarik *snorkeling* tidak setinggi bulan lainnya. Pernah terpantau berdasarkan penelitian Sudipa et al. (2020) kondisi perairan Nusa Penida bahwa total Coliform melebihi baku mutu sebesar 10 MPH/100ml membuka beberapa kemungkinan yakni aktivitas masyarakat yang masih melibatkan sistem pembuangan dari toilet daerah pesisir yang kurang efisien, atupun kesadaran masyarakat mengenai lokasi buang air besar yang belum diterapkan sepenuhnya. Sistem Zonasi KKP Nusa Penida terlihat sangat efektif dilakukan dengan adanya *surveillance* oleh Kelompok Masyarakat Pengawas (POKMASWAS). Lokasi penelitian, rekreasi dan perikanan jelas dan dilaksanakan secara mayoritas dengan baik oleh masyarakat sekitar. Kegiatan restorasi dengan metode transplantasi ini merupakan tindakan restorasi yang bersifat aktif karena melibatkan campur tangan manusia dan mendatangkan restorasi berkelanjutan untuk masyarakat setempat.

Performa fragmen karang hasil transplantasi

Periode 1 merupakan periode pengukuran pertama setelah 30 hari dilakukannya transplantasi. Fragmen karang secara keseluruhan dalam kondisi sehat. Penutupan alga terjadi pada fragmen A8 yang

menyebabkan fragmen ini memiliki kondisi *half alive*, karena penutupan alga tersebut menutup *tentacle* fragmen karang untuk mendapatkan nutrisi. Fragmen karang dengan ukuran terbesar adalah pada sampel A7 sebesar 105,08 cm² dan dengan ukuran terkecil pada sampel B2 dengan luas 6,85 cm².

Periode 2 merupakan periode pengukuran setelah 70 hari. Fragmen karang tidak mengeluarkan mukosa yang menandakan fragmen sudah melewati fase *stress* akibat proses transplantasi. Fragmen karang sebagian besar sudah mengalami penyatuan dengan *cable ties*, namun beberapa mengalami kekenduran. Pertumbuhan yang signifikan terletak pada sampel B3, B4 dan G8 dengan selisih pertumbuhan luas lebih dari 50 cm² apabila dibandingkan dengan periode 1.

Periode 3 merupakan periode pengukuran setelah 124 hari dilakukannya transplantasi. Fragmen karang terlihat berkembang dari sisi axial dan juga radial, hingga percabangan fragmen bertambah. Pertumbuhan yang signifikan terletak pada sampel B3, B4, E2, E6, E7, G5, G8 dan H7 dengan selisih pertumbuhan luas lebih dari 50 cm² dibandingkan dengan periode 2. Sampel terbesar adalah H7 dengan luas 327,98 cm². Performa ini dapat ditampilkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Performa Fragmen Karang Periode 1, 2 dan 3.

PERIODE 1				PERIODE 2				PERIODE 3			
KODE	LUAS (cm ²)	Kondisi Fragmen	Pengikatan Cable Ties	KODE	LUAS (cm ²)	Kondisi Fragmen	Pengikatan Cable Ties	KODE	LUAS (cm ²)	Kondisi Fragmen	Pengikatan Cable Ties
A-1	59,28	half alive	Kendur	A-1	96,69	half alive	Kendur	A-1	140,74	hidup	Kencang
A-2	50,88	hidup	Kencang	A-2	76,32	hidup	Kencang	A-2	164,83	hidup	Kencang
A-3	37,76	hidup	Kencang	A-3	52,49	hidup	Kencang	A-3	105,54	hidup	Kencang
A-4	35,32	hidup	Kencang	A-4	53,91	hidup	Kencang	A-4	54,82	hidup	Kencang
A-5	38,27	hidup	Kencang	A-5	48,00	hidup	Kencang	A-5	90,86	hidup	Kencang
A-6	105,08	hidup	Kencang	A-6	145,52	hidup	Kencang	A-6	173,64	hidup	Kencang
A-7	29,87	hidup	Kencang	A-7		mati	Kendur	A-7		mati	Kendur
A-8	22,79	half alive	Kencang	A-8	39,79	half alive	Kencang	A-8	59,93	half alive	Kencang
B-1	12,5	hidup	Kencang	B-1	13,41	hidup	Kencang	B-1	21,32	hidup	Kencang
B-2	6,85	hidup	Kencang	B-2	8,88	hidup	Kencang	B-2	12,45	hidup	Kencang
B-3	56,92	hidup	Kencang	B-3	134,39	hidup	Kencang	B-3	225,91	hidup	Kencang
B-4	51,24	hidup	Kencang	B-4	124,06	hidup	Kencang	B-4	241,94	hidup	Kencang
B-5	11,42	hidup	Kencang	B-5	14,81	hidup	Kencang	B-5	18,04	hidup	Kencang
B-6	45,45	hidup	Kencang	B-6	63,16	hidup	Kendur	B-6	87,45	hidup	Kencang
B-7	24,81	hidup	Kencang	B-7	26,57	hidup	Kencang	B-7	37,78	hidup	Kencang
B-8	18,27	hidup	Kencang	B-8	24,00	hidup	Kencang	B-8	41,85	hidup	Kencang
C-1	22,41	hidup	Kencang	C-1	40,64	hidup	Kencang	C-1	104,20	hidup	Kencang
C-2	24,2	hidup	Kencang	C-2	52,49	hidup	Kencang	C-2	95,84	hidup	Kencang
C-3	37,34	hidup	Kencang	C-3	60,20	hidup	Kencang	C-3	69,79	hidup	Kencang
C-4	28,15	hidup	Kencang	C-4	47,32	hidup	Kencang	C-4	50,11	hidup	Kencang
C-5	32,79	hidup	Kencang	C-5	57,36	hidup	Kencang	C-5	98,25	hidup	Kencang
C-6	24,7	hidup	Kencang	C-6	40,77	hidup	Kencang	C-6	45,54	hidup	Kencang
C-7	26,79	hidup	Kencang	C-7	48,73	hidup	Kencang	C-7	93,39	hidup	Kencang
C-8	25,85	hidup	Kencang	C-8	26,30	hidup	Kencang	C-8	39,29	hidup	Kencang
D-1	19,13	hidup	Kencang	D-1	23,71	hidup	Kendur	D-1		mati	Kendur
D-2	19,56	hidup	Kencang	D-2	45,96	hidup	Kencang	D-2	65,63	hidup	Kencang
D-3	20,44	hidup	Kencang	D-3	35,87	hidup	Kencang	D-3	38,54	hidup	Kencang
D-4	17,27	hidup	Kencang	D-4	25,69	hidup	Kencang	D-4	37,61	hidup	Kencang
D-5	28,75	hidup	Kencang	D-5	31,55	hidup	Kencang	D-5	43,06	hidup	Kencang

PERIODE 1				PERIODE 2				PERIODE 3			
KODE	LUAS (cm ²)	Kondisi Fragmen	Pengikatan Cable Ties	KODE	LUAS (cm ²)	Kondisi Fragmen	Pengikatan Cable Ties	KODE	LUAS (cm ²)	Kondisi Fragmen	Pengikatan Cable Ties
D-6	39,04	hidup	Kencang	D-6	43,07	hidup	Kencang	D-6	57,87	hidup	Kencang
D-7	30,68	hidup	Kencang	D-7	39,10	hidup	Kencang	D-7	37,59	half alive	Kencang
D-8	29,36	hidup	Kencang	D-8	30,72	hidup	Kencang	D-8	33,25	hidup	Kencang
E-1	38,50	hidup	Kencang	E-1	62,02	hidup	Kencang	E-1	84,44	hidup	Kencang
E-2	49,92	hidup	Kencang	E-2	74,32	hidup	Kencang	E-2	148,39	hidup	Kencang
E-3	31,85	hidup	Kencang	E-3	64,86	hidup	Kencang	E-3	101,91	hidup	Kencang
E-4	18,52	hidup	Kencang	E-4	32,24	hidup	Kencang	E-4	33,88	hidup	Kencang
E-5	21,01	hidup	Kencang	E-5	43,05	hidup	Kencang	E-5	45,10	hidup	Kencang
E-6	22,15	hidup	Kencang	E-6	55,04	hidup	Kencang	E-6	123,07	hidup	Kencang
E-7	43,47	hidup	Kencang	E-7	66,3	hidup	Kencang	E-7	128,50	hidup	Kencang
E-8	68,80	hidup	Kencang	E-8	80,61	hidup	Kencang	E-8	120,04	hidup	Kencang
F-1	23,17	hidup	Kencang	F-1	42,85	hidup	Kencang	F-1	56,55	hidup	Kencang
F-2	27,10	hidup	Kencang	F-2	42,06	hidup	Kencang	F-2	42,33	hidup	Kencang
F-3	26,96	hidup	Kencang	F-3	27,87	hidup	Kencang	F-3	19,79	half alive	Kencang
F-4	19,20	hidup	Kencang	F-4		mati	Kendur	F-4		mati	Kendur
F-5	47,07	hidup	Kencang	F-5	49,88	hidup	Kencang	F-5	49,95	hidup	Kencang
F-6	50,31	hidup	Kencang	F-6	70,99	hidup	Kencang	F-6	91,83	hidup	Kencang
F-7	59,61	hidup	Kencang	F-7	82,18	hidup	Kencang	F-7	123,68	hidup	Kencang
F-8	62,24	hidup	Kencang	F-8	71,17	hidup	Kencang	F-8	108,62	hidup	Kencang
G-1	8,00	hidup	Kencang	G-1	8,30	hidup	Kencang	G-1	8,44	hidup	Kencang
G-2	7,31	hidup	Kencang	G-2	7,58	hidup	Kencang	G-2	8,03	hidup	Kencang
G-3	17,20	hidup	Kencang	G-3	23,59	hidup	Kencang	G-3	23,62	hidup	Kencang
G-4	7,95	hidup	Kencang	G-4	39,04	hidup	Kendur	G-4	98,69	hidup	Kencang
G-5	50,34	hidup	Kencang	G-5	95,83	hidup	Kencang	G-5	130,51	hidup	Kencang
G-6	32,60	hidup	Kencang	G-6	33,36	hidup	Kencang	G-6	37,15	hidup	Kencang
G-7	35,56	hidup	Kencang	G-7	51,65	hidup	Kencang	G-7	67,50	hidup	Kencang
G-8	81,85	hidup	Kencang	G-8	132,23	hidup	Kencang	G-8	157,99	hidup	Kencang
H-1	13,39	hidup	Kencang	H-1	15,34	hidup	Kencang	H-1	19,25	hidup	Kencang
H-2	8,62	hidup	Kencang	H-2	11,22	hidup	Kencang	H-2	15,84	hidup	Kencang
H-3	31,05	hidup	Kencang	H-3	49,51	hidup	Kencang	H-3	50,11	hidup	Kencang
H-4	20,07	hidup	Kencang	H-4	24,60	hidup	Kencang	H-4	25,35	hidup	Kencang
H-5	28,91	hidup	Kencang	H-5	29,29	hidup	Kencang	H-5	30,24	hidup	Kencang
H-6	24,4	hidup	Kencang	H-6	42,59	hidup	Kencang	H-6	74,75	hidup	Kencang
H-7	15,82	hidup	Kencang	H-7	233,28	hidup	Kencang	H-7	327,98	hidup	Kencang
H-8	23,21	hidup	Kencang	H-8	42,78	hidup	Kencang	H-8	55,57	hidup	Kencang
I-1	16,89	hidup	Kencang	I-1	19,87	hidup	Kencang	I-1	26,16	hidup	Kencang
I-2	25,78	hidup	Kencang	I-2	33,22	hidup	Kencang	I-2	33,8	hidup	Kencang
I-3	19,79	hidup	Kencang	I-3	20,06	hidup	Kencang	I-3	29,39	hidup	Kencang
I-4	25,94	hidup	Kencang	I-4	34,25	hidup	Kencang	I-4	45,43	hidup	Kencang
I-5	36,51	hidup	Kencang	I-5	61,94	hidup	Kencang	I-5	51,43	hidup	Kencang
I-6	30,99	hidup	Kencang	I-6	44,34	hidup	Kencang	I-6	61,54	hidup	Kencang
I-7	16,62	hidup	Kencang	I-7	26,23	hidup	Kencang	I-7	28,45	hidup	Kencang
I-8	20,06	hidup	Kencang	I-8	34,34	hidup	Kencang	I-8	35,38	hidup	Kencang
J-1	14,82	hidup	Kencang	J-1	18,12	hidup	Kencang	J-1	23,22	hidup	Kencang
J-2	11,5	hidup	Kencang	J-2		mati	kendur	J-2		mati	kendur
J-3	11,41	hidup	Kencang	J-3	12,96	hidup	Kencang	J-3	13,10	hidup	Kencang
J-4	36,23	hidup	Kendur	J-4	39,6	hidup	Kencang	J-4	62,61	hidup	Kencang
J-5	15,89	hidup	Kencang	J-5	20,27	hidup	Kencang	J-5	42,01	hidup	Kencang
J-6	12,36	hidup	Kencang	J-6	22,73	hidup	Kencang	J-6	29,3	hidup	Kencang
J-7	18,74	hidup	Kencang	J-7	49,64	hidup	Kencang	J-7	69,71	hidup	Kencang
J-8	14,93	hidup	Kencang	J-8	38,59	hidup	Kencang	J-8	38,64	hidup	Kencang

Kondisi fragmen karang dapat dianalisa dari segi *Quantity* yang mengindikasikan status karang antara lain *lost* yaitu fragmen yang terlepas dari substrat, *alive* yaitu fragmen yang hidup, *half alive* yaitu fragmen setengah hidup dan *dead* yaitu fragmen yang mati. Faktor lainnya adalah *Condition of coral* seperti *coverage by bond material* yaitu *cable ties*,

coverage by algae sebagai alasan kematian karang, dan *coverage by others* yaitu penutupan karang akibat substrat lainnya seperti lamun. **Tabel 2.** merupakan ringkasan terperinci mengenai *livelihood*, *coverage* dan *bonding* fragmen karang pada periode 1 hingga periode 3.

Tabel 2. Ringkasan Monitoring Fragmen Karang.

	PERIODE 1	PERIODE 2	PERIODE 3
1. Living State of Coral			
Total	80	80	80
Lost	0	0	0
Alive	78	75	73
Half Alive	2	2	3
Dead	0	3	4
2. Condition of Coral			
Coverage bond material	79	76	74
Coverage by Algae	2	5	7
Coverage by others	0	0	0

Performa fragmen karang dapat mencerminkan beberapa aspek kelangsungan hidup karang, antara lain laju pertumbuhan (*growth rate*), laju

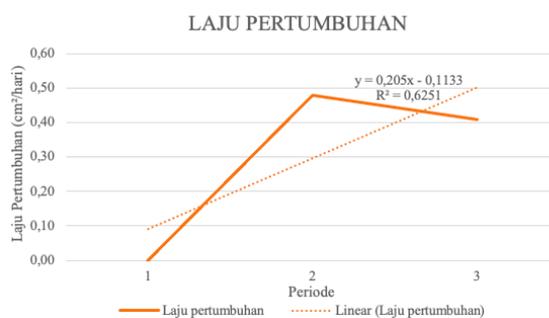
kematian (*death rate*), dan tingkat kelangsungan hidup karang (*survival rate*) seperti pada **Tabel 3.** berikut.

Tabel 3. Persentase Kondisi Pertumbuhan Fragmen Karang Hasil Transplantasi

	P1	P2	P3
PERSENTASE KEMATIAN (<i>Death Rate</i>)	0%	3,75%	5,00%
PERSENTASE TINGKAT HIDUP (<i>Survival Rate</i>)	100%	96,25%	95,00%
LAJU PERTUMBUHAN (<i>Growth Rate</i>) cm²/hari	0,00	0,48	0,41

Persentase kematian pada periode 1 adalah 0%, meningkat pada periode 2 sebesar 3,75% dan meningkat pada periode 3 sebesar 5% dengan angka kematian fragmen berjumlah 6. Persentase tingkat kelangsungan hidup fragmen pada periode 1 sebesar 100%, menurun pada periode 2 sebesar 96,25% dan pada periode 3 sebesar 96%.

Laju pertumbuhan menunjukkan kecepatan pertumbuhan fragmen karang dalam cm²/hari pada periode 1 hingga 3. Penurunan laju pertumbuhan fragmen karang setelah 5 bulan transplantasi merupakan indikasi bahwa fragmen karang sudah menempuh titik pertumbuhan maksimalnya. Laju pertumbuhan fragmen karang hasil transplantasi di Nusa Penida dapat dilihat pada **Gambar 2** berikut.



Gambar 2. Laju Pertumbuhan Fragmen Karang Hasil Transplantasi

Laju pertumbuhan fragmen karang adalah 0,48 cm²/hari pada periode 2 dan 0,43 cm²/hari pada periode 3. Hasil tersebut sesuai dengan Onaka et al. (2013) Fase 10 hari adalah fase aklimatisasi akhir sebelum karang melakukan *re-attachment*. Fase 30 hari merupakan fase dimana fragmen karang mampu beradaptasi dan menempel pada substrat, namun masih rawan akibat faktor eksternal seperti penutup alga ataupun faktor fisik terinjak. Fase 60 hari merupakan fase fragmen karang siap untuk terus bertumbuh. Hampir dapat dipastikan bila fragmen karang hidup setelah 60 hari, maka fragmen karang akan terus hidup dan

bertumbuh. Pada puncak pertumbuhan karang, laju pertumbuhan akan lebih lambat. Pernyataan tersebut dialami fragmen karang di perairan Ped, fragmen karang sudah berada pada puncak pertumbuhan sehingga laju pertumbuhan lebih lambat dari sebelumnya. Berdasarkan pembahasan Yudasmara (2015) pertumbuhan fragmen pada pengamatan selama 124 hari penelitian, karang transplantasi minimal menghasilkan 1 cabang baru. Selain faktor spesies *Acropora* sp. yang relatif cepat dalam membentuk cabang baru, karang tertentu dapat memiliki jumlah cabang yang banyak disebabkan karena ukuran diameter

cabang karang kecil-kecil sehingga memungkinkan jumlah cabang yang dapat dihasilkan lebih banyak. Disamping itu, bentuk pertumbuhan yang tidak mengarah ke atas tetapi cenderung ke samping memungkinkan karang ini membentuk cabang baru. Supriyadi *et al.* (2019) dan Rasmes (2015) menjelaskan bahwa salah satu kondisi perairan yang dapat mempengaruhi pertumbuhan fragmen karang selain intensitas cahaya, kedalaman, suhu dan salinitas dan sedimentasi adalah substrat. Penempelan larva bergantung pada substrat agar planula dapat menempelkan diri sehingga dapat membuat koloni baru. Perbaruan koloni ini yang disebut sebagai pertumbuhan fragmen karang menjadi indikasi bahwa substrat *reef star* mendukung pertumbuhan fragmen karang.

Walaupun dengan kematian 2 fragmen karang pada periode 2 dan 3, pertumbuhan fragmen karang tetap memiliki selisih yang cukup besar dibandingkan dengan periode sebelumnya. Pernyataan tersebut menandakan bahwa pertumbuhan mayoritas fragmen karang sangat tinggi. Hasil pertumbuhan ini dapat terjadi

karena beberapa faktor yaitu kegiatan pemeliharaan berupa pembersihan alga, lokasi strategis transplantasi, kualitas perairan, dan juga substrat *reef star* yang cocok digunakan dalam kondisi perairan dangkal sehingga menjaga posisi fragmen karang agar tetap kokoh.

Rata-rata pertumbuhan fragmen karang

Penelitian ini menganalisis pertumbuhan fragmen karang berdasarkan luas yaitu pertumbuhan secara axial dan radial fragmen karang dalam kurun waktu per hari. Peningkatan angka dalam satuan cm²/hari mengindikasikan adanya pembentukan kerangka karang sebagai kenaikan bobot kerangka yang disusun oleh kalsium karbonat. Kenaikan bobot ini terwujud dengan adanya perkembangan cabang baru dan sejumlah polip baru. Rata-rata pertumbuhan fragmen karang dapat dilihat pada **Tabel 4** yang mengindikasikan luas fragmen secara keseluruhan yaitu 80 sampel.

Tabel 4. Ringkasan Pertumbuhan Fragmen Karang.

Periode	mean	std dev	std error
1	29,72	17,53	1,96
2	48,74	35,76	4,08
3	71,15	57,64	6,66

Pada periode 1 rata-rata pertumbuhan fragmen karang adalah 29,72 cm², periode 2 sebesar 48,23 cm² dan periode 3 sebesar 71,01 cm². Pada setiap periode rata-rata luas bertambah secara berkelanjutan yang menandakan terus bertumbuhnya fragmen karang. Total fragmen karang yang mati secara keseluruhan adalah 5 fragmen dari 80 fragmen yang dijadikan sampel pada penelitian ini. Angka tersebut menunjukkan tingkat keberhasilan kelangsungan hidup karang sebesar 91,25%. Tingkat kelangsungan hidup tersebut bernilai sangat bagus dan signifikan karena menunjukkan mayoritas fragmen karang yang hidup dan sehat.

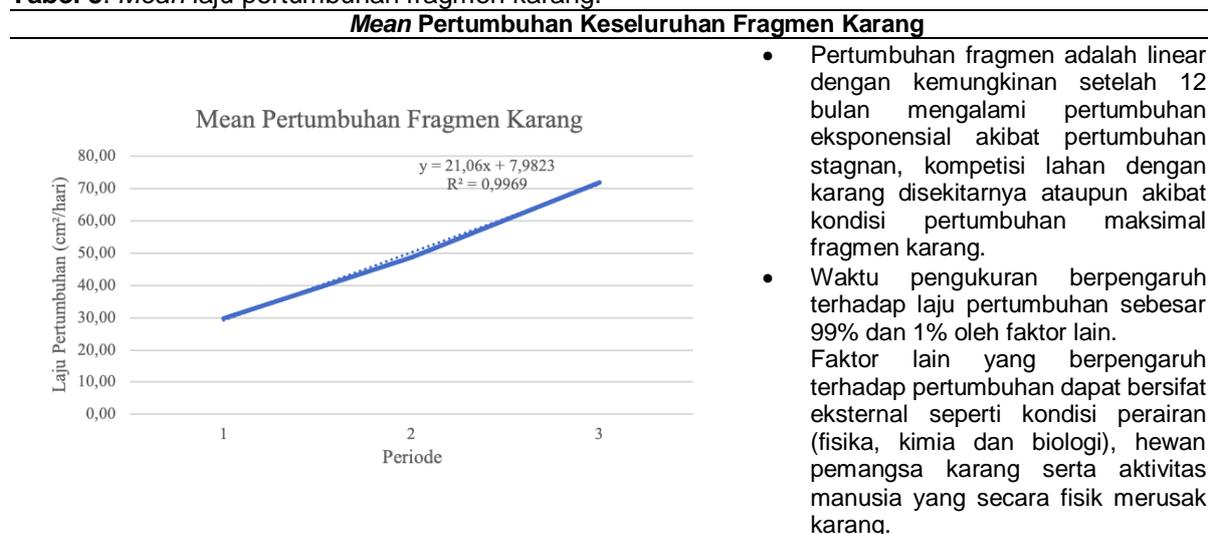
Kondisi terumbu karang setelah transplantasi paling kritis adalah selama 3 bulan dimana potongan terumbu karang mulai memulih dan mukosa berhenti keluar dari potongan tersebut, sebagai tanda fragmen karang tidak mengalami *stress*. Maka dari itu, monitoring penting untuk dilakukan karena merupakan pengamatan kemajuan atau perkembangan target harus diukur pada interval waktu tertentu secara berkala (Harahap (2016) dan Subhan *et al.* (2014)). Pertumbuhan fragmen karang pada lokasi transplantasi terus meningkat karena faktor pemeliharaan dari kelompok masyarakat.

Namun, terdapat juga beberapa faktor yang menunjang pertumbuhan dan mengancam pertumbuhan fragmen karang hasil transplantasi pada substrat *reef star*. Sedimentasi pada periode 2 penelitian terdeteksi lebih tinggi dibandingkan periode 1 dan 3 dengan prediksi bahwa sedimentasi tersebut disebabkan oleh curah hujan yang tinggi dan mendatangkan sampah ke perairan penelitian. Kondisi perairan Ped dengan arus yang relatif lebih kuat dibandingkan perairan lainnya di Bali mendatangkan pertimbangan kelangsungan hidup karang yang baik. Faktor pertumbuhan karang menurut Erika *et al.* (2019) adalah terumbu karang akan berkembang pada daerah yang terus teraduk oleh arus dan ombak. Karena arus dan ombak akan membantu karang membersihkan diri dari sedimentasi yang terendap pada fragmen karang, karena bersamaan dengan itu gelombang akan memberi oksigen dalam air laut, menghalangi pengendapan koloni karang, dan akan mendatangkan makanan untuk koloni karang berupa plankton. Pernyataan tersebut membuka kemungkinan bahwa kondisi arus di perairan Ped bukan merupakan suatu ancaman, namun faktor penunjang pertumbuhan fragmen karang.

Aspek ancaman yang dapat menghambat pertumbuhan fragmen karang di lokasi penelitian juga terlihat dari segi hewan ancaman dan bioerosi. Menurut Erika et al. (2019) secara biologis kematian fragmen dapat terjadi karena pemangsa oleh beberapa spesies, serta adanya proses bioerosi yang dilakukan oleh beberapa jenis organisme yang hidup dalam ekosistem. Hewan yang memangsa hewan karang adalah yang terdeteksi di perairan Ped adalah *Acanthaster planci* dan *Drupela* sp. Walaupun hewan ini tidak terlihat pada area restorasi namun terlihat pada area karang *massive* disekitarnya. Kelompok masyarakat selalu mengangkat hewan ini saat monitoring

untuk menjaga kelangsungan hidup karang. Bioerosi yang terlihat di perairan Ped khususnya daerah transplantasi adalah dari kelompok tumbuhan rendah seperti macro alga yang masuk kedalam jaringan karang. Bakteri, kelompok fungi, sponge, polychaeta, crustasea, sipuncula dan molusca juga memiliki peran namun tidak terdeteksi selama periode penelitian. Rata-rata pertumbuhan fragmen karang di perairan Ped, Nusa Penida dengan pertimbangan faktor ancaman tersebut tetap terlihat meningkat secara linear. *Mean* pertumbuhan fragmen karang dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Mean laju pertumbuhan fragmen karang.



Grafik *mean* pertumbuhan keseluruhan fragmen karang menunjukkan bahwa fragmen karang secara keseluruhan meningkat secara linear setiap periode. Rata-rata pertumbuhan fragmen diawali dengan total 29,72 cm², rata-rata tersebut meningkat pada periode 2 sebesar 48,23 cm² dan memiliki puncak tertinggi pada periode ketiga sebesar 71,01 cm². Hasil tersebut menunjukkan fragmen karang stabil dalam pertumbuhannya yang mengindikasikan fragmen karang dapat menyesuaikan dengan lingkungan sekitar yang menunjang pertumbuhannya. Menurut Erika et al. (2019) suatu kegiatan transplantasi karang dapat dikatakan berhasil apabila tingkat kelangsungan hidupnya sebesar 50-100%. Hasil ini dapat terjadi apabila karang ditransplantasikan pada habitat yang kurang lebih sama dengan tempat dimana karang tersebut diambil, khususnya dalam pergerakan arus, kedalaman, dan kekeruhan. Fragmen karang yang digunakan dalam transplantasi ini memenuhi kriteria jarak habitat asli yang merupakan faktor keberhasilan pertumbuhan fragmen. Endo et al. (2008)) melaksanakan

penelitian transplantasi substrat limestone di Kuta Beach, Bali dan dengan *monitoring* berkala. Tingkat kelangsungan hidup karang dari penelitian tersebut berhubungan erat dengan teknik pemasangan dan *monitoring* oleh sumber daya manusia. Dilaksanakannya *monitoring* berkala pada penelitian ini juga merupakan faktor fragmen karang bertumbuh dan skala pertumbuhannya meningkat. Onaka et al. (2013) menyimpulkan bahwa *Acropora* sp. menunjukkan kecepatan bertumbuh paling tinggi pada penelitiannya. Karakteristik pertumbuhan *Acropora* sp. pada penelitian ini juga terlihat dalam faktor kecepatan bertumbuh dan penambahan cabang baru dalam rentan waktu 124 hari.

Uji Koefisien Relasi (R^2) menunjukkan bahwa angka R^2 adalah 0,9964 yang menandakan angka mendekati 1. R^2 dalam rata-rata pertumbuhan fragmen karang adalah 99% yang menandakan *standard error* adalah 1%. Waktu pengukuran berpengaruh terhadap laju pertumbuhan sebesar 99% dan 1% oleh faktor lain.

Faktor keterlibatan kelompok masyarakat terhadap pertumbuhan fragmen karang

Kelompok Nuansa Pulau merupakan kelompok masyarakat yang berkolaborasi dengan CTC dalam melaksanakan restorasi terumbu karang dengan metode transplantasi di perairan Ped, Nusa Penida. Kelompok masyarakat ini memiliki peran penting dalam keberhasilan restorasi terumbu karang dengan kegiatan pemeliharaan terhadap fragmen karang yang telah ditransplantasi. Kondisi perairan yang tidak dapat dikendalikan mendatangkan berbagai ancaman terhadap fragmen karang, namun dengan *monitoring* secara berkala dan rutin akan meminimalisir terjadinya kematian karang akibat ancaman yang dapat dikendalikan seperti predator karang, kompetisi alga, serta keadaan loss terumbu karang dengan substrat yang perlu diperbaiki. Pemeliharaan intensif ini hanya bisa dilakukan

oleh masyarakat dengan wawasan yang cukup luas terkait karang dan restorasi karang. Kondisi tersebut menunjukkan kepentingan kelompok masyarakat dalam pemeliharaan fragmen karang yang akan berdampak pada keberlangsungan hidup karang dan tingkat keberhasilan restorasi. Maka, sangat penting untuk kelompok masyarakat dapat melakukan aktivitas *educational tourism* yang dapat memfasilitasi pemasukan dana dan membantu membangkitkan kesadaran pentingnya restorasi terumbu karang dan pemeliharannya. Kegiatan yang dilakukan kelompok masyarakat ini adalah dengan program *Adopt a Coral*, snorkeling, donasi, penyewaan alat snorkeling dan diving, replanting bibit karang dan edukasi. Hasil wawancara dengan ketua kelompok masyarakat Nuansa Pulau terkait kegiatan yang dilaksanakan yang mendatangkan dana untuk digunakan dalam pemeliharaan berkelanjutan yang dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Hasil *In Depth Interview with Key Person*

BULAN	TIPE KEGIATAN								JUMLAH ORANG
	ADOPT A CORAL (orang)	SNORKELING (kegiatan)	DONASI (orang)	SEWA ALAT SNORKELING (penyewaan)	SEWA ALAT DIVING (penyewaan)	SEWA LCD (penyewaan)	REPLANTING (bibit karang)	EDUKASI (kegiatan)	
Agustus	12	12	4	24	8	1	3000	15	76
September	8	8	4	19	14	1	8437	10	64
Oktober	6	14	0	22	0	1	0	4	47
November	11	11	0	10	2	1	1000	4	39
Desember	15	19	0	5	20	0	1500	0	59
Januari	15	8	2	0	72	0	4500	0	97
Σ	67	72	10	80	116	4	18437	33	382
mean	11	12	2	13	19	1	3073	6	64

Tabel 6 menunjukkan hasil terkait jumlah kegiatan pemeliharaan, jumlah kunjungan, jumlah edukasi, dan jumlah fragmen karang yang di transplantasi setelah instalasi *reef star* di perairan Ped, Nusa Penida. Jumlah orang setiap bulan berbeda namun kedatangan paling tinggi terletak pada bulan Januari dan Agustus. Rata-rata kedatangan per bulan adalah 64 orang, yang menandakan bahwa kelompok masyarakat ini menjalankan aktivitas pemeliharaan terumbu karang. Angka kunjungan tersebut juga menunjukkan bahwa aktivitas yang mendatangkan dana terjalani sehingga dapat membantu kelompok masyarakat mengoperasikan kegiatan pemeliharaan dan penanaman. Pemeliharaan yang dilakukan adalah membersihkan alga pada substrat dan fragmen, memperbaiki patok yang menahan struktur *reef star*, mengambil hewan pemakan karang.

Hasil pertumbuhan karang yang stabil dan terus meningkat memiliki beberapa faktor pengaruh. Pengelolaan dan perlindungan secara aktif terbukti efektif dalam membantu pemulihan dan mempertahankan kelestarian alam. Suwandana (2017) menjelaskan

pengertian dan pemahaman pemberdayaan yang melibatkan tiga pilar utama yang berkolaborasi dalam satu kemitraan berdasarkan buku tersebut. Suwandana (2017) menjelaskan pilar tersebut membuka wawasan tentang bagaimana upaya pemberdayaan masyarakat, hingga mampu mengoptimalkan peran masyarakat dalam berbagai kegiatan restorasi. Pemberdayaan masyarakat dalam kegiatan restorasi memiliki korelasi yang kuat terhadap pertumbuhan fragmen karang dan kondisi performanya seperti pada penelitian Munasik *et al.* (2020), Endo *et al.* (2008) dan Koroy *et al.* (2021) Pada penelitian ini ruang lingkup pembahasan faktor pengaruh pertumbuhan fragmen karang di perairan Ped, Nusa Penida adalah keaktifan kelompok masyarakat dalam mengelola dan memelihara setiap fragmen karang yang merupakan hasil dari pemberdayaan. Pemeliharaan fragmen karang dari awal dilaksanakannya transplantasi hingga periode ketiga adalah berupa pembersihan alga, pengikatan *cabl ties* yang kendur, pergantian fragmen mati dan pengambilan hewan pemangsa karang. Pemeliharaan tersebut dilakukan sebanyak 2 kali dalam satu bulan. Pemeliharaan

berkelanjutan dapat dilakukan apabila kelompok masyarakat memiliki fasilitas *snorkeling* dan SCUBA yang membutuhkan keahlian tertentu. Fasilitas dan keahlian tersebut membutuhkan dana yang akan digunakan dalam pemeliharaan berkelanjutan. Keaktifan kelompok masyarakat sangat dipengaruhi oleh pendanaan yang mendukung dan menunjang segi operasional pemeliharaan, seperti biaya pemeliharaan serta alat dan bahannya. Peningkatan daya tarik setelah program transplantasi berhubungan erat dengan kondisi frekuensi pendanaan tersebut, adanya lokasi transplantasi dapat menambah ketertarikan *spot snorkeling* dan diving. Lokasi transplantasi juga dapat menjadi sarana penunjang ketertarikan keterlibatan masyarakat dalam program *Adopt a Coral*. Kemampuan kelompok masyarakat untuk mengadakan kegiatan pada gambar 4 mendatangkan dana yang membantu masyarakat dalam melaksanakan pemeliharaan berkelanjutan. Keterusan kelompok masyarakat dalam menjalankan kegiatan restorasi tidak hanya memberi dampak terhadap ekosistem terumbu karang, namun juga terhadap peningkatan daya tarik kegiatan yang dibuat oleh kelompok tersebut. Keberhasilan kegiatan restorasi pada penelitian ini berkaitan erat dengan kemampuan kelompok masyarakat dalam melakukan pemeliharaan berkelanjutan yang dapat dilaksanakan dari adanya kegiatan yang mendatangkan dana (Tabel 6).

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil tersebut maka kesimpulan penelitian ini adalah yang pertama, fragmen karang yang ditransplantasi di perairan Ped, Nusa Penida bertumbuh relatif linear. Penutupan alga menjadi faktor terbesar terjadinya kematian fragmen karang. Fragmen karang yang hidup sebesar 95%. Pada periode 1 semua fragmen hidup, periode 2 terdapat 3 fragmen yang mengalami kematian dan periode 3 terdapat 4 fragmen yang mengalami kematian. Fragmen karang yang mengalami kematian sebagian besar merupakan genus *Acropora*. Kedua, rata-rata pertumbuhan karang pada setiap periode adalah 29,72 cm² pada periode 1, 48,23 cm² pada periode 2 dan 71,01 cm² pada periode 3. Laju pertumbuhan fragmen karang 0,445 cm²/hari dengan laju pertumbuhan pada periode ke 3 atau 5 bulan setelah transplantasi mulai menurun apabila dibandingkan dengan periode sebelumnya. Ketiga, keaktifan kelompok masyarakat melakukan *maintanance* 2 kali dalam satu bulan berupa pembersihan fragmen dari alga serta perbaikan patok yang menahan struktur

reef star, membantu menunjang pertumbuhan karang khususnya pada 3 bulan pertama. Frekuensi *maintanance* dapat dilakukan karena rata-rata kunjungan 64 orang/bulan yang melakukan aktivitas seperti *snorkeling*, sewa alat, donasi dan *adopt a coral* yang membantu mengelola dana dalam kelompok untuk terus beroperasi dalam kegiatan pemeliharaan dan penanaman fragmen karang. Uji R² menunjukkan hasil 0,99 yang berarti faktor pertumbuhan fragmen adalah 99% waktu pengukuran dan 1% faktor lainnya.

Saran yang dapat ditarik penulis adalah perlu dilakukan uji kualitas perairan agar dapat diketahui faktor eksternal pengaruh kelangsungan hidup karang, perlu dilakukan penelitian lanjut mengenai kelimpahan ikan untuk mengetahui pada periode berapa fragmen karang mulai menjalankan fungsi ekosistemnya, perlu dilakukan penelitian hingga 12 bulan untuk melihat puncak pertumbuhan fragmen karang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada seluruh pendamping yang telah membantu serta memberikan pengarahan dalam penulisan artikel ini, *Coral Triangle Center* dan Kelompok Nuansa Pulau yang telah memberi kesempatan melakukan penelitian dan membantu mendampingi pengambilan sampel.

DAFTAR PUSTAKA

- Endo, S., Prasetyo, R., Nishira, M., & Onaka, S. (2008). *Experimental coral transplantation in the moat of Kuta Beach, Bali Island, Indonesia*. 1121–1125.
- Erika, A., Rasmes, & Puspita, L. (2019). aju Pertumbuhan dan Tingkat Kelangsungan Hidup Jenis Karang *Acropora Sp.* dengan Metode Penempelan Fragmen yang Berbeda. *Jurnal Penelitian Sains*, 21(2).
- Hadi T.A. (2018). Status terumbu karang Indonesia 2018. *Pusat Penelitian Oseanografi*.
<https://www.researchgate.net/publication/329246162>
- Harahap, F. (2016). Restorasi Lahan Pasca Tambang Timah Di Pulau Bangka. *Jurnal Society*, 6(1).
- Jubaedah, I., & Anas, P. (2019). Dampak Pariwisata Bahari Terhadap Ekosistem Terumbu Karang di Perairan Nusa Penida, Bali. *Jurnal Penyuluhan Perikanan Dan Kelautan*, 13(1), 59–75.
<https://doi.org/10.33378/jppik.v13i1.124>

- Koroy, K., Wahab, I., Alwi, D., & Nur, R. M. (2021). *Transplantasi Terumbu Karang Menggunakan Media Bioreefek Di Perairan Pulau Dodola Kabupaten Pulau Morotai*. 1(1). <http://ejournal.unkhair.ac.id/index.php/jkc>
- Munasik, M., Sabdono, A. N., Assyfa, A., Permata Wijayanti, D., Sugiyanto, S., & Irwani, I. (2020). *Coral transplantation on a multilevel substrate of Artificial Patch Reefs: effect of fixing methods on the growth rate of two Acropora species*.
- Onaka, S., Prasetyo, R., Endo, S., & Yoshii, I. (2013). Large-scale coral transplantation in artificial substrates at a shallow lagoon in Kuta Beach, Bali, Indonesia. *Journal of Coral Reef Studies*, 336–342.
- Rasmes. (2015). *Analisis Kesesuaian Lokasi Untuk Aplikasi Teknologi Terumbu Buatan Untuk Peningkatan Hasil Perikanan Dan Rehabilitasi Lingkungan Laut*.
- Rizal, S., Pratomo, A., & Irawan, H. (2016). Tingkat Tutupan Ekosistem Terumbu Karang Di Perairan Pulau Terkulai. *Indonesian Journal Of Marine Life And Utilization*, 8(1).
- Runtuwene, S. M., Manembu, I. S., Mamangkey, N. G. F., Rumanian, A. P., Paransa, D. S. J., & Sambali, H. (2020). *Laju Pertumbuhan Karang Acropora formosa Yang Ditranplantasi Pada Media Tempel Dan Media Gantung (Growth rate of transplanted corals of Acropora formosa on fixed and hanging media)*.
- Subhan, B., Madduppa, H., Arafat, D., Soedharma, D., Perikanan, F., Kelautan, I., Pertanian Bogor, I., Biosistemika, L., Kelautan, B., Ilmu, D., Kelautan, T., & Bogor, P. (2014). Bisakah Transplantasi Karang Perbaiki Ekosistem Terumbu Karang? * 1 2 1 1. *Risalah Kebijakan Pertanian Dan Lingkungan*, 1(3), 159–164.
- Sudipa, N., Mahendra, S., Adnyana, W. S., & Pujaastawa, I. B. (2020). Status Kualitas Air di Kawasan Pariwisata..... [Nyoman Sudipa, dkk] Status Kualitas Air Di Kawasan Pariwisata Nusa Penida. *Ecotrophic* •, 14(2), 181–189.
- Supriyadi, Sawiji, A., & Maisaroh, D. S. (2019). The Influence of Oceanographic Factors and Sediment Suspended on Transplanted Reef (*Acropora* spp.) in Paiton, Probolinggo. *Indonesian Journal Of Marine Life And Utilization*, 1(1).
- Suwandana, I. (2017). Pemberdayaan Petani Rumput Laut Dalam Pengembangan Ekowisata Di Desa Lembongan Kecamatan Nusa Penida Kabupaten Klungkung. *Forum Manajemen*, 13(1).
- Tabugo, S. R. M., Manzanares, D. L., & Malawani, A. D. (2016). Coral reef assessment and monitoring made easy using Coral Point Count with Excel extensions (CPCe) software in Calangahan, Lugait, Misamis Oriental, Philippines. *Computational Ecology and Software*, 6(1), 21–30. www.iaees.org/Article
- Yudasmara, I. (2015). Analisis Pertumbuhan Karang *Acropora formosa* Dalam Proses Transplantasi Karang. *Prosiding Seminar Nasional MIPA*.