

**JURNAL METAMORFOSA**  
*Journal of Biological Sciences*  
ISSN: 2302-5697  
<http://ojs.unud.ac.id/index.php/metamorfosa>

**Pertumbuhan Dan Laju Pertumbuhan Karang *Stylophora pistillata*  
Dengan Jenis Substrat Berbeda Yang Ditanam Pada Tiga Kedalaman Di Pantai Serangan**

**Growth And Coral Growth Rates *Stylophora pistillata*  
With Different Substrate Types Which Is Planted At Three Depths On Serangan Beach**

**Kadek Andina Widiastuti<sup>1\*</sup>, Luh Putu Eswaryanti Kusuma Yuni<sup>2</sup>, Ida Ayu Astarini<sup>2</sup>**

<sup>1,2)</sup> Program Studi Magister Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Udayana

<sup>2</sup> Program Studi Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Udayana

\*Email: [dekdina85@gmail.com](mailto:dekdina85@gmail.com)

## INTISARI

Transplantasi karang adalah kegiatan membudidayakan/mengembangbiakan koloni karang dengan menggunakan metode fragmentasi. Kegiatan ini dilakukan sebagai upaya untuk mencegah kerusakan ekosistem terumbu karang sehingga keberadaan terumbu karang dan spesies yang hidup di sekitarnya tetap terjaga. Beberapa teknik telah banyak dilakukan dalam kegiatan transplantasi, namun pengetahuan terkini tentang teknik transplantasi yang tepat sangat dibutuhkan agar kegiatan dapat berjalan dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan jenis substrat yang digunakan terhadap pertumbuhan dan laju pertumbuhan karang *Stylophora pistillata* yang ditransplantasikan pada tiga kedalaman di Pantai Serangan, sehingga kegiatan transplantasi berjalan efektif dan efisien. Penelitian dilaksanakan selama empat bulan, mulai bulan November 2021 sampai Maret 2022 melalui penelitian lapangan menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok dengan dua faktor yaitu jenis substrat yang digunakan (semen dan pasir; batu bata) dan kedalaman yang berbeda (1 m, 3 m dan 5 m). Penelitian ini menggunakan 90 fragmen *Stylophora pistillata*. Hasil analisis menunjukkan bahwa perbedaan jenis substrat memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap pertumbuhan dan laju pertumbuhan karang pada kedalaman 1 m. Namun pada dua kedalaman lainnya diketahui pengaruh jenis substrat yang berbeda tidak berbeda nyata. Pertumbuhan dan laju pertumbuhan karang paling baik terlihat pada karang yang menggunakan substrat semen dan pasir yang ditransplantasikan pada kedalaman 1 m dengan pertumbuhan 3,29 cm (tinggi) dan 3,93 cm (lebar), sedangkan nilai laju pertumbuhan tertinggi adalah 0,82 cm/bulan (tinggi) dan 0,98 cm/bulan (lebar).

**Kata kunci:** Kedalaman, Laju Pertumbuhan, Pantai Serangan, *Stylophora pistillata*, Substrat, Transplantasi

## ABSTRACT

Coral transplantation is the activity of cultivating/breeding coral colonies using the fragmentation method. This activity is carried out as an effort to prevent damage to the coral reef ecosystem so the existence of coral reefs and the species that live around them can be maintained. Several techniques have been used in transplant activities, but knowledge of the right transplantation technique is needed so the activities can run well. This research aims to determine the effect of different types of substrates used on the growth and growth rate of coral *Stylophora pistillata* transplanted at three depths at Serangan Beach, so the transplantation activities run effectively and efficiently. The research was carried out for four months from November 2021 to March 2022 through field research using the

Randomized Block Design method with two factors, namely the type of substrate used (cement and sand; bricks) and different depths (1 m, 3 m and 5 m). This study used 90 fragments of *Stylophora pistillata*. The results of the analysis showed that the different types of substrate gave significantly different effects on growth and growth rate at a depth of 1 m. However, at the other two depths, the effect of different substrate types were not differed significantly. The best coral growth and growth rate was seen in corals using cement and sand substrates transplanted at a depth of 1 m with growth of 3,29 cm (height) and 3,93 cm (width), while the highest growth rate was 0,82 cm/ month. (height) and 0,98 cm/month (width).

**Keyword:** Depth, Growth Rate, Serangan beach, *Stylophora pistillata*, Substrate, Transplantation

## PENDAHULUAN

Indonesia dikenal sebagai negara bahari, dimana dua pertiga wilayahnya merupakan perairan. Hal ini membuat perairan Indonesia memiliki keanekaragaman hayati yang memiliki peluang tinggi untuk dimanfaatkan. Salah satu potensi yang dapat dimanfaatkan adalah terumbu karang. Terumbu karang memiliki nilai ekologi dimana menjadi tempat hidup biota laut, dan menjadi penghalang pantai dari hempasan ombak. Terumbu karang juga memiliki nilai ekonomi yang tinggi dimana banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku obat dan hiasan akuarium yang diekspor ke luar negeri. Melihat kondisi tersebut, keberadaan terumbu karang dikhawatirkan dapat menjadi terancam apabila eksploitasi terhadap karang semakin hari semakin besar. Dalam rangka menahan terjadinya eksploitasi berlebih dan tetap menjaga keberadaan ekosistem terumbu karang, diperlukan upaya konservasi. Kegiatan transplantasi karang diketahui merupakan salah satu upaya menjaga dan melestarikan keberadaan ekosistem terumbu karang dimana kegiatan ini dilakukan pengembangbiakan / perbanyak koloni yang dilakukan secara terkontrol (Subhan dkk., 2014; Hadi dkk., 2018; Bappenas, 2020; Hadi dkk., 2020).

Kegiatan transplantasi diketahui merupakan cara sederhana yang dapat dilakukan untuk perbaikan terumbu karang dan dapat dilakukan oleh berbagai kalangan. Melalui kegiatan transplantasi, kualitas karang, nilai ekologi, dan kondisi ekosistem terumbu karang diyakini dapat meningkat dan menjadi lebih baik. Aspek ekonomi melalui pemenuhan permintaan pasar untuk keperluan perdagangan karang di dalam negeri dan luar negeri serta

peningkatan nilai ekspor karang juga dapat tercapai melalui kegiatan ini. (Suharsono, dkk. 2013; Herison dkk., 2017; Hadi dkk., 2018). Di Indonesia, permintaan pasar luar negeri terhadap karang sebagai hiasan akuarium cukup tinggi. Salah satu jenis yang banyak diminati adalah karang jenis *Stylophora pistillata*. Data Balai Konservasi Sumber Daya Alam (BKSDA) Bali mencatat terdapat permintaan pasar luar negeri terhadap jenis *Stylophora pistillata* yang mencapai 28.748 fragmen sepanjang tahun 2020. Jenis karang *Stylophora pistillata* banyak diminati karena karang ini mempunyai warna dan bentuk yang unik dan indah pada saat dipajang di dalam akuarium.

Dalam melakukan kegiatan transplantasi, terdapat beberapa faktor yang penting untuk diperhatikan sehingga kegiatan transplantasi dapat berhasil dengan baik. Pemilihan lokasi perairan merupakan salah satu faktor yang penting, misalnya memperhatikan kedalaman perairan yang cocok untuk pertumbuhan karang. Setiap spesies karang diketahui memiliki preferensi kedalaman tertentu dimana karang tersebut bisa tumbuh secara optimal. (Suharsono dkk., 2013; Joni dkk., 2017). Selain lingkungan, penerapan metode transplantasi seperti memperhatikan jenis substrat yang digunakan, usia karang, ukuran fragmen, teknik pemotongan fragmen juga merupakan faktor yang diketahui dapat memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan setiap karang. Dalam melaksanakan kegiatan transplantasi di Pantai Serangan, diketahui terdapat berbagai jenis substrat yang digunakan oleh pelaku usaha, diantaranya jenis semen dan pasir dan jenis batu bata.

Memperhatikan hal tersebut, maka dibutuhkan pengetahuan terkini terkait penerapan metode yang tepat dalam kegiatan transplantasi khususnya terkait penggunaan jenis substrat yang digunakan pada berbagai kedalaman di Pantai Serangan. Dengan mengetahui teknik transplantasi dalam hal pemilihan jenis substrat yang tepat maka diharapkan kegiatan transplantasi yang dilakukan oleh pelaku kegiatan transplantasi dapat terlaksana dengan baik, efektif dan efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan jenis substrat yang digunakan terhadap pertumbuhan dan laju pertumbuhan karang *Stylophora pistillata* yang ditransplantasikan pada tiga kedalaman di Pantai Serangan.

## BAHAN DAN METODE

Bahan yang digunakan dalam penelitian adalah 90 pcs karang jenis *Stylophora pistillata* yang diperoleh dari pelaku usaha yang telah teregister di Balai KSDA Bali. Penelitian ini dilakukan selama empat bulan mulai bulan November 2021 sampai dengan Maret 2022 di Pantai Serangan, Denpasar. Kegiatan dilakukan dengan pengambilan data melalui eksperimen secara langsung di lapangan. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan dua faktor yakni jenis substrat berbeda (semen dan pasir; batu bata) dan kedalaman perairan yang berbeda (1 m, 3 m dan 5 m). Setiap kombinasi perlakuan diulang sebanyak 15 kali ulangan. Sampel diletakkan secara acak.

Kegiatan dilakukan mulai dari persiapan sampel penelitian, dimana sampel tersebut berasal dari indukan milik pelaku usaha. Indukan karang tersebut kemudian dipotong menjadi 90 pcs karang (masing-masing berukuran 7 cm) menggunakan pemotong karang (*coral cutter*). Setelah dilakukan pemotongan, kegiatan dilanjutkan dengan penanaman karang pada substrat yang telah disediakan. Dalam penelitian digunakan dua jenis substrat berbeda yakni substrat yang terbuat dari semen dan pasir serta substrat yang terbuat dari batu bata. Penempelan karang pada substrat menggunakan lem karang *alfagloss*. Karang tersebut ditempel pada bagian tengah

substrat dalam keadaan berdiri tegak dan dipastikan penempelan karang dalam kondisi kuat dan kokoh karena karang akan menghadapi kondisi perairan dengan arus yang berubah-ubah. Karang yang telah ditempel pada substrat kemudian diletakkan pada meja transplantasi berukuran 2 x 1 m yang terbuat dari besi, kemudian setiap meja transplantasi diletakkan pada kedalaman berbeda (1 m, 3 m, dan 5 m). Peletakan meja dilakukan secara serentak pada waktu serentak. Perawatan karang dilakukan setiap dua minggu sekali untuk membersihkan karang dari alga dan sedimentasi yang berpotensi menghambat pertumbuhan dan laju pertumbuhan karangnya. Variabel yang diamati dalam penelitian meliputi kondisi lingkungan pada setiap kedalaman perairan meliputi kecerahan menggunakan *secchi disk*, suhu menggunakan termometer, salinitas menggunakan refraktometer, pH menggunakan pH meter, kecepatan arus menggunakan *current meter*, dan sedimentasi menggunakan *TDS meter*. Selain kondisi lingkungan, pertumbuhan karang meliputi pertumbuhan tinggi dan lebar karang juga diukur menggunakan jangka sorong dan penggaris. Pengukuran karang baik tinggi maupun lebar dilakukan setiap satu bulan sekali. Selain itu, pada penelitian ini juga dilakukan pengukuran nilai laju pertumbuhan karang yang dilihat pada akhir penelitian dilakukan yakni pada bulan Maret 2022.

Setelah data terkumpul selama empat bulan kemudian pertumbuhan karang baik tinggi maupun lebar yang ditransplantasi dihitung dengan menggunakan rumus Sadarun (1999) :

$$\beta = Lt - Lo$$

Keterangan:

- $\beta$  = Capaian pertumbuhan karang
- Lt = Rata-rata ukuran fragmen pada bulan ke-t
- Lo = Rata-rata ukuran fragmen pada awal penelitian

Laju pertumbuhan dinyatakan sebagai pertambahan biomassa biota per satuan waktu.

Laju pertumbuhan diperoleh dari perhitungan tinggi / lebar karang pada akhir penelitian dikurangi tinggi / lebar karang pada awal penelitian kemudian dibagi lama penelitian. Penelitian dilakukan selama empat bulan, sehingga akan terlihat laju pertumbuhan karang transplan (Effendi, 1997):

$$GR = \frac{Lt - Lo}{t}$$

Keterangan :

GR = Laju pertumbuhan (cm/bln)

Lt = Panjang karang pada waktu t (cm)

Lo = Panjang karang awal (cm)

t = Waktu penelitian (4 bulan)

Setelah data terkumpul selama empat bulan, kemudian nilai laju pertumbuhan karang dengan substrat berbeda dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Variabel yang diamati adalah pertumbuhan tinggi dan lebar karang serta laju pertumbuhan karang pada akhir penelitian sebagai variabel terikat dengan jenis substrat dan kedalaman sebagai variabel bebas.

## HASIL

### *Kondisi Lingkungan Perairan*

Pengukuran kondisi lingkungan perairan di Pantai Serangan diukur pada tiga kedalaman berbeda. Tabel 1 menunjukkan rata-rata pengukuran kondisi lingkungan perairan di kedalaman berbeda selama empat bulan. Berdasarkan tabel tersebut diketahui bahwa kondisi lingkungan perairan di Pantai Serangan memiliki nilai parameter yang berbeda pada tiga kedalaman berbeda. Kisaran nilai kecerahan di perairan Pantai Serangan adalah 95% - 100%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa penetrasi cahaya menembus sampai ke dasar perairan. Berdasarkan Tabel 1 juga diketahui nilai kecerahan terukur di Pantai Serangan terlihat semakin menurun seiring bertambahnya kedalaman.

**Tabel 1.** Rata-rata pengukuran kondisi lingkungan perairan pada tiga kedalaman berbeda.

No.	Parameter	1 m	3 m	5 m
1	Kecerahan (%)	100	100	95
2	Suhu (°C)	29,2**	28,6	28**
3	Salinitas (ppm)	34,8	34,8	34,2
4	pH	7,94	7,98	7,98
5	Sedimentasi (ppm)***	659,2**	729,8	742
6	Arus air (m/s)**	0,14**	0,11	0,11

Ket. : \*\* = Signifikan < 0,05

Berdasarkan tabel 1, diketahui kisaran rata-rata suhu perairan di Pantai Serangan selama penelitian adalah 28°C – 29,2°C. Suhu perairan tersebut pada setiap kedalaman memiliki nilai yang berbeda, dimana semakin tinggi kedalaman, nilai suhunya semakin kecil, dimana kedalaman 5 m memiliki suhu sebesar 28°C lebih rendah dibandingkan pada kedalaman 1 m sebesar 29,2°C. Tabel 1 juga menunjukkan bahwa terdapat perbedaan suhu yang signifikan diantara kedalaman 1 m dengan kedalaman 5 m. Perbedaan kedalaman 1 m dengan 3 m dan 3 m dengan 5 m tidak berbeda secara signifikan. Kisaran salinitas di Pantai Serangan selama penelitian berada pada kisaran 34,2 ppt – 34,8 ppt. Berdasarkan hasil diketahui bahwa terdapat perbedaan dimana semakin dalam perairan, nilai salinitas semakin menurun. Perbedaan salinitas pada tiga kedalaman di Pantai Serangan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan. Nilai pH di Pantai Serangan saat penelitian adalah 7,94 – 7,98. pH perairan tersebut lebih bersifat alkali / basa dimana nilainya berada lebih dari 7. Kecepatan arus juga memiliki peran penting dalam pertumbuhan karang dan laju pertumbuhan karangnya. Berdasarkan Tabel 1 diketahui kecepatan arus pada berada pada kisaran 0,11 – 0,14 m/detik. Semakin dalam kedalaman perairan, nilai arusnya semakin rendah. Kecepatan arus diketahui mempengaruhi tingkat sedimentasi pada suatu perairan. Hal ini terlihat pada Tabel 1, dimana

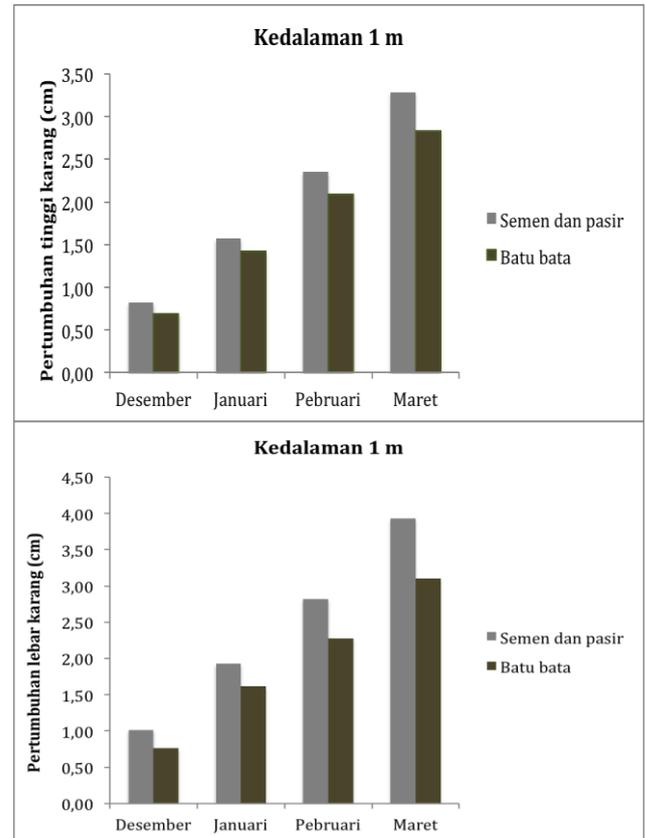
nilai sedimentasi memiliki nilai yang rendah pada kedalaman 1 m yakni sebesar 659,2 ppm yang memiliki kecepatan arus yang tinggi. Berdasarkan Tabel 1, diketahui parameter pada setiap kedalaman memiliki nilai yang berbeda. Namun dari hasil analisis melalui ANOVA diketahui terdapat tiga parameter yang berbeda signifikan yakni suhu, sedimentasi dan arus air, sedangkan faktor kecerahan, salinitas, dan pH tidak memiliki perbedaan yang signifikan pada tiga kedalaman berbeda. Hal ini disebabkan karena jarak antar kedalaman tidak berbeda jauh, sehingga parameter masih berada pada kisaran yang relatif kecil.

#### Pertumbuhan karang

Pertumbuhan karang penting diketahui dalam pelaksanaan kegiatan transplantasi karang guna mengetahui keefektifan dan efisiensi kegiatan transplantasi karang yang dilakukan. Pertumbuhan karang merupakan nilai penambahan ukuran karang setiap bulannya. Pada penelitian yang dilakukan di Pantai Serangan, pertumbuhan karang meliputi tinggi dan lebar karang diukur pada setiap karang yang ditransplantasi dengan dua jenis substrat berbeda. Rata-rata pertumbuhan tinggi dan lebar karang *Stylophora pistillata* yang ditanam pada kedalaman 1 m terlihat pada Gambar 1.

Berdasarkan Gambar 1 dapat diketahui bahwa pada kedalaman 1 m, pertumbuhan tinggi dan lebar karang yang menggunakan substrat dari semen dan pasir memiliki rata-rata pertumbuhan tinggi dan lebar lebih besar dibandingkan dengan karang yang menggunakan substrat dari bahan batu bata. Karang *Stylophora pistillata* dengan substrat dari semen dan pasir rata-rata pertumbuhan tingginya mencapai 3,29 cm pada akhir penelitian, dimana lebih tinggi jika dibandingkan dengan rata-rata pertumbuhan tinggi karang dengan substrat dari bahan batu bata yang mencapai 2,83 cm. Hal ini juga terjadi pada nilai rata-rata pertumbuhan lebar karang. Karang dengan substrat dari semen dan pasir rata-rata pertumbuhan lebar pada akhir penelitian sebesar 3,93 cm, dimana lebih lebar jika dibandingkan dengan rata-rata

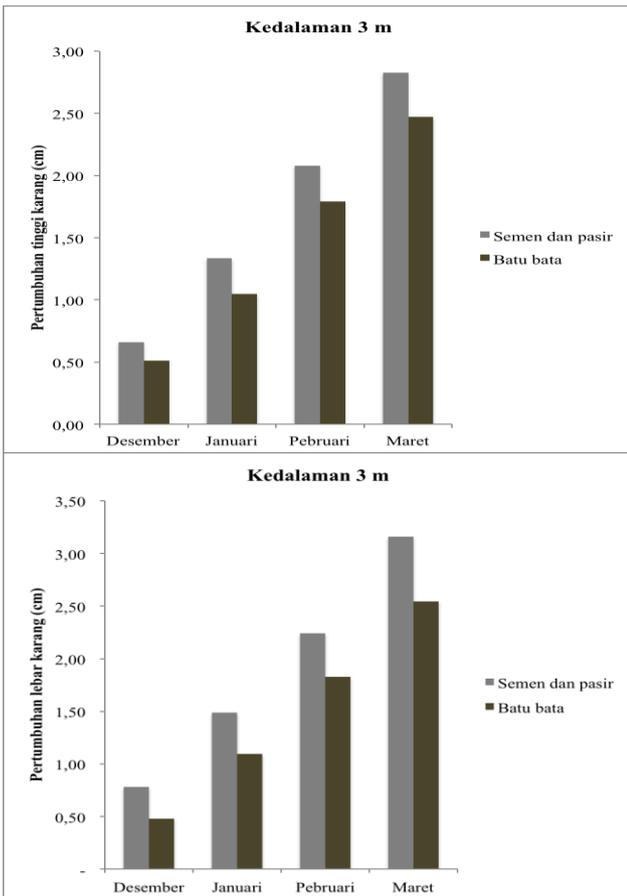
pertumbuhan karang dengan substrat dari bahan batu bata yang mencapai 3,10 cm.



**Gambar 1.** Rata-rata pertumbuhan tinggi dan lebar karang *Stylophora pistillata* dengan substrat berbeda pada kedalaman 1 m.

Pengukuran pertumbuhan karang juga dilakukan pada karang yang ditransplantasi di kedalaman 3 m dan 5 m. Rata-rata pertumbuhan tinggi dan lebar karang *Stylophora pistillata* yang ditanam pada kedalaman 3 m terlihat pada Gambar 2, sedangkan yang ditanam pada kedalaman 5 m dapat dilihat pada Gambar 3. Berdasarkan Gambar 2 dapat diketahui bahwa pada kedalaman 3 m, pertumbuhan tinggi dan lebar karang yang menggunakan substrat dari semen dan pasir memiliki rata-rata pertumbuhan tinggi dan lebar lebih besar dibandingkan dengan karang yang menggunakan substrat dari bahan batu bata. Karang *Stylophora pistillata* dengan substrat dari semen dan pasir rata-rata pertumbuhan tingginya mencapai 2,83 cm pada akhir penelitian, dimana lebih tinggi jika dibandingkan dengan rata-rata pertumbuhan

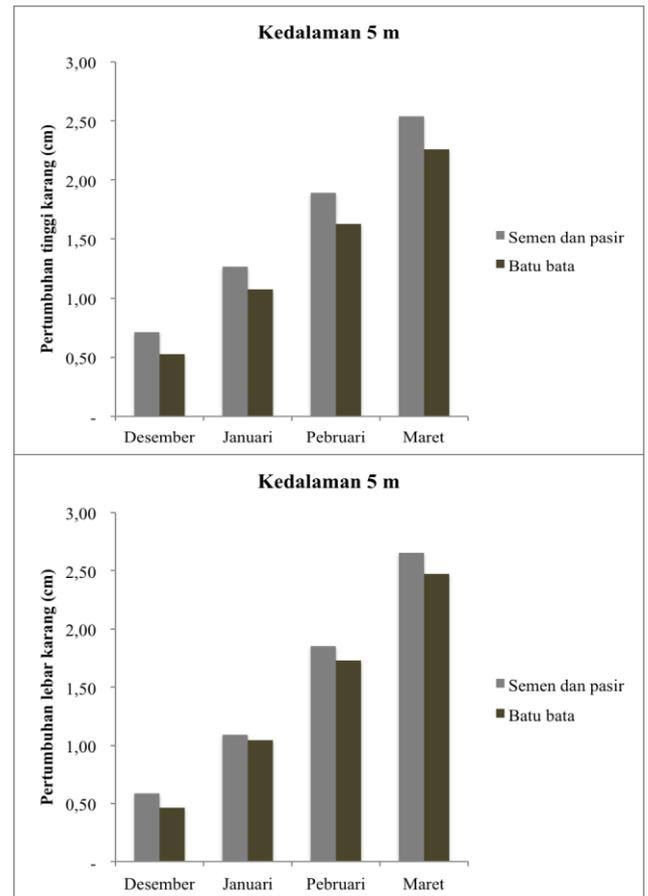
tinggi karang dengan substrat dari bahan batu bata yang mencapai 2,47 cm. Hal ini juga terjadi pada nilai rata-rata pertumbuhan lebar karang. Karang dengan substrat dari semen dan pasir rata-rata pertumbuhan lebar sebesar 3,14 cm pada akhir penelitian, dimana lebih lebar jika dibandingkan dengan rata-rata pertumbuhan karang dengan substrat dari bahan batu bata yang mencapai 2,55 cm.



**Gambar 2.** Rata-rata pertumbuhan tinggi dan lebar karang *Stylophora pistillata* dengan substrat berbeda pada kedalaman 3 m.

Gambar 3 menunjukkan bahwa pada kedalaman 5 m, pertumbuhan tinggi dan lebar karang yang menggunakan substrat dari semen dan pasir juga memiliki rata-rata pertumbuhan tinggi dan lebar yang lebih besar dibandingkan dengan karang yang menggunakan substrat dari bahan batu bata. Karang *Stylophora pistillata* dengan substrat dari semen dan pasir rata-rata pertumbuhan tingginya mencapai 2,54 cm pada akhir penelitian, dimana lebih tinggi jika dibandingkan dengan rata-rata pertumbuhan

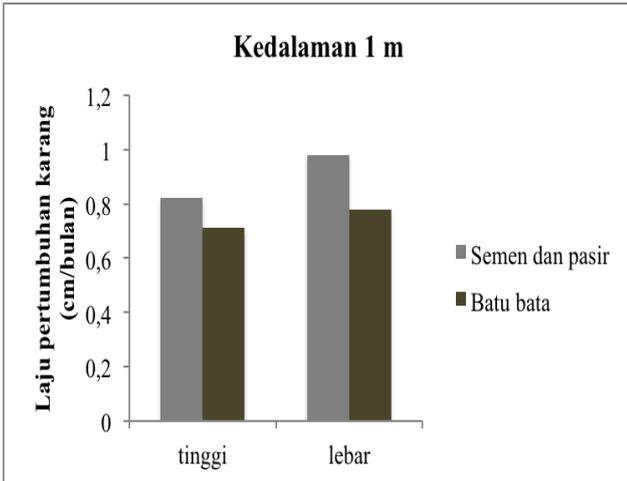
tinggi karang dengan substrat dari bahan batu bata yang mencapai 2,26 cm. Hal ini juga terjadi pada nilai rata-rata pertumbuhan lebar karangnya. Karang dengan substrat dari semen dan pasir rata-rata pertumbuhan lebar mencapai 2,65 cm pada akhir penelitian. Pertumbuhan tersebut lebih lebar jika dibandingkan dengan rata-rata pertumbuhan karang dengan substrat dari bahan batu bata yang mencapai 2,47 cm.



**Gambar 3.** Rata-rata pertumbuhan tinggi dan lebar karang *Stylophora pistillata* dengan substrat berbeda pada kedalaman 5 m.

*Laju pertumbuhan karang*

Penelitian yang dilakukan di Pantai Serangan juga mengukur nilai laju pertumbuhan karang pada akhir penelitian pada karang yang ditransplantasi menggunakan substrat berbeda yang ditanam pada tiga kedalaman berbeda yakni 1 m, 3 m dan 5 m. Nilai laju pertumbuhan tinggi dan lebar karang *Stylophora pistillata* yang ditanam pada kedalaman 1 m terlihat pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Laju pertumbuhan tinggi dan lebar karang *Stylophora pistillata* dengan substrat berbeda pada kedalaman 1 m.

Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui bahwa pada kedalaman 1 m, laju pertumbuhan tinggi dan lebar karang yang menggunakan substrat dari semen dan pasir memiliki nilai laju pertumbuhan tinggi dan lebar yang lebih besar dibandingkan dengan karang yang menggunakan substrat dari bahan batu bata. Karang *Stylophora pistillata* dengan substrat dari semen dan pasir memiliki laju pertumbuhan tinggi sebesar 0,82 cm/bulan pada akhir penelitian, dimana lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai laju pertumbuhan tinggi karang dengan substrat dari bahan batu bata yang mencapai 0,71 cm/bulan. Hal ini juga terjadi pada nilai laju pertumbuhan lebar karang. Karang dengan substrat dari semen dan pasir nilai laju pertumbuhan lebar pada akhir penelitian mencapai 0,98 cm, dimana lebih lebar jika dibandingkan dengan rata-rata pertumbuhan karang dengan substrat dari bahan batu bata yang mencapai 0,78 cm. Hasil analisis melalui *Analisis of Variance* menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan terhadap laju pertumbuhan tinggi dan lebar karang pada karang dengan jenis substrat berbeda. Hal ini terlihat dimana nilai  $p < 0,05$  yang berarti jenis substrat memberikan pengaruh yang berbeda signifikan terhadap laju pertumbuhan tinggi dan lebar karang yang ditanam pada kedalaman 1 m (Gambar 5).

**ANOVA**

Laju pertumbuhan tinggi

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.095	1	.095	18.995	.000
Within Groups	.140	28	.005		
Total	.236	29			

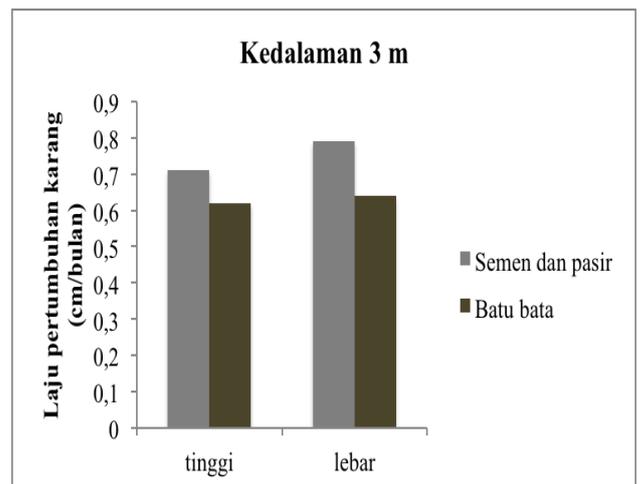
**ANOVA**

Laju pertumbuhan lebar

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.324	1	.324	163.407	.000
Within Groups	.056	28	.002		
Total	.380	29			

**Gambar 5.** Analisis perbandingan laju pertumbuhan tinggi dan lebar karang *Stylophora pistillata* dengan substrat berbeda pada kedalaman 1 m.

Nilai laju pertumbuhan tinggi dan lebar karang *Stylophora pistillata* yang ditanam pada kedalaman 3 m juga diukur pada penelitian ini. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Laju pertumbuhan tinggi dan lebar karang *Stylophora pistillata* dengan substrat berbeda pada kedalaman 3 m.

Berdasarkan Gambar 6 dapat diketahui bahwa pada kedalaman 3 m, laju pertumbuhan tinggi dan lebar karang yang menggunakan substrat dari semen dan pasir memiliki nilai laju pertumbuhan tinggi dan lebar yang lebih besar dibandingkan dengan karang yang menggunakan substrat dari bahan batu bata. Karang *Stylophora pistillata* dengan substrat dari semen dan pasir memiliki laju pertumbuhan tinggi sebesar 0,71 cm/bulan pada akhir penelitian, dimana lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai laju pertumbuhan

tinggi karang dengan substrat dari bahan batu bata yang mencapai 0,62 cm/bulan. Hal ini juga terjadi pada nilai laju pertumbuhan lebar karang. Karang dengan substrat dari semen dan pasir nilai laju pertumbuhan lebar pada akhir penelitian mencapai 0,79 cm, dimana lebih lebar jika dibandingkan dengan rata-rata pertumbuhan karang dengan substrat dari bahan batu bata yang mencapai 0,64 cm. Hasil analisis melalui *Analisis of Variance* menunjukkan laju pertumbuhan tinggi karang pada karang dengan jenis substrat berbeda tidak berbeda signifikan. Hal ini terlihat dimana nilai  $p > 0,05$  yang berarti jenis substrat tidak memberikan pengaruh yang berbeda signifikan terhadap laju pertumbuhan tinggi karang yang ditanam pada kedalaman 3 m. Sebaliknya, laju pertumbuhan lebar karang pada karang dengan jenis substrat berbeda tampak berbeda signifikan. Hal ini terlihat dimana nilai  $p < 0,05$  yang berarti jenis substrat memberikan pengaruh yang berbeda signifikan terhadap laju pertumbuhan lebar karang yang ditanam pada kedalaman 3 m. (Gambar 7).

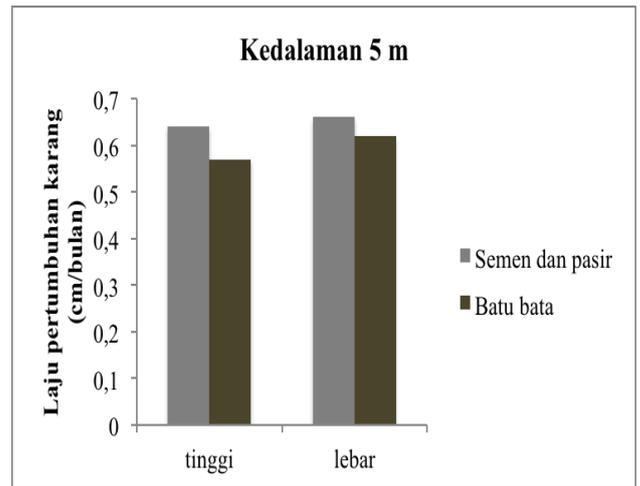
ANOVA					
Laju pertumbuhan tinggi					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.057	1	.057	2.602	.118
Within Groups	.616	28	.022		
Total	.673	29			

ANOVA					
Laju pertumbuhan lebar					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.181	1	.181	6.859	.014
Within Groups	.739	28	.026		
Total	.920	29			

**Gambar 7.** Analisis perbandingan laju pertumbuhan tinggi dan lebar karang *Stylophora pistillata* dengan substrat berbeda pada kedalaman 3 m.

Pengukuran laju pertumbuhan tinggi dan lebar karang juga dilakukan pada karang yang ditransplantasi di kedalaman 5 m. Nilai laju pertumbuhan tinggi dan lebar karang *Stylophora pistillata* yang ditanam pada kedalaman 5 m terlihat pada Gambar 8.



**Gambar 8.** Laju pertumbuhan tinggi dan lebar karang *Stylophora pistillata* dengan substrat berbeda pada kedalaman 5 m.

Berdasarkan Gambar 8 dapat diketahui laju pertumbuhan tinggi dan lebar karang yang menggunakan substrat dari semen dan pasir pada karang yang ditanam pada kedalaman 5 m memiliki nilai laju pertumbuhan tinggi dan lebar yang lebih besar dibandingkan dengan karang yang menggunakan substrat dari bahan batu bata. Karang dengan substrat dari semen dan pasir memiliki laju pertumbuhan tinggi sebesar 0,64 cm/bulan pada akhir penelitian, dimana lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai laju pertumbuhan tinggi karang dengan substrat dari bahan batu bata yang mencapai 0,57 cm/bulan. Hal ini juga terjadi pada nilai laju pertumbuhan lebar karang. Karang dengan substrat dari semen dan pasir nilai laju pertumbuhan lebar pada akhir penelitian mencapai 0,66 cm, dimana lebih lebar jika dibandingkan dengan rata-rata pertumbuhan karang dengan substrat dari bahan batu bata yang mencapai 0,52 cm. Hasil analisis melalui *Analisis of Variance* menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan terhadap laju pertumbuhan tinggi dan lebar karang pada karang dengan jenis substrat berbeda. Hal ini terlihat dimana nilai  $p > 0,05$  yang berarti jenis substrat tidak memberikan pengaruh yang berbeda signifikan terhadap laju pertumbuhan tinggi dan lebar karang yang ditanam pada kedalaman 5 m (Gambar 9).

ANOVA					
Laju pertumbuhan tinggi					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.035	1	.035	1.921	.177
Within Groups	.506	28	.018		
Total	.540	29			

ANOVA					
Laju pertumbuhan lebar					
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.035	1	.035	1.921	.177
Within Groups	.506	28	.018		
Total	.540	29			

**Gambar 9.** Analisis perbandingan laju pertumbuhan tinggi dan lebar karang *Stylophora pistillata* dengan substrat berbeda pada kedalaman 5 m.

## PEMBAHASAN

### *Kondisi Lingkungan Perairan*

Kondisi lingkungan perairan merupakan faktor yang penting untuk diperhatikan dalam melakukan kegiatan transplantasi karang. Apabila kondisi perairan baik, maka pertumbuhan karang dan laju pertumbuhan karang yang ditransplantasi akan ikut meningkat. Berdasarkan hasil penelitian dapat diketahui bahwa kondisi perairan di Pantai Serangan selama pelaksanaan penelitian dalam kondisi yang baik untuk pertumbuhan karang khususnya *Stylophora pistillata* yang diketahui dapat tumbuh baik pada perairan yang memiliki kecerahan perairan yang baik, sehingga penetrasi cahaya yang diperoleh karang dalam kondisi yang besar, sehingga pertumbuhan karangnya akan baik. Nilai kecerahan di Pantai Serangan berada pada kisaran 95 % - 100%. Kisaran tersebut sangat baik untuk pertumbuhan karang. Kecerahan perairan tersebut merupakan ukuran kejernihan pada suatu perairan. Kisaran nilai kecerahan perairan Pantai Serangan menunjukkan bahwa cahaya dapat menembus sampai ke dasar perairan. Hal ini dapat berpengaruh pada proses fotosintesis yang dilakukan oleh alga zooxanthellae yang terkandung pada karang *Stylophora pistillata*. Semakin tinggi cahaya yang masuk, maka energi untuk tumbuh akan semakin besar. Sebaliknya, bila perairan dalam kondisi keruh maka cahaya yang masuk semakin sedikit dan dapat menghambat

pertumbuhan karang. As-syakur dkk. (2016) menyebutkan bahwa kecerahan biasanya berhubungan dengan cuaca saat pengambilan data, dimana dalam penelitiannya diketahui bahwa nilai kecerahan tinggi diperoleh saat kondisi cuaca yang cerah. Lebih lanjut Mainassy (2017) kecerahan perairan juga dipengaruhi oleh kedalaman perairan, dimana nilai kecerahan tinggi diperoleh pada kedalaman yang lebih dangkal. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan di Pantai Serangan, dimana nilai kecerahan perairan pada kedalaman 1 m dan 3 m memiliki nilai kecerahan yang lebih tinggi dibandingkan pada kedalaman yang lebih dalam yakni 5 m.

Faktor lain yang mempengaruhi pertumbuhan karang adalah suhu perairan. rata-rata suhu perairan di Pantai Serangan selama penelitian adalah 28°C – 29,2°C. Nilai tersebut cukup baik untuk pertumbuhan karang. Nybakken (2018) menyebutkan bahwa karang dapat tumbuh optimal pada kisaran suhu 23°C-30°C, dengan toleransi minimum 16°C - 17°C dan toleransi maksimum 36°C - 40°C. Dari hasil penelitian dapat terlihat bahwa suhu perairan pada setiap kedalaman memiliki nilai yang berbeda, dimana semakin tinggi kedalaman, nilai suhunya semakin kecil. Hal ini sejalan dengan penelitian Sidabutar dkk. (2019) dimana pada dua kedalaman berbeda, nilai suhu terlihat paling rendah pada stasiun 5 dengan kedalaman 24 m, dibandingkan stasiun 2 dengan kedalaman 4 m. Perubahan suhu yang terjadi pada penelitian di Pantai Serangan masih dapat dikatakan dalam kisaran yang tidak terlalu besar, hal ini membuat karang tumbuh dengan baik di lokasi ini. Supriharyono (2000) menyebutkan bahwa kematian pada karang bukan diakibatkan oleh suhu maksimum maupun suhu minimum, namun lebih disebabkan oleh perubahan suhu secara mendadak pada suatu perairan. Hal ini dibuktikan oleh Juhi dkk. (2018) dimana adanya peningkatan suhu dari 25°C ke 29,5°C secara bertahap menggunakan pemanas air yang dimasukkan ke dalam akuarium, menyebabkan jumlah zooxanthellae pada karang berkurang sehingga menyebabkan karang mengalami pemutihan (*bleaching*)

sebesar 80% yang kemudian menyebabkan kematian pada karang tersebut. Perbedaan kedalaman 1 m dengan 3 m dan 3 m dengan 5 m tidak berbeda secara signifikan.

Salinitas berkorelasi dengan pertumbuhan karang disebabkan salinitas merupakan faktor pembatas pertumbuhannya. Kisaran salinitas di Pantai Serangan berada pada kisaran 34,2 ppt – 34,8 ppt. Nilai tersebut masih dalam kategori baik untuk pertumbuhan karang dimana diketahui kisaran salinitas yang baik untuk pertumbuhan adalah 32 - 35 ppt, namun diketahui karang masih bisa bertahan dalam batas kisaran salinitas 25 - 40 ppt (Supriharyono, 2000). Terumbu karang diketahui dapat beradaptasi terhadap perubahan salinitas yang terjadi pada suatu perairan. Karang merupakan koloni yang dapat menolerir tekanan osmotik dengan menjadi osmokonformer dan osmoregulator. Namun toleransi setiap jenis karang berbeda tergantung pada jenis, bentuk dan ukurannya (Kuanui *et al.*, 2015).

Derajat keasaman (pH) pada suatu perairan laut biasanya dijadikan sebagai indikator kualitas suatu perairan. Nilai pH di Pantai Serangan saat penelitian adalah 7,94 – 7,98. pH perairan tersebut lebih bersifat alkali / basa dimana nilainya berada lebih dari 7. Biasanya air laut dengan pH lebih dari 7 dapat menyebabkan terjadinya proses pembongkaran bahan organik menjadi mineral di dalam air yang kemudian diasimilasi oleh tumbuhan dan fitoplankton sehingga kandungan nutrisi menjadi berlimpah. (Patty dkk., 2019 ; Ompi dkk., 2019). Karang yang hidup pada perairan yang basa seperti di Pantai Serangan akan tumbuh dengan baik. Hal ini sejalan dengan Yanti (2016) dimana Perairan yang bersifat asam diketahui dapat menghambat laju pertumbuhan pada terumbu karang. Tabel 1 juga menunjukkan nilai pH perairan Pantai Serangan masih berada pada kisaran yang baik untuk pertumbuhan karang. Batasan pH yang ideal bagi pertumbuhan biota laut seperti terumbu karang nilainya berkisar antara 6,5 - 8,5 (Corvianawatie dkk., 2018; Barus dkk., 2018).

Selain faktor di atas, kecepatan arus juga memiliki peran penting dalam pertumbuhan karang dan laju pertumbuhan karangnya. Berdasarkan Tabel 1 diketahui kecepatan arus pada berada pada kisaran 0,11 – 0,14 m/detik. Semakin dalam kedalaman perairan, nilai arusnya semakin rendah. Hal ini telah sejalan dengan penelitian Dinda dkk. (2012), dimana kecepatan arus semakin berkurang seiring dengan bertambahnya kedalaman perairan. Hal ini disebabkan oleh energi yang diteruskan ke lapisan bawah semakin melemah. Karang diketahui dapat tumbuh dengan baik pada perairan yang memiliki arus yang lebih kuat. Hal ini dibuktikan oleh Schutter *et al.* (2011), dimana laju pertumbuhan pada karang *Galaxea fascicularis* menunjukkan respon yang lebih baik pada perlakuan arus yang lebih kuat yakni 25 cm/detik dibandingkan dengan perlakuan arus yang lebih kecil yakni 10 cm/detik. Comeau *et al.* (2014) juga menyebutkan bahwa kondisi arus air yang kuat diketahui komunitas terumbu karangnya memiliki laju kalsifikasi yang lebih baik.

Kecepatan arus diketahui mempengaruhi tingkat sedimentasi pada suatu perairan. Hal ini terlihat pada Tabel 1, dimana nilai sedimentasi memiliki nilai yang rendah pada kedalaman 1 m yakni sebesar 659,2 ppm yang memiliki kecepatan arus yang tinggi. Kondisi tersebut dapat menyebabkan pertumbuhan karang di kedalaman 1 m akan menjadi baik dibandingkan dua kedalaman lainnya. Perairan yang keruh dapat mempengaruhi penetrasi cahaya sampai ke dasar perairan, sehingga dapat menghambat pertumbuhan karang. Sedimentasi berdampak buruk pada keberadaan karang yang berada di perairan. Cekaman sedimen diketahui dapat menghambat pertumbuhan karang (Risk, 2014). Berdasarkan hasil penelitian diketahui kedalaman perairan berbanding lurus dengan sedimentasi, dimana semakin rendah kedalaman perairan maka nilai sedimentasinya semakin rendah. Hal ini sejalan dengan Ekayogiharso dkk. (2014), dimana stasiun dengan lokasi yang memiliki kecepatan arus lebih kuat memiliki nilai sedimentasi yang kecil sehingga terumbu karang berada pada

kondisi yang baik. Hal ini diduga karena posisi karang yang berada di tingkat paling rendah memiliki posisi yang paling dekat dengan sedimen.

#### *Pertumbuhan karang*

Berdasarkan hasil penelitian terlihat bahwa secara umum karang yang ditransplantasi di Pantai Serangan mengalami pertumbuhan yang positif. Hal ini berarti karang memiliki penambahan ukuran baik tinggi maupun lebar setiap bulannya. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa pertumbuhan karang yang ditransplantasi memiliki pertumbuhan lebar yang lebih besar dibandingkan pertumbuhan tinggi karang. Pertumbuhan yang cenderung melebar diduga berhubungan dengan lokasi kegiatan transplantasi yang dilakukan di perairan yang dangkal, dimana intensitas cahaya matahari yang diperoleh karang cukup besar sehingga karang berusaha untuk memperluas jaringannya. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Putra dkk. (2020) dimana tiga jenis karang berbeda yang ditransplantasi yaitu *Montipora* sp., *Stylophora pistillata*, dan *Acropora* sp. di Pantai Serangan memiliki pertumbuhan lebar yang cenderung lebih besar dibandingkan tinggi fragmen.

Dalam kegiatan transplantasi biasanya menggunakan substrat buatan atau yang sering disebut dengan media transplantasi. Substrat yang digunakan harus memiliki kriteria seperti mampu mencegah terjadinya pengikisan, kuat dan tidak mudah terguling serta tertimbun sedimen. Terdapat beberapa media yang biasanya digunakan seperti pecahan karang (*rubble*), semen dan pasir, keramik, dll. (Prameliasari dkk., 2012; Insafitri dkk., 2021). Dari hasil penelitian yang dilakukan juga menunjukkan bahwa secara umum karang jenis *Stylophora pistillata* yang ditransplantasi menggunakan substrat yang berbeda menunjukkan pengaruh berbeda nyata terhadap pertumbuhan karang, baik tinggi maupun lebarnya. Pertumbuhan karang dengan substrat terbuat dari semen dan pasir tampak lebih baik dibandingkan dengan karang yang menggunakan substrat dari bata pada semua

kedalaman. Hal ini terjadi diduga karena substrat dari semen dan pasir memiliki permukaan yang lebih kasar, sehingga pertumbuhannya menjadi lebih baik. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Kisworo dkk. (2012), dimana penggunaan substrat dari beton dan batu andesit dipilih karena substrat tersebut padat, tidak mudah hancur dan memiliki permukaan yang kasar sehingga juvenil karang *Pocillopora damicornis* dapat menempel dengan baik pada substrat tersebut.

#### *Laju pertumbuhan karang*

Selain pertumbuhan karang, laju pertumbuhan karang juga diukur dalam penelitian yang dilakukan di Pantai Serangan. Laju pertumbuhan dilihat dengan mengetahui pertumbuhan karang (baik tinggi, lebar, dan/atau volume karang) per satuan waktu. Pertumbuhan karang diketahui mempengaruhi nilai laju pertumbuhan karang. Berdasarkan hasil penelitian diketahui laju pertumbuhan karang berkorelasi positif dengan pertumbuhan karangnya, dimana semakin tinggi pertumbuhan karang maka semakin tinggi pula nilai laju pertumbuhan karangnya. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Tioho dkk. (2014) dimana dalam waktu satu tahun penelitian yang dilakukan di Pantai Malalyang, Manado diketahui karang yang memiliki pertumbuhan 10,138 cm memiliki nilai laju pertumbuhan yang lebih rendah yakni sebesar 0,84 cm/tahun dibandingkan dengan karang yang pertumbuhannya 11,803 cm dengan laju pertumbuhan karang sebesar 0,984 cm/tahun.

Berdasarkan perbedaan jenis substrat yang digunakan, diketahui karang dengan jenis substrat yang terbuat dari semen dan pasir memiliki nilai laju pertumbuhan tinggi dan lebar yang lebih baik dibandingkan laju pertumbuhan karang yang menggunakan substrat dari bata. Hal ini terlihat pada hasil penelitian di semua kedalaman perairan (1m, 3 m dan 5 m). Hal ini berhubungan dengan pertumbuhan pada karang semen dan pasir, disebabkan oleh permukaan substratnya yang kasar dan tidak mudah hancur, sehingga karang *Stylophora pistillata* yang bertekstur kasar

dapat lebih beradaptasi. Hasil penelitian ini sejalan dengan Fitriani dkk. (2020) yang telah meneliti hubungan laju pertumbuhan dan pertumbuhan mutlak pada karang lunak *Cladiella* sp. pada jenis substrat yang berbeda. Penelitian dengan menggunakan empat substrat yang berbeda diketahui dapat memberikan informasi jenis substrat yang baik untuk digunakan dalam kegiatan transplantasi. Dari hasil penelitiannya diketahui bahwa penggunaan substrat karang mati / pecahan karang (*rubble*) lebih baik dibandingkan dengan tiga jenis substrat lainnya yakni semen dan pasir, batu karang dan keramik. Hal ini disebabkan oleh permukaan *rubble* yang kasar dan tidak adanya penempelan karang pada substrat yang menyebabkan karang tidak menjadi stres.

Sesuai dengan hasil analisis yang dilakukan, pengaruh jenis substrat tidak signifikan perbedaannya pada pertumbuhan karang yang berukuran besar dan ditanam pada kedalaman yang lebih tinggi. Hal ini dimungkinkan karena karang yang ditanam pada kedalaman tinggi lebih mampu beradaptasi terhadap media yang digunakan dan energinya lebih banyak digunakan untuk mencari nutrisi agar tetap dapat tumbuh ke atas mengingat lokasinya yang berada pada kedalaman yang lebih tinggi dan penetrasi cahaya pada kedalaman tersebut lebih sedikit.

Pemilihan substrat juga penting untuk dilakukan dari segi ekonomi, berdasarkan hasil wawancara dengan petugas dari pelaku usaha transplantasi diketahui bahwa pembuatan substrat yang terbuat dari semen dan pasir jauh lebih murah dibandingkan dengan yang terbuat dari batu bata, pembuatan substrat dari bata semata-mata hanya dilakukan atas permintaan dari konsumen untuk kepentingan *branding*. Berdasarkan uraian yang sudah disampaikan diketahui bahwa dalam pemilihan jenis substrat pada kegiatan transplantasi karang jenis *Stylophora pistillata* penting untuk memilih jenis substrat yang kuat, tahan lama dan memiliki permukaan yang kasar serta secara ekonomi lebih murah, yakni yang terbuat dari semen dan pasir sehingga pelaksanaan kegiatan

transplantasi dapat menjadi lebih efektif dan efisien.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penggunaan jenis substrat yang terbuat dari semen dan pasir diketahui paling baik, efektif dan efisien dalam meningkatkan pertumbuhan karang dan laju pertumbuhan karang *Stylophora pistillata* yang ditransplantasi di Pantai Serangan, Denpasar pada setiap kedalaman.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan sebagai penyandang dana penelitian, serta Balai KSDA Bali, PT. Aksara Bahana Abadi, dan PT. Aneka Tirta Surya Bali yang telah mendampingi pelaksanaan penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, A.M.T., dan Bakri, M. 2017. Pertumbuhan Karang Jenis *Acropora tenuis* yang ditanam pada Kedalaman Berbeda dengan Menggunakan Metode Transplantasi. *UNM Environmental Journals*. 1 (1) : 1-7.
- As-syakur, A.R. dan Wiyanto, D.B. 2016. Studi Kondisi Hidrologis Sebagai Lokasi Penempatan Terumbu Buatan di Perairan Tanjung Benoa Bali. *Jurnal Kelautan*. 9 (1) : 85 – 95.
- Barus, B.S., Praton, T., dan Soedarma, D. 2018. Pengaruh Lingkungan Terhadap Bentuk Pertumbuhan Terumbu Karang di Perairan Teluk Lampung. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 10 (3) : 699 – 709.
- Bappenas. 2020. *Bappenas Paparkan Urgensi Terumbu Karang Untuk Ekonomi Nasional Pasca Pandemi Melalui Coremap-CTI*. Berita dan Siaran Pers. <https://www.bappenas.go.id>. Diakses pada tanggal 01 Juli 2021.
- Bauman, A.G., Pratchett, M.G.S., Baird, A.H., Riegl, B., Heron, S.F. and Feary, D.A. 2013. Variation in The Size Structure of Corals is Related to Environmental

- extremes in the Persian Gulf. *Marine Environmental Research*. 84 : 43 – 50.
- BKSDA Bali. 2021. *Laporan Pemanfaatan Ekspor Karang Hias di Provinsi Bali Tahun 2020* (Tidak Dipublikasikan).
- Bukhari, Putra, R.D., dan Kurniawan, D. Optimasi Penggunaan Waktu Pembersihan Untuk Sukses Transplantasi Karang *Acropora millepora* di Perairan Malang Rapat, Bintan. *Jurnal Kelautan Nasional*. 16 (2) : 145 – 156.
- Chow, G.S.E., Chan, Y.K.S., Jain, S.S., and Huang, D. 2019. Light Limitation Selects For Depth Generalists In Urbanised Reef Coral Communities. *Marine Environmental Research*. 147 : 101 -112.
- Cohen, I., and Dubinsky, Z. 2015. Long Term Photoacclimation Responses of The Coral *Stylophora pistillata* to Reciprocal Deep to Shallow Transplantation : Photosynthesis and Calcification. *Frontiers in Marine Science*. 2 (45) : 1 – 13.
- Comeau, S., Edmunds, P.J., Lantz, C.A. and Carpenter, R.C. 2014. Water Flow Modulates The Response of Coral Reef Communities to Ocean Acidification. *Scientific Reports*. 4 (668) : 1 – 6.
- Corvianawatie, C, dan Abrar, M. 2017. Kesesuaian Kondisi Oseanografi dalam Mendukung Ekosistem Terumbu Karang di Perairan Pulau Pari. *Jurnal Kelautan Nasional*. 13 (3) : 155 – 161.
- Dinda, Y., Yusuf, M. dan Sugianto, D.N. 2012. Karakteristik Arus, Suhu dan Salinitas di Kepulauan Karimunjawa. *Journal of Oceanography*. 1 (2) : 186 – 196.
- Effendi, M.I. 1997. *Biologi Perikanan*. Yogyakarta : Yayasan Pustaka Nusatama. 162 hlm.
- Ekayogiharso, M. Munasik, Prasetyawan, I.B. 2014. Studi Arus Laut Dan Sedimen Dasar Dalam Hubungannya Dengan Kondisi Terumbu Karang Di Perairan Pulau Parang Kepulauan Karimunjawa Jepara Jawa Tengah. *Journal of Oceanography*. 3 (2) : 181 – 190.
- Erika, A.Y.J., Ramses, dan 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. [L1] [SEP]
- Fitriani, D.P., Zainuri, M., dan Nugraha, W.A., 2020. Laju Pertumbuhan dan Pertumbuhan Mutlak Karang Lunak *Cladiella* sp. pada Substrat yang Berbeda. *Jurnal Kelautan Tropis*. 23 (1) : 29 – 38. [L1] [SEP]
- Guntur. 2011. *Ekologi Karang Pada Terumbu Buatan*. Bogor : Penerbit Ghalia Indonesia. 140 hlm.
- Hadi, T.A., Abrar, M., Giyanto, Prayudha, B., Johan, O., Budiyo, A., Dzumalek, A.R., Alifatri, L.O., Sulha, S., dan Suharsono. 2020. *The Status of Indonesian Coral Reefs 2019*. Jakarta : Puslit Oseanografi LIPI.
- Hadi, T.A., Giyanto, Prayudha, B., Hafizt, M., Budiyo, A., dan Suharsono. 2018. *Status Terumbu Karang Indonesia 2018*. Jakarta : Puslit Oseanografi LIPI.
- Herison, A., dan Romdania, Y. 2017. Bantuan Penyuluhan dan Kegiatan Transplantasi Terumbu Karang di Pantai Ketapang Kabupaten Pesawaran. *Jurnal Sakai Sambayan* : 23 – 28.
- Insafitri, Alif, N.R, Prasanti, M. dan Nugraha, W.A. 2021. Tingkat Keberhasilan Hidup Transplantasi Karang *Porites* sp. Pada Substrat Rubble Skala Laboratorium. *Jurnal Kelautan*. 14 (3) : 291 – 296.
- Inoue, M., Suwa, R., Suzuki, A., Sakai, K., and Kawahata, H. 2011. Effects of Seawater pH on Growth and Skeletal U/cr Ratios of *Acropora digitifera* Coral Polyps. *Geophysical Research Letters*. 38 : 1 – 4.
- Johan, O., Ginanjar, R., dan Kadarini, T. 2018. Budidaya Karang Hias Polip Besar pada Kedalaman yang Berbeda di Alam dan Sistem Resirkulasi. *Jurnal Riset Akuakultur*. 13 (3) : 229 - 237. [L1] [SEP]
- Joni, Pratomo, A., dan Irwan, H. 2017. Laju Pertumbuhan dan Tingkat Kelangsungan Hidup Karang *Acropora formosa* Hasil Transplantasi pada Kedalaman Berbeda. [www.jurnal.umrah.ac.id](http://www.jurnal.umrah.ac.id). Diakses pada tanggal 29 September 2021.

- Juhi, Z.S. and Rabbani, K.A. 2018. The Effect of Increased Temperature and Coral Acclimation of *Sinularia dura*. *Earth and Environmental Science*. 171 : 1 – 5.
- Kalangi, P.N., Mandagi, A., Masengi, K.W.A., Luasunaung, A., Pangalila, F.P.T. dan Iwata, M. 2013. Sebaran Suhu dan Salinitas di Teluk Manado. *Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis*. IX (2) : 71 – 75.
- Kisworo, H., Wijayanti, D.P. dan Munasik. 2012. Studi Penempelan Juvenil Karang Pocillopora Damicornis Pada Jenis Substrat Kolektor Dan Zona Terumbu Yang Berbeda Di Pulau Panjang, Kabupaten Jepara. *Journal of Marine Research*. 1 (1) : 129 – 136.
- Kuanui, P., Chavanich, S., Viyakarn, V., Omori, M., and Lin, C. 2015. Effects of Temperature and Salinity on Survival Rate of Cultured Corals and Photosynthetic Efficiency of Zooxanthellae in Coral Tissues. *Ocean Science Journal*. 50 (2) : 263 – 268.
- Kurniawan, D., Jompa, J., Harris., A. 2017. Pertumbuhan Tahunan Karang Goniopora stokesi di Perairan Kota Makassar Hubungannya dengan Faktor Cuaca. *Jurnal Akuatiklestari*. 1 (1) : 7 - 13.
- Mainassy, M.C. 2017. Pengaruh Parameter Fiska Dan Kimia Terhadap Kehadiran Ikan Lompa (*Thyssa Baelama* Forsskål) Di Perairan Pantai Apui Kabupaten Maluku Tengah. *Jurnal Perikanan UGM*. XIX (2) : 61 – 66.
- Manembu, I.S., dan Ngangi, E.L.A. 2016. Identifikasi Lingkungan Perairan untuk Budi Daya Karang Hias di Desa Arakan Kabupaten Minahasa Selatan. *Budidaya Perairan*. 4 (2) : 31 – 36.
- Mass, T., Kline, D. I., Roopin, M., Veal, C. J., Cohen, S. Iluz, D. and Levy, O. 2010. The Spectral Photosynthesis and Photoadaptation in *Stylophora pistillata* Colonies From Different Depths in The Red Sea. *The Journal of Experimental Biology*. 213 : 4084 – 4091.
- Nikita. L., Paulangan, Y.P., dan Hamuna, B. 2021. Laju Sedimentasi di Perairan Ekosistem Terumbu Karang Kampung Yakore Distrik Demta Kabupaten Jayapura. *Acropora Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan Papua*. 4 (1) : 28 -35.
- Nontji, A. 1993. *Laut Nusantara*. Jakarta : Penerbit Djambatan. 372 hlm.
- Nurchayani, L.P.A.D., Karang, I.W.G.A., dan Karim, W. 2018. Laju Pertumbuhan dan Tingkat Kelangsungan Hidup Transplantasi Karang *Acropora secale* di Pantai Serangan dan Pantai Geger, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*. 4 (2) : 297 – 303.
- Nybakken, J.W. 2018. *Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis*. Jakarta : PT. Gramedia. 480 hlm.
- Ompi, B.N., Rambat, U.N.W.J. dan Rondonuwu, A.B. 2019. Kondisi Terumbu Karang Pulau Hogow dan Dakokayu, Kabupaten Minahasa Tenggara. *Jurnal Ilmiah Platax*. 7 (1) : 186 – 192.
- Orejas, C., Gori, A., Menendez, C.R., Last, K.S., Davies, A.J., Beveridge, C.M., Sadd, D., Kiriakoulakis, K., Witte, U. and Roberts, J.M. 2016. The Effect of Flow Speed and Food Size on The Capture Efficiency and Feeding Behaviour The Cold-Water Coral *Lophelia pertusa*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 481 (2016) : 34 – 40.
- Patty, S. dan Akbar, N. 2018. Kondisi Suhu, Salinitas, pH dan Oksigen Terlarut di Perairan Terumbu Karang Ternate, Tidore dan Sekitarnya. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*. 1 (2) : 1 – 10.
- Prameliasari, R.T.A., Munasik dan Wijayanti, D.P. 2012. Pengaruh Perbedaan Ukuran Fragmen dan Metode Transplantasi Terhadap Pertumbuhan Karang *Pocillopora damicornis* di Teluk Awur, Jepara. *Journal of Marine Research*. 1 (1) : 159 – 168.
- Prasetyo, A.B.T., Yuliadi, L.P.S., Astuty, S. dan Prihadi, D.J. 2018. Keterkaitan Tipe Substrat Dan Laju Sedimentasi Dengan Kondisi Tutupan Terumbu Karang Di Perairan Pulau Panggang, Taman

- Nasional Kepulauan Seribu. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. IX (2) : 1 – 7.
- Putra, P.A.P., Restu, I.W. dan Ernawati, N.M. 2020. Komperatif Studi Pertumbuhan Terumbu Karang Jenis Acropora, Montipora dan Stylophora dengan Teknik Transplantasi di Perairan Pantai Serangan Denpasar, Bali. *Current Trends in Aquatic Science*. III (1) : 69 – 75.
- Risk. M.J. 2014. Assessing the effects of sediments and nutrients on coral reefs. *Current Opinion in Environmental Sustainability 2014*. 7 : 108–117.
- Scucchia, F., Nativ, H., Neder, M., Goodbody-Gringley, G. and Mass, T. 2020. Physiological Characteristics of *Stylophora pistillata* Larvae Across A Depth Gradient. *Frontiers in Marine Science*. 7 (13) : 1 – 9.
- Schutter, M., Kranenbarg, S., Wijffels, R.H., Verreth, J. and Osinga, R. 2011. Modification of Light Utilization for Skeletal Growth By Water Flow in The Sclerectinian Coral *Galaxea fascicularis*. *Mar Biol*. 158 : 769 – 777.
- Sidabutar, E.A., Sartimbul, A. dan Handayani, M. 2019. Distribusi Suhu, Salinitas dan Oksigen Terlarut Terhadap Kedalaman di Perairan Teluk Prigi Kabupaten Trenggalek. *Journal of Fisheries and Marine Research*. 3 (1) : 46 – 52.
- Subhan. B. Soedharma, D., Arafat, D. Maddupa, H., Ervinia A., Bramandito, A. Khaerudi, D. Dan Ghozali, A.T. 2012. Pengaruh Cahaya Terhadap Tingkat Kelangsungan Hidup Dan Pertumbuhan Karang Lunak *Lobophytum Strictum* (Octocoralia: Alcyonacea) Hasil Transplantasi Pada Sistem Resirkulasi. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*. 3 (2) : 35 – 42.
- Subhan, B., Madduppa, H., Arafat, D., dan Soedharma, D. 2014. Bisakah Transplantasi Karang Perbaiki Ekosistem Terumbu Karang ?. *Risalah Kebijakan Pertanian dan Lingkungan*. 1 (3) : 159-164.
- Suharsono. 2008 . *Jenis-Jenis Karang di Indonesia*. Jakarta : LIPI Press. 382 hlm.
- Suharsono, Siringoringo, R.M., Hadi, T.A., Giyanto, Tuti, Y., Budiyanto, A., dan Sulha, S. 2013. *Perkembangan Teknik Transplantasi Karang di Indonesia*. Jakarta: Puslit Oseanografi LIPI. 62 hlm.
- Supriharyono. 2000. *Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang*. Jakarta : Penerbit Djambatan. 129 hlm.
- Tioho, H. dan Karauwan, M.A.J. 2014. Transplantasi fragmen karang, *Acropora formosa* (Scleractinia). *Jurnal Aquatic Science & Management*. Edisi Khusus (2) : 1 – 7.
- Tioho, H., Paruntu, C.P. dan Patrich, H. 2013. Ketahanan Hidup dan Laju Pertumbuhan Karang Scleractinia yang di Transplantasi pada Rataan Terumbu Perairan Kalasei, Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara. *Aquatic Science & Management*. 1 (2) : 111-116.
- Tito, C.K., Ampou, E.E., Widagti, N. dan Triyulianti, I. Kondisi pH dan Suhu Air Laut Pada Ekosistem terumbu Karang di Perairan Nusa Penida dan Pemuteran, Bali. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Terbaik*. Tahun 2013. 181 – 186
- Veron, J.E.N., DeVantier, L.M., Turak, E., Green, A.L., Kininmonth, S., Smith, M. S., and Peterson, N. 2011. *The Coral Triangle*. Coral Reefs : An Ecosystem in Transition : 47 – 55.
- Widiastuti. 2019. Tingkat Kelulushidupan Karang *Acropora jacquilineae* pada Fragmentasi dan Transplantasi di Dalam dan Luar Air. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*. 5 (2) : 273 – 277.
- Wijaya, C.K., Komala, R., dan Giyanto. 2017. Kondisi Keanekaragaman dan Bentuk Pertumbuhan Karang di Pulau Kayu Angin Genteng, Kepulauan Seribu. *Bioma*. 13 (2) : 108 – 118.
- Yanti, N.D. 2016. *Penilaian Kondisi Keasaman Perairan Pesisir dan Laut Kabupaten Pangkajene Kepulauan Pada Musim Peralihan I*. Skripsi. Makassar : Universitas Hassanuddin.

Zurba, N. 2019. *Pengenalan Terumbu Karang Sebagai Potensi Utama Laut Kita*. Lhokseumawe : Unimal Press. 116 hlm.