

Pertumbuhan Karang *Pocillopora verrucosa* dan *Stylophora pistillata* Menggunakan Substrat Semen: Analisis Morfologi dan Data Lingkungan

Lady A S Wijayanti^{1*}, Sara Umbekna², Djumanto³, Riza Y Setiawan³, Nurani Khoerunnisa¹, Mochammad I C Utama¹, Tito A Nugraha⁴, Mukhlisnah Djalil⁵, Mochamad R Firdaus⁶

¹Departemen Perikanan, Fakultas Ilmu Perikanan dan Kelautan, Universitas Padjadjaran. Jl. Raya Bandung-Sumedang KM. 21, Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat.

²Program Studi Ilmu Perikanan, FMIPA, Universitas Cenderawasih. Jl. Kamp Wolker, Waena, Jayapura, Papua.

³Departemen Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada. Jl. Flora, Bulaksumur, Sleman, Yogyakarta.

⁴Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji. Jl. Raya Dompok, Tanjungpinang, Kepulauan Riau.

⁵Fakultas Maritim Perikanan dan Kehutanan, Universitas Nahdlatul Ulama Gorontalo. Jl. K.H. Ahmad Dahlan No. 17, Kota Gorontalo.

⁶Pusat Penelitian Oseanografi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)-LIPI. Jl. Pasir Putih I, Ancol Timur, Jakarta Utara, DKI Jakarta.

*e-mail korespondensi: lady@unpad.ac.id

INFORMASI ARTIKEL

Diterima : 04 Oktober 2024
Disetujui : 15 November 2024
Terbit Online : 19 November 2024

Kata Kunci:

Pocillopora verrucosa,
Stylophora pistillata,
transplantasi.

ABSTRAK

Arsitek kecil berupa terumbu karang yang memberikan warna-warni di bawah laut ternyata dapat mendukung 25% kehidupan di laut. Namun, para ilmuwan memprediksi bahwa 60% terumbu karang dunia akan mati sepenuhnya pada tahun 2050 jika kerusakan terus berlanjut. Salah satu cara menanggulangnya adalah dengan transplantasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat dan laju pertumbuhan dari karang *Pocillopora verrucosa* dan *Stylophora pistillata* yang ditransplantasi menggunakan media semen. Pengambilan data dilakukan setiap minggu selama 3 bulan (Oktober 2016 – Januari 2017) di Pantai Serangan, Bali. Penelitian dilakukan dengan mengukur lebar, tinggi, jumlah cabang, dan parameter lingkungan. Pertumbuhan diukur dengan jangka sorong (ketelitian 0,05 mm). Parameter lingkungan perairan yang diukur adalah suhu air, pH air, dan salinitas. Hasil penelitian menunjukkan pertumbuhan lebar, tinggi, cabang meningkat hingga mencapai masing-masing 5,89 mm; 10,28 mm; 8 cabang/fragmen (*P.verucosa*), dan 8,84 mm; 13,01 mm; 16 cabang/fragmen (*S. pistillata*). Pertumbuhan dan laju pertumbuhan menunjukkan bahwa *S. pistillata* lebih cepat dari pada *P.verucosa*, dan pertumbuhan lebar lebih cepat dari pada tinggi untuk kedua jenis karang. Laju pertumbuhan lebar dan tinggi kedua jenis karang pada awal pengamatan mengalami penurunan yang signifikan, hal ini berbanding lurus dengan suhu (32,33°C) dan salinitas (35,33 ppt) sebagai nilai tertinggi yang didapatkan pada minggu awal penelitian. Pemilihan jenis karang yang disesuaikan dengan kondisi lingkungan akan memberikan keberhasilan transplantasi karang.

PENDAHULUAN

Terumbu karang (arsitek bawah laut) yang menjadi penopang kehidupan laut dan memberikan kesan berwarna-warni, sehingga membuat ekosistemnya terlihat seperti kota dibawah laut dengan karang sebagai gedung-gedungnya dan berbagai jenis ikan, invertebrata, alga, dan organisme lainnya adalah penghuninya. Dilihat dari tutupan terumbu karang dunia, persentasenya hanya menutupi 0,2% dasar laut, namun dapat mendukung 25% kehidupan di laut. Tidak hanya indah dan mendukung kehidupan ekosistem laut, terumbu karang juga memberikan nilai manfaat

fantastis di bidang ekonomi, yaitu pariwisata terumbu karang dunia menyumbang USD 36 miliar/tahun (Souter *et al.*, 2021) dan USD 3,1 miliar/tahun atau setara Rp 41,8 triliun/tahun di Indonesia (Spalding *et al.*, 2017). Namun, nilai manfaat yang diberikan oleh terumbu karang berbanding terbalik dengan kondisinya, karena terumbu karang dengan kondisinya baik (tutupan di atas 50 persen) hanya sekitar 30%, sedangkan sisanya sebanyak 70% memiliki status kondisi buruk dan cukup (Hadi *et al.*, 2019)

Para ilmuwan memprediksi di wilayah Segitiga Terumbu Karang akan mengalami tekanan panas yang signifikan pada tahun 2050-an, sehingga menyebabkan terumbu karang di perairan dangkal dan hangat diproyeksikan akan mengalami penurunan yang signifikan, bahkan jika emisi gas rumah kaca dapat ditekan ke tingkat yang lebih rendah (Magfirah, 2024). Mengingat besarnya ancaman terhadap kelangsungan hidup terumbu karang, penelitian dan pengembangan metode pemulihan ekosistem ini terus dilakukan. Salah satu teknik yang populer dalam beberapa dekade terakhir adalah transplantasi karang, dan telah mendapatkan perhatian sebagai metode restorasi yang potensial.

Berbagai penelitian terkini telah mengeksplorasi metode dan teknik untuk meningkatkan keberhasilan transplantasi karang, seperti penggunaan substrat buatan, variasi genetik, dan pendekatan berbasis adaptasi lingkungan setempat (Hein et al., 2020). Selain itu, perkembangan teknologi seperti penggunaan cetak 3D dalam pembuatan substrat atau rangka karang juga telah menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam meningkatkan daya rekat dan kelangsungan hidup koloni karang yang ditransplantasi (Doropoulos et al., 2019)

Lebih lanjut, studi mengenai pemilihan jenis karang berdasarkan adaptabilitas dan toleransi mereka terhadap tekanan lingkungan semakin mempertegas pentingnya seleksi spesies dalam proses transplantasi. Penelitian ini menggunakan karang dari Genus *Pocillopora* dan *Stylophora*, karena memiliki laju pertumbuhan yang cepat dan daya adaptasi yang baik, serta merupakan penyusun terumbu karang paling melimpah. Sehingga sering dipilih dalam berbagai penelitian terkait transplantasi di seluruh dunia (Montero-Serra et al., 2019; Bostroöm-Einarsson et al., 2020).

Penelitian tentang transplantasi karang dari kedua genus tersebut telah dilakukan di Indonesia, salah satunya adalah Widiastuti et al. (2023) meneliti tentang pertumbuhan transplantasi karang *Stylophora pistillata* dengan tinggi dan lebar rata-rata 0,93 cm/bulan dan 0,79 cm/bulan. Penelitian-penelitian ini memberikan kontribusi besar dalam memahami dinamika pertumbuhan karang setelah transplantasi, sekaligus mengevaluasi faktor-faktor lingkungan yang

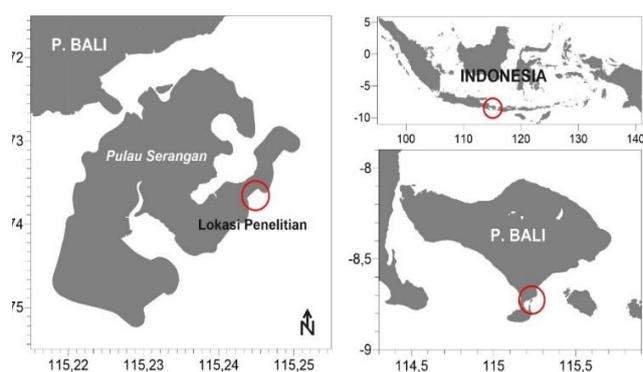
optimal bagi keberhasilan transplantasi di ekosistem lokal.

Pemilihan jenis karang yang disesuaikan dengan kondisi lingkungan akan memberikan keberhasilan transplantasi karang. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan tambahan data empiris yang signifikan untuk mendukung upaya rehabilitasi terumbu karang, khususnya melalui pengujian terhadap genus *Pocillopora* dan *Stylophora* yang sudah memiliki sejarah keberhasilan transplantasi. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat memberikan panduan bagi kebijakan pengelolaan ekosistem laut, baik di tingkat lokal maupun global, serta menyumbangkan temuan praktis bagi pengembangan praktik transplantasi yang efektif dan berkelanjutan.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan saat memasuki musim Monsoon Barat (membawa curah hujan tinggi) yaitu pada bulan Oktober 2016 – Januari 2017, berdurasi selama tiga bulan pengamatan. Lokasi penelitian terletak di bagian Selatan Pantai Serangan, Denpasar, Bali, pada posisi 115°14'59" BT dan 8°41'12" LS. Stasiun penelitian berada ±200 m dari garis pantai di rataan terumbu karang (Gambar 1).

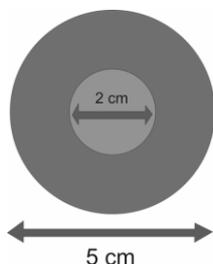


Gambar 1. Lokasi Penelitian

Prosedur Penelitian

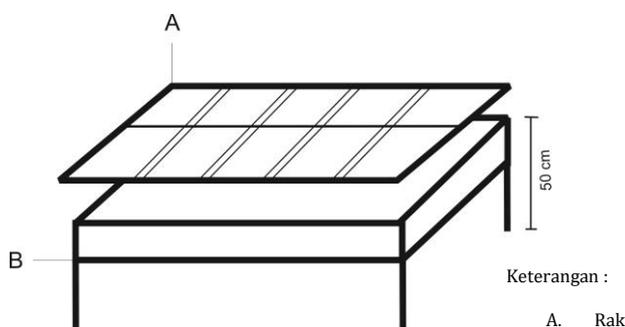
Prosedur penelitian dimulai dengan penentuan lokasi penelitian, persiapan material-material transplantasi, proses pemotongan dan transplantasi karang ke media semen, aklimasi karang, dan pengukuran fisika-kimia oseanografi dan parameter pertumbuhan. Pengamatan dilakukan setiap satu minggu sekali, dan pembersihan karang-karang penelitian setiap tiga hari sekali.

Material transplantasi yang dibutuhkan yaitu masing-masing 32 buah fragmen karang



Gambar 2. Ilustrasi substrat semen

Pocillopora verrucosa dan *Stylophora pistillata*, dempul dan semen sebagai bahan pengikat untuk menempelkan fragmen karang pada substrat semen, karet hitam untuk pengikat substrat pada rak transplantasi dengan ukuran tinggi 50 cm. Substrat semen memiliki diameter dalam dan luar masing-masing 2 cm dan 5 cm (Gambar 2). Fragmen-fragmen karang dipotong dengan ukuran ± 7 cm dari indukan karang, lalu ditanam didalam substrat semen dan diletakan diatas meja rak transplantasi. Ilustrasi meja transplantasi karang sudah sesuai dengan (Suharsono et al., 2013) disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Ilustrasi proses transplantasi karang

Analisis Data

Data yang dikumpulkan selama penelitian adalah pertambahan panjang yang terpanjang secara horizontal (dari atas) dan tinggi yang tertinggi secara vertikal (dari samping), pengukuran ini menggunakan jangka sorong plastik dengan akurasi hingga 0,05 mm. Selain pengukuran horizontal dan vertikal, juga dilakukan pendataan jumlah pertambahan cabang atau koloni karang menggunakan *handcounter* (Prastiwi et al., 2012). Data lingkungan yang dikumpulkan mencakup parameter fisika dan kimia termasuk suhu, salinitas, kecepatan arus, dan kedalaman. Parameter-parameter ini diukur secara mendetail untuk memperoleh gambaran yang komprehensif mengenai kondisi lingkungan tempat penelitian dilakukan.

Pengukuran pertumbuhan karang yang ditransplantasi dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Ricker, 1975).

$$\beta = Lt - Lo$$

Keterangan :

- β = Pertambahan panjang/tinggi fragmen karang
- Lt = Rata-rata panjang/tinggi fragmen karang setelah bulan ke-t
- Lo = Rata-rata panjang/tinggi fragmen karang pada bulan ke-0

Untuk mengukur laju pertumbuhan karang dilakukan dengan persamaan di bawah ini (Ricker, 1975):

$$\beta = \frac{L_i - L_0}{t}$$

Keterangan:

- B = laju pertambahan panjang/lebar fragmen karang transplantasi
- Li = rata-rata panjang atau tinggi fragmen pada waktu ke-i
- Lo = rata-rata panjang atau tinggi fragmen pada waktu awal penanaman
- T = waktu

Menghitung jumlah pertambahan tunas pada karang yang ditransplantasi dilakukan dengan menggunakan persamaan dibawah ini (Ricker, 1975).

$$\Delta C = C_i - C_o$$

Keterangan :

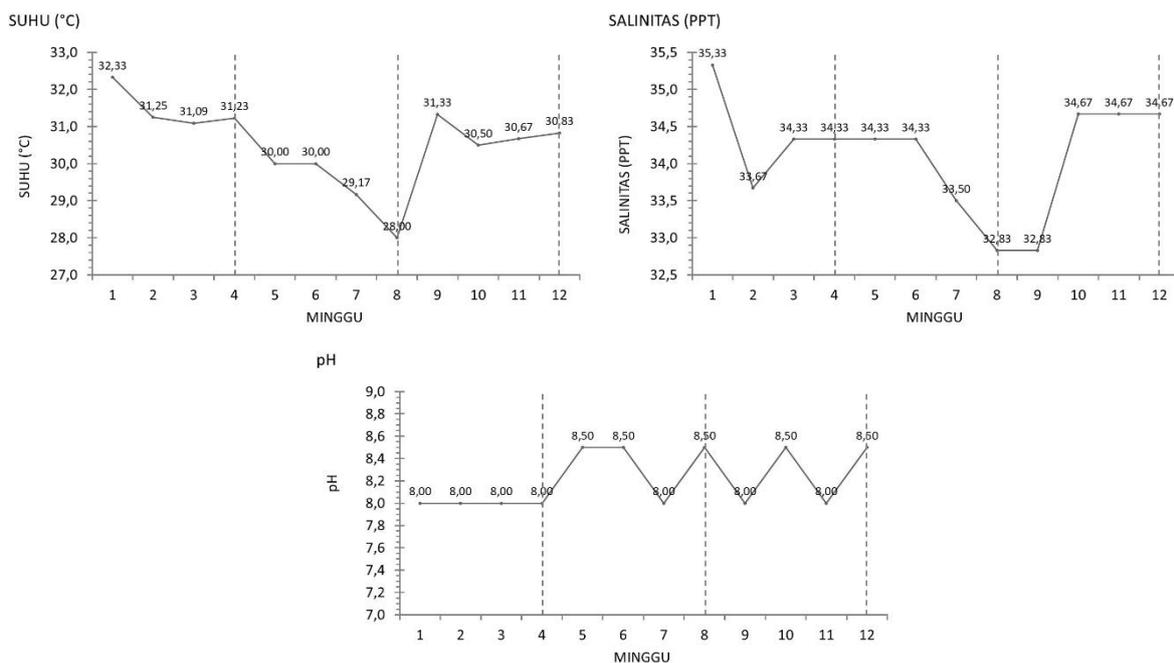
ΔC = pertambahan jumlah tunas

C_i = rata-rata jumlah tunas karang waktu ke-i

C_o = rata-rata jumlah tunas karang waktu ke-0

HASIL DAN PEMBAHASAN

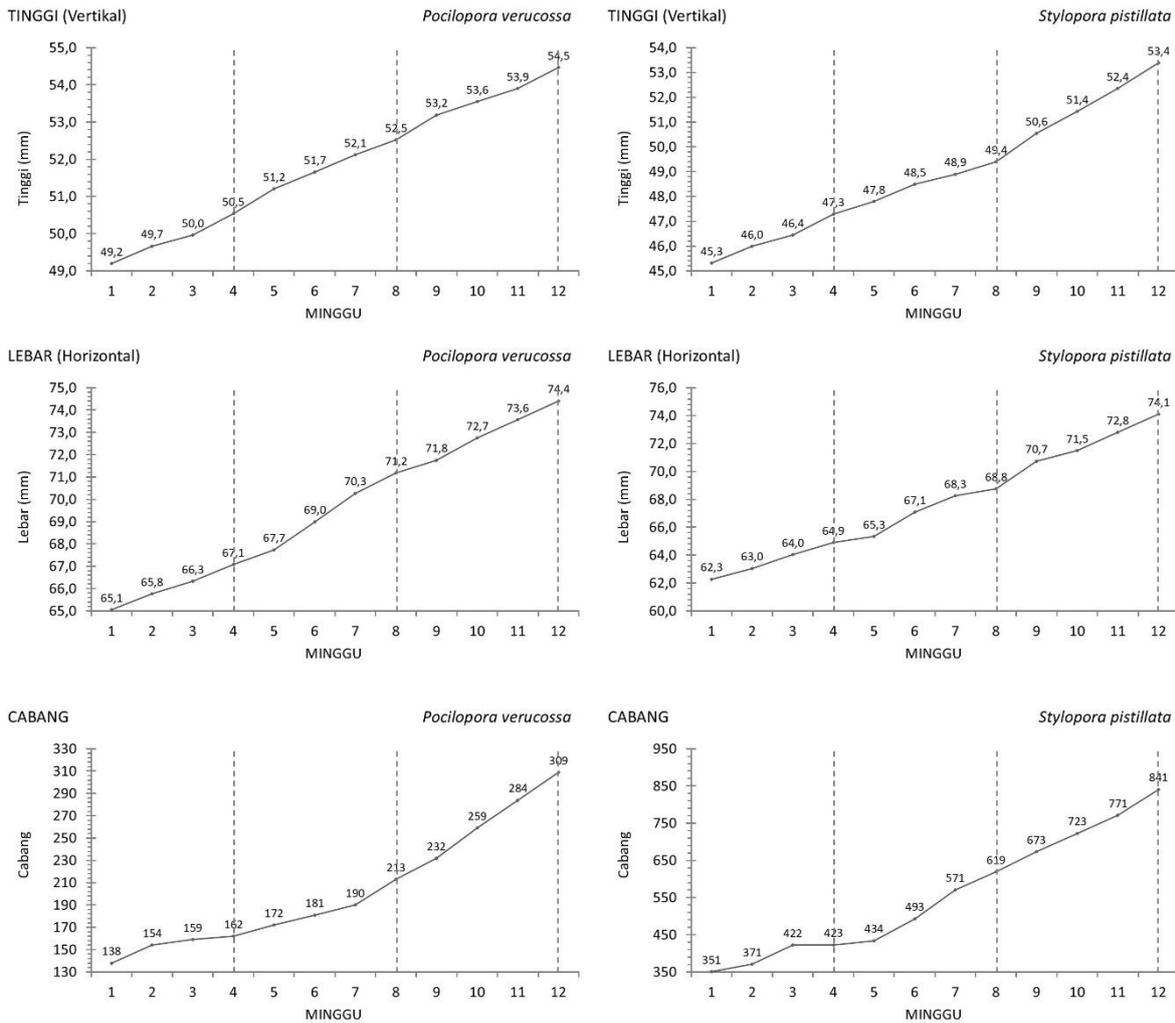
Penyusun utama terumbu karang adalah karang keras (*Scleractinia*) dengan kerangka kalsium karbonat, sehingga struktur dasarnya seperti batu yang keras dan tidak rapuh, namun ternyata struktur dasar yang kokoh tersebut berbanding terbalik dengan kemampuannya untuk beradaptasi pada pergeseran kondisi lingkungan, terutama suhu perairan. Hasil pengukuran parameter fisik-kimia oseanografi selama penelitian dapat di lihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Parameter Fisik-Kimia Oseanografi

Kualitas air di Pantai Serangan menunjukkan suhu air berkisar 28-32,33°C; salinitas 32,83 – 35,33 ppt; dan pH 7,5 - 8,5. Suhu dan salinitas menunjukkan nilai tertinggi pada awal pengamatan (minggu 1), lalu mencapai nilai terendah pada minggu ke 8 pengamatan (bulan Desember). Nilai suhu dan salinitas pada awal pengamatan tersebut sudah berada pada rentang diatas rata-rata kondisi suhu dan salinitas optimal untuk karang tumbuh berdasarkan Menteri Negara Lingkungan Hidup (2004) yaitu 28-30°C dan 33-34 ppt. Jika kondisi suhu tersebut terus berlangsung maka akan menghambat pertumbuhan karang. Sedangkan pada minggu ke-8 pengamatan, terjadi penurunan nilai signifikan dari suhu dan salinitas

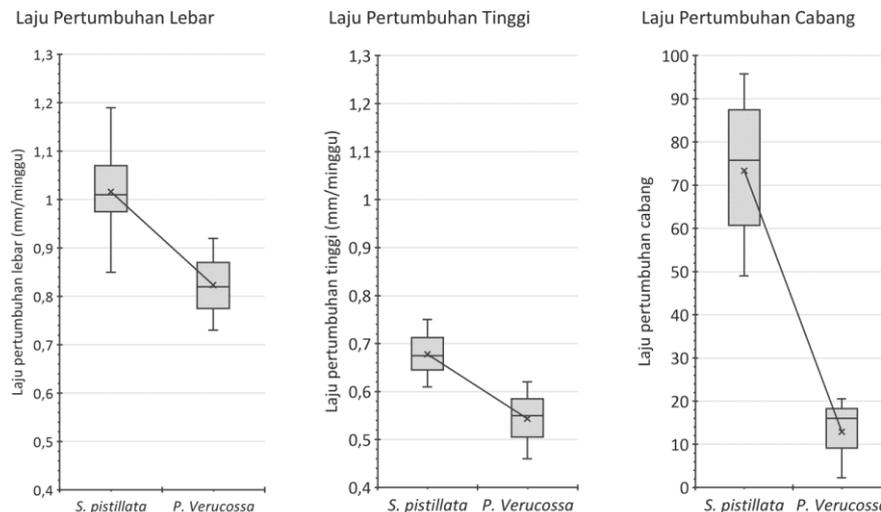
dikarenakan pada akhir bulan Desember terjadi puncak musim penghujan dan musim angin barat di perairan Pantai Serangan, dengan demikian air hujan diduga mempengaruhi suhu dan salinitas di lokasi penelitian. Nilai pH air menunjukkan nilai yang berfluktuasi namun berada pada rentang yang optimal untuk kehidupan karang (Menteri Negara Lingkungan Hidup, 2004). Selama tiga bulan pengamatan, kualitas perairan yang diamati masih dapat ditolerir oleh karang untuk tumbuh dan hidup sehingga didapatkan nilai pertumbuhan menunjukkan peningkatan setiap minggunya. Pertumbuhan kedua jenis karang pada setiap minggu pemeliharaan disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Rata-rata pertumbuhan *P.verucosa* dan *S. pistillata* selama 12 minggu pengamatan

Pengamatan pertumbuhan dua jenis karang transplantasi masing-masing berjumlah 32 fragmen, meliputi tiga variabel pengukuran, yaitu tinggi, lebar, dan jumlah cabang, dengan rata-rata ukuran awal (H-0) penanaman *P.verucosa* masing-masing 48,57 mm; 64,13 mm; 4 cabang/fragmen, sedangkan *S.pistillata* masing-masing 44,55 mm; 61,09 mm; 10 cabang/fragmen. Setelah pengamatan pertumbuhan selama 12 minggu pemeliharaan, diperoleh pertumbuhan rata-rata tinggi, lebar, dan jumlah cabang masing-masing 32 fragmen dari dua jenis karang transplantasi yaitu, *P.verucosa* 54,46 mm; 74,41 mm; 12 cabang/fragmen, dan *S.pistillata* 53,39 mm; 74,10 mm; 26 cabang/fragmen. Dengan demikian, dua

jenis karang transplantasi tersebut mengalami rata-rata pertumbuhan akhir dari tinggi, lebar, cabang masing-masing 5,89 mm; 10,28 mm; 8 cabang/fragmen (*P.verucosa*), dan 8,84 mm; 13,01 mm; 16 cabang/fragmen (*S. pistillata*). Pertumbuhan kedua jenis karang menunjukkan trend pertumbuhan yang meningkat dari minggu ke minggu selama pengamatan. Namun jika dibandingkan dari ketiga variabel pertumbuhan, baik tinggi, lebar, maupun penambahan cabang menunjukkan *S. pistillata* lebih cepat dari pada *P.verucosa*. Hal ini dapat di lihat dari diagram biplot Gambar 7 yang memberi visualisasi mengenai laju pertumbuhan antar kedua jenis karang.



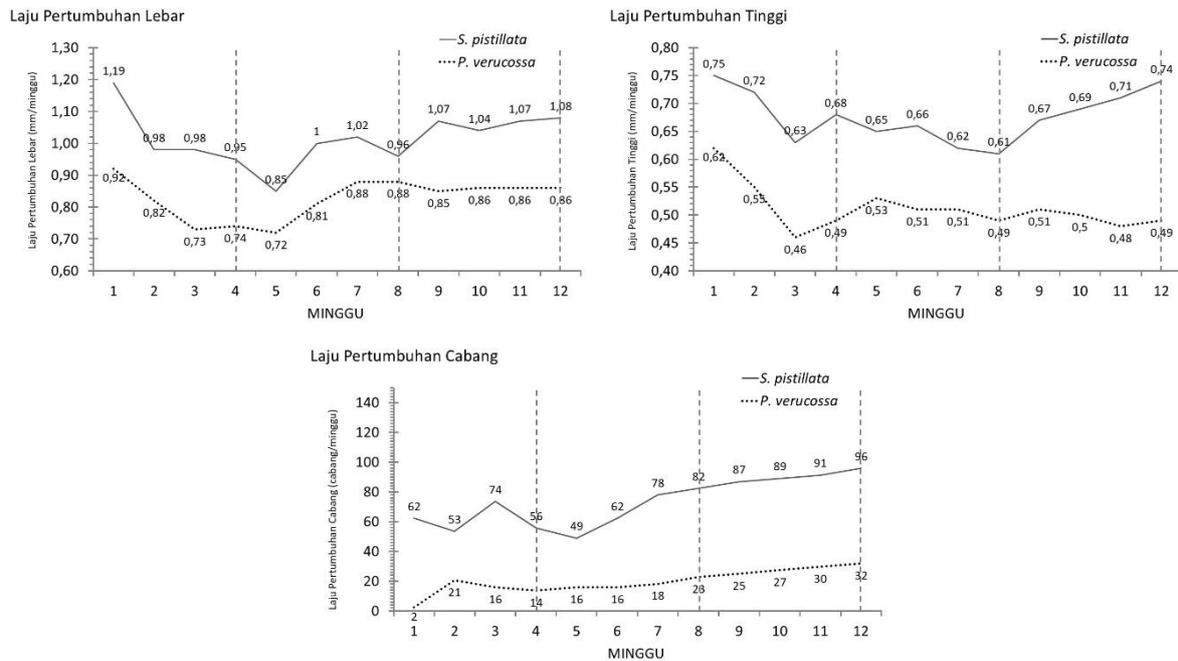
Gambar 7. Diagram biplot laju pertumbuhan *P.verucossa* dan *S. pistillata* selama 12 minggu pengamatan

Kecepatan pertumbuhan dari pengamatan biplot (Gambar 7), terlihat dari ketiga variabel pengamatan bahwa titik yang mewakili *S. pistillata* berada jauh diatas *P.verucossa*, hal ini menunjukkan bahwa laju pertumbuhan *S. pistillata* secara signifikan lebih tinggi dibandingkan *P.verucossa*. Hal ini mengindikasikan perbedaan yang nyata dalam respons kedua spesies terhadap faktor lingkungan atau strategi reproduksi nya. Misalnya mekanisme reproduksi aseksual dengan fragmentasi, yang memungkinkan karang ini lebih cepat menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan. Sementara itu, pada reproduksi seksual cenderung membutuhkan waktu lebih lama untuk mencapai kematangan dan memproduksi keturunan. Perbedaan dalam strategi reproduksi ini dapat mempengaruhi laju pertumbuhannya, dengan *S. pistillata* menunjukkan kemampuan adaptasi yang lebih cepat terhadap kondisi lingkungan yang berubah.

Diketahui kelompok *Stylophora* memiliki kemampuan reproduksi aseksual lebih efektif sehingga membuat kelompok ini lebih cepat tumbuh. Berbeda dengan kelompok *Pocillopora* yang lebih bergantung pada reproduksi seksual

meskipun juga dapat bereproduksi secara aseksual. Terkait kemampuan adaptasi dengan lingkungan, penelitian (Rodgers et al., 2021) menunjukkan hasil penelitian bahwa kelompok *Pocillopora* sangat sensitif terhadap sedimentasi, sementara *Stylophora* dapat bertahan dalam kondisi yang kurang ideal. Sementara itu sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan di Pantai Serangan, Denpasar, Bali ini menunjukkan kecepatan pertumbuhan karang *S. pistillata* lebih tinggi dari seluruh variabel dibandingkan dengan *P.verucossa*.

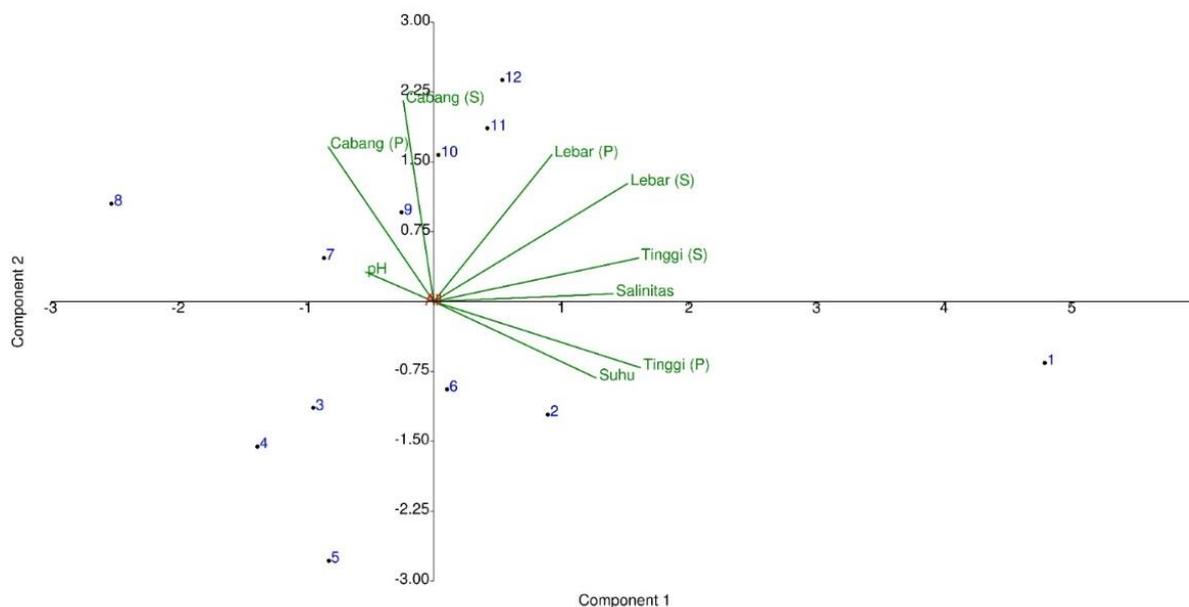
Nilai laju pertumbuhan kedua jenis karang menunjukan nilai berfluktuasi yang disajikan pada Gambar 8, didapatkan rata-rata laju pertumbuhan per bulan *S.pistillata* 0,40 (lebar) dan 0,27 (tinggi) cm/bulan, sedangkan *P.verucossa* 0,33 (lebar) dan 0,20 (tinggi) cm/bulan. Namun pada minggu pengamatan ke-2 dan ke-3 (tahap awal) terjadi penurunan signifikan pada laju pertumbuhan lebar dan tinggi (Gambar 8). Selain itu, pada minggu ke-8 pengamatan, lebar dan tinggi *S.pistillata* menunjukan penurunan laju pertumbuhan. Nilai laju pertumbuhan kedua jenis karang ini menunjukkan beberapa korelasi dengan nilai kualitas perairan yang diamati.



Gambar 8. Rata-rata laju pertumbuhan karang *P.verucossa* dan *S. pistillata* diamati setiap minggu

Laju pertumbuhan lebar dan tinggi kedua jenis karang pada awal pengamatan menunjukkan nilai yang menurun signifikan, hal ini dipengaruhi oleh suhu (32,33°C) dan salinitas (35,33 ppt) tertinggi pada saat itu. Menurut (Wouthuyzen et al., 2020) suhu tinggi menyebabkan karang tertekan dan cenderung melepaskan simbiannya (*zooxanthellae*) yang mana simbion ini menopang 95% kebutuhan makan hewan karang, dengan memberikan gula dan asam amino yang dihasilkan melalui proses fotosintesis. Sehingga, jika simbion pergi ketika suhu tinggi, maka pertumbuhan karang juga akan terhambat. Selain itu, salinitas yang tinggi menyebabkan penurunan laju pertumbuhan karang karena terganggunya homeostatis air dalam jaringan karang, karang

kehilangan air lebih cepat dan menjadi stres (Marcelino & Verbruggen, 2016). Hal ini didukung dari hasil penelitian (Nugroho et al., 2023) bahwa karang lunak *Cladiella* sp. memiliki tingkat kelulusan hidup hanya 40% saat dipelihara didalam aquarium bersalinitas 36 ppt. Lalu, Sifa et al., (2021) menemukan bahwa saat salinitas 35 ppt (hipersalin), densitas zooxanthella menurun dari 2.390.071 sel/cm² menjadi 940.989 sel/cm². Selain faktor lingkungan, penurunan laju pertumbuhan karang pada awal pengamatan juga disebabkan karena habituasi karang pada substrat barunya, karena proses transplantasi menyebabkan luka pada tubuh karang, sehingga hal ini menguras energi karang untuk pemulihan dan mengakibatkan penurunan pertumbuhan sementara.



Gambar 9. Grafik analisis komponen utama (AKU) antara parameter pertumbuhan kedua karang transplantasi dan kualitas air

Analisis Komponen Utama atau *Principal Component Analysis* (PCA) telah dilakukan untuk mengetahui bagaimana pertumbuhan karang *P. verucosa* dan *S. pistillata* terkait dengan dinamika kualitas air selama masa penelitian. Hasil analisis menunjukkan adanya respon yang berbeda dari masing-masing jenis karang terhadap perubahan parameter lingkungan. Misalnya saja, hasil PCA menunjukkan bahwa pertumbuhan tinggi *P. verucosa* sangat dipengaruhi secara positif oleh faktor suhu dan negatif oleh faktor pH. Artinya peningkatan suhu dan penurunan pH akan berpengaruh signifikan terhadap meningkatnya pertumbuhan *P. verucosa*. Untuk *S. pistillata*, pertumbuhan tingginya diketahui lebih dipengaruhi oleh salinitas dibanding suhu. Begitu juga dengan faktor pH, sama-sama berpengaruh terhadap tinggi *S. Pistillata*, namun tidak sekuat pengaruhnya terhadap *P. verucosa*. Untuk parameter pertumbuhan lebar, diketahui bahwa responnya kedua jenis koral relatif sama terhadap perubahan lingkungan. Keduanya sama-sama dipengaruhi oleh salinitas dan suhu, namun pengaruhnya salinitas tercatat lebih kuat dibanding suhu. Untuk pertumbuhan cabang diketahui bahwa pertumbuhan cabang paling banyak terjadi di hari-hari terakhir penelitian, yaitu hari ke tujuh hingga ke dua belas. Untuk parameter lingkungan, diketahui bahwa parameter pH merupakan faktor

yang paling berpengaruh dibanding faktor lingkungan lainnya. Meskipun demikian pengaruhnya tidak terlalu kuat jika dibanding pengaruh terhadap pertumbuhan tinggi.

Menurut (Sriwijayanti et al., 2019) selain faktor fisika-kimia oseanografi, ternyata faktor biologis seperti bintang laut, bulu babi, ikan kakak tua (*Scarrus spp*), ataupun alga juga berperan dalam menghambat pertumbuhan karang. Faktor biologis ini sering ditemukan saat pengambilan data lapangan, terutama bulu babi, bintang laut dan alga. Bintang laut dan bulu babi merupakan predator yang merusak karang dengan memakan polipnya, sementara alga dapat bersaing dengan karang untuk mendapatkan cahaya dan nutrisi, menghambat fotosintesis dan pertumbuhannya. Oleh karena itu, pengendalian biota-biota ini sangat penting dalam penelitian transplantasi karang untuk memastikan keberhasilan pertumbuhannya. Misalnya dapat dilakukan dengan cara pembersihan manual bintang laut, bulu babi, dan alga, serta pemantauan rutin untuk mengatasi masalah alga. Metode ini membantu mendukung pertumbuhan karang yang ditransplantasikan

KESIMPULAN

Penelitian ini menggarisbawahi pentingnya mempertimbangkan pemilihan jenis karang untuk meningkatkan peluang keberhasilan transplantasi karang. Hal dikarenakan jenis karang yang berbeda memiliki tingkat dan laju pertumbuhan yang berbeda. Pada penelitian diketahui bahwa *Stylophora pistillata* menunjukkan pertumbuhan yang lebih tinggi dibanding *Pocillopora verucossa*. Selain itu, kesesuaian jenis karang dengan kondisi lingkungan juga penting dipertimbangkan mengingat jenis karang yang berbeda juga memberikan respon yang berbeda pula terhadap dinamika lingkungan. Pertumbuhan *Stylophora pistillata* tercatat lebih dipengaruhi oleh faktor salinitas, sedangkan *Pocillopora verucossa* sangat dipengaruhi oleh faktor suhu dan pH. Informasi-informasi tersebut sangat berharga dalam memberikan wawasan terkait praktik transplantasi karang, khususnya yang dilakukan secara *in situ* di lapangan. Penelitian-penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk meningkatkan pemahaman kita tentang upaya transplantasi karang di masa yang akan datang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis sampaikan ucapan terima dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada CV. Cahaya Baru, Bali, khususnya Bapak Ilyas dan Bapak Bagus, serta staf yang telah membantu dan menyediakan fasilitas penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Bostroöm-Einarsson, L., Babcock, R. C., Bayraktarov, E., Harrison, P., Cook, N., FerseID, S. C. A., Hancock, B., Stewart-Sinclair, P. J., Hein, M., Shaver, E., Smith, A., Suggett, D., Vardi, T., & McLeod, I. M. 2020. Coral restoration – A systematic review of current methods, successes, failures and future directions. PLOS ONE. <https://doi.org/doi.org/10.5061/dryad.p6r3816>.

Doropoulos, C., Elzinga, J., ter Hofstede, R., van Koningsveld, M., & Babcock, R. C. 2019. Optimizing industrial-scale coral reef restoration: comparing harvesting wild coral

spawn slicks and transplanting gravid adult colonies. Restoration Ecology, 27(4), 758–767. <https://doi.org/10.1111/rec.12918>.

- Hadi, T. A., Abrar, M., Giyanto, Prayudha, B., Johan, O., Budiyanto, A., Dzumalek, A. R., Alifatri, L. O., Sulha, S., & Suharsono. 2019. The Status Of Indonesian Coral Reefs 2019. In Research Center For Oceanography. Research Center for Oceanography (RCO).
- Hein M. Y., McLeod I. M., Shaver E. C., Vardi T., Pioch S., Boström-Einarsson L., A., & M., G. G. 2020. Coral Reef Restoration as a strategy to improve ecosystem services: A guide to coral restoration methods Protecting seagrass View project Shellfish Reef Restoration and Understanding View project (Issue January). <https://www.researchgate.net/publication/348576142>.
- Marcelino, V. R., & Verbruggen, H. 2016. Multi-marker metabarcoding of coral skeletons reveals a rich microbiome and diverse evolutionary origins of endolithic algae. Scientific Reports, 6(August), 1–9. <https://doi.org/10.1038/srep31508>.
- Menteri Negara Lingkungan Hidup. 2004. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 2004, Tentang Baku Mutu Air Laut. <http://ojs.uho.ac.id/index.php/jSIPi>.
- Montero-Serra, I., Garrabou, J., Doak, D. F., Ledoux, J. B., & Linares, C. 2019. Marine protected areas enhance structural complexity but do not buffer the consequences of ocean warming for an overexploited precious coral. Journal of Applied Ecology, 56(5), 1063–1074. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13321>.
- Nugroho, M. G., Zainuri, M., & Nugraha, W. A. 2023. PENGARUH SALINITAS YANG BERBEDA TERHADAP PERTUMBUHAN KARANG LUNAK *Cladiella* sp. Jurnal Kelautan Nasional, 18(1), 23–32.
- Prastiwi, D. I., Soedharma, D., & Subhan, B. 2012. Pertumbuhan karang lunak *Lobophytum strictum* hasil transplantasi pada sistem resirkulasi dengan kondisi cahaya berbeda. In Bonorowo Wetlands. academia.edu. <https://www.academia.edu/download/79698247/1716.pdf>.

- Ricker, W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations (Bulletin 1). Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada. <http://www.dfo-mpo.gc.ca/Library/1485.pdf>.
- Rodgers, K. S., Richards Donà, A., Stender, Y. O., Tsang, A. O., Han, J. H. J., Weible, R. M., Prouty, N., Storlazzi, C., & Graham, A. T. 2021. Rebounds, regresses, and recovery: A 15-year study of the coral reef community at Pila'a, Kaua'i after decades of natural and anthropogenic stress events. *Marine Pollution Bulletin*, 171. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112306>.
- Sifa, Z. F., Purnomo, P. W., Ayuningrum, D., Soedarto, J. P., Tengah, J., & Fax, T. 2021. The Release of Zooxanthellae Density on Coral Acropora sp. at Some Level of Salinity. *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*, 17(2), 151–156.
- Souter, D., Planes, S., Wicquart, J., Logan, M., Obura, D., & Staub, F. 2021. Summary for Policymakers – Status of Coral Reefs of the World: 2020. Status of Coral Reefs of the World: 2020, 7. <https://gcrmn.net/wp-content/uploads/2021/11/Status-of-Coral-Reefs-of-the-World-2020-Summary-for-Policymakers.pdf>.
- Spalding, M., Burke, L., Wood, S. A., Ashpole, J., Hutchison, J., & zu Ermgassen, P. 2017. Mapping the global value and distribution of coral reef tourism. *Marine Policy*, 82 (January), 104–113. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.05.014>.
- Sri Magfirah. 2024. Kenaikan Suhu Laut dan Kerusakan Karang: Analisis Dampak Jangka Panjang Terhadap Ekosistem Terumbu Karang. *Jurnal Multidisiplin West Science*, 03(08), 1195–1203. <https://wnj.westsciencepress.com/index.php/jmws>.
- Sriwijayanti, L. A., Djumanto, & Probosunu, N. 2019. Single and mixed cultivation methods of transplanted pocillopora verrucosa and stylophora pistillata (Anthozoa) in serangan planting areas, Bali, Indonesia. *AAFL Bioflux*, 12(4), 1015–1024.
- Suharsono, Rikoh Manogar Siringoringo, Tri Aryono Hadi, Giyanto, Yosephine Tuti, A. B. dan S. S. 2013. Perkembangan Teknik Transplantasi Karang Di Indonesia. In Pusat Penelitian Oseanografi – Lipi (Issue February 2013).
- Widiastuti, K. A., Yuni, L. P. E. K., & Astarini, I. A. 2023. Stylophora pistillata: Effect of Fragment Size and Water Depth on Growth Rate of Transplanted Coral. *Jurnal Perikanan Universitas Gadjah Mada*, 25(1), 105–116. <https://doi.org/https://doi.org/10.22146/jfs.77207>.
- Wouthuyzen, S., Abrar, M., Corvianawatie, C., Kusumo, S., Yanuar, Y., Darmawan, D., Yennafri, Y., Salatalohi, A., Hanif, A., Permana, S., & Arafat, M. Y. 2020. Kecenderungan Naiknya Suhu Permukaan Laut dan Resiliensi Karang Setelah Kejadian Pemutihan Karang 2010 dan 2016 di Taman Wisata Perairan (TWP) Pulau Pieh, Padang, Sumatra Barat. *Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia*, 5(1), 1–18. <https://doi.org/10.14203/oldi.2020.v5i1.236>.