



Evaluasi Dua Metode Pengukuran Pertumbuhan Karang Bercabang *Pocillopora verrucosa*

Evaluation of Two Methods for Measuring the Growth of the Branching Coral *Pocillopora verrucosa*

Munandar^{1,2*}, Fitria Rahmayanti³, Rudi Hermi⁴, Heriansyah⁴, Syahrul Ramadhan¹

¹Program Studi Ilmu Kelautan, Universitas Teuku Umar

²Program Studi Magister Ilmu Perikanan, Universitas Teuku Umar

³Program Studi Akuakultur, Universitas Teuku Umar

⁴Program Studi Sumber Daya Akuatik, Universitas Teuku Umar

Correspondence :

*munandar@utu.ac.id

Keywords :

Karang
 Pertumbuhan
 Koefisien varian

Article Information :

Article Information :

Submitted: October, 2023

Accepted: October, 2023

Published: October, 2023

DOI: [10.35308/jlik.v5i2.8647](https://doi.org/10.35308/jlik.v5i2.8647)

Abstract

The branching coral *Pocillopora verrucosa* is a coral organism that has an important role in coral reef ecosystems. This study assesses and evaluates the growth of surface area (2D) and linear (1D) for the *P. verrucosa*. Five fragments were used, with 6-8 cm height, which were then placed in the media that has provided. Iron media chains was used to tied the fragments using cable ties. All fragments were photographed horizontally at a fixed distance with an underwater camera vertically. Monitoring was carried out through photography at the time the coral was attached after two months of transplantation. ImageJ software was used to measure the area and linear change of each photo. ANOVA analysis was employed to determine the growth rate of coral fragments based on the measurement method. The results showed that for the surface area (2D) of *P. Verrucosa*, the coefficient of variance value was significantly different ($p < 0.05$) from linear growth measurements (1D).

PENDAHULUAN

Ekosistem terumbu karang terus menghadapi penurunan global, seperti yang disoroti dalam studi Knowlton dan Jackson (2008), Pandolfi *et al.*, (2003), dan Hoegh-Guldberg *et al.*, (2007). Telah diamati bahwa sebanyak 70% terumbu karang di dunia beresiko terancam punah atau telah rusak, terutama akibat aktivitas manusia, dan tekanan lingkungan juga

turut berperan dalam hal ini (Bellwood *et al.*, 2004; Wilkinson, 2008). Ekosistem ini memainkan peran penting dalam mempertahankan dan menghasilkan produksi perikanan yang dapat menghasilkan protein penting dan mengekspornya ke berbagai negara. Selain itu, kawasan ini juga berfungsi sebagai penyangga alami bagi garis pantai yang padat penduduknya, menawarkan prospek ekonomi

melalui pariwisata, dan berfungsi sebagai gudang keanekaragaman hayati, dengan banyak spesies yang belum terdokumentasikan sepenuhnya. Oleh karena itu, degradasi karang merupakan masalah penting dan mendesak dalam skala dunia.

Mengukur ukuran individu koloni karang secara akurat di lingkungan alamnya berkontribusi untuk memajukan pemahaman kita tentang perubahan ekosistem karang. Pengukuran individu koloni karang dapat memberikan informasi tentang struktur komunitas dan populasi serta dinamika pertumbuhan pada terumbu karang (Bak & Meesters, 1998) dan untuk menentukan dampak berbagai perubahan lingkungan (Edmunds & Elahi, 2007). Struktur populasi dan perubahan ukuran koloni individu (pertumbuhan, kematian, kematian sebagian, atau fragmentasi) telah terbukti menunjukkan hubungan erat dengan sejumlah kondisi lingkungan yang berpengaruh, termasuk suhu air (Barott et al., 2009), konsentrasi karbon organik (Cohen & Holcomb, 2009), dan kandungan nitrogen (Pandolfi et al., 2003).

Cara paling langsung untuk mengukur pertumbuhan karang adalah dengan mencatat beberapa dimensi karang setelah jangka waktu tertentu dan mengulangi pengukurannya. Dimensi yang diukur dapat berupa: (a) linier (satu dimensi), contohnya panjang cabang, diameter atau keliling koloni, atau tinggi koloni; (b) luas (dua dimensi), misalnya, luas permukaan suatu koloni pada kasus bentuk-bentuk pertumbuhan yang berkerak, masif, atau mirip lempeng, atau luas planar pada kasus bentuk cabang; (c) volume (tiga dimensi), misalnya volume yang ditempati koloni baik volume koloni yang sebenarnya (biasanya setara dengan volume perpindahan) atau volume total koloni termasuk jarak antar cabang; atau (d) berat, misalnya diukur di udara sebagai berat basah

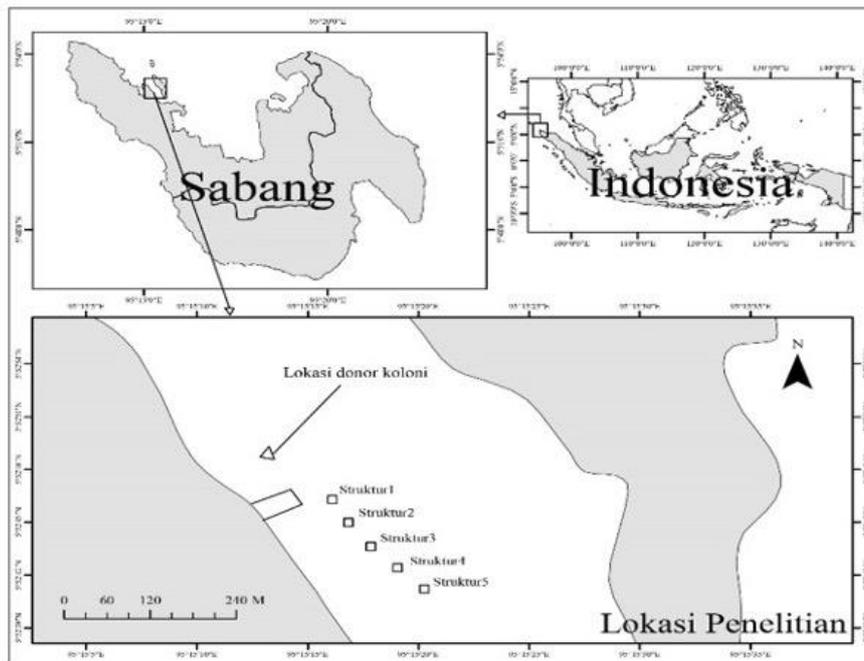
hidup atau di air sebagai berat apung (Buddemeier & Kinzie, 1976).

Karang bercabang *Pocillopora verrucosa* merupakan salah satu organisme karang yang memiliki peran penting dalam ekosistem terumbu karang. Karang ini tidak hanya berkontribusi dalam menyediakan habitat bagi berbagai spesies laut, tetapi juga memiliki peran ekologis yang signifikan dalam menjaga keseimbangan ekosistem terumbu karang. Oleh karena itu, pemahaman yang lebih mendalam tentang pertumbuhan *P. verrucosa* menjadi sangat penting dalam upaya pemeliharaan dan pengelolaan ekosistem terumbu karang yang semakin terancam. Dalam usaha memahami pertumbuhan *P. verrucosa*, berbagai metode pengukuran telah dikembangkan dan digunakan oleh para peneliti (Samidon et al., 2022). Dua metode pengukuran yang paling umum digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengukuran satu dimensional (pengukuran linear) dan metode 2 dimensional (pengukuran luas permukaan). Penelitian ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai perbandingan akurasi, presisi, dan kepraktisan kedua metode ini, serta untuk menentukan metode yang lebih sesuai untuk pengukuran pertumbuhan *P. verrucosa* dalam berbagai konteks ekologis.

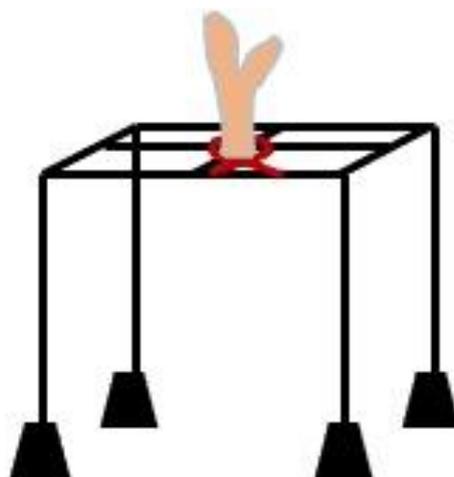
METODE

Desain eksperimen

Lokasi lapangan yang memiliki visibilitas yang memadai telah dipilih agar pengambilan foto karang tidak terhambat. Pemilihan lokasi yang sesuai dengan prosedur penelitian ini, yaitu Pantai Iboih di Sabang (Gambar 1). Setelah itu, dipilih donor karang yang akan ditempatkan di dalam modul sehingga dapat digunakan untuk pengambilan gambar karang. Sumber donor berasal lebih kurang 100m dari titik pelekatan fragmen. Penelitian ini menggunakan bentuk hidup karang bercabang yaitu *P. verrucosa*.



Gambar 1. Lokasi penempatan dan pengambilan fotografi karang



Gambar 2. Ilustrasi media karang

Tabel 1. Rumus pengukuran linier yang digunakan dalam penelitian ini

Pengukuran linier	Pengertian	Rumus
Tinggi (H)	Pengukuran maksimum fragmen dari ujung ke ujung	-
Lebar (B)	Pengukuran maksimum ujung ke ujung yang tegak lurus terhadap tinggi fragmen	-
diameter rata-rata aritmatika (AMD)	Rata-rata tinggi dan lebar fragmen	$(H+B)/2$

Donor tersebut dipotong menjadi lebih kurang 6-8 cm sebanyak 5 koloni karang untuk digunakan sebagai fragmen yang akan dianalisis

tingkat pertumbuhannya. Sebanyak lima individual koloni tersebut selanjutnya diikat dengan menggunakan *cable ties* dan dilekatkan

diatas media yang telah dirancang untuk memudahkan pengambilan fotografi (Gambar 2).

Penelitian ini menggunakan kamera Canon EOS 600D untuk pengambilan data karang berupa foto karang yang dilakukan sebanyak dua kali pengambilan dengan interval waktu 2 bulan. Foto dilakukan pada dua sisi karang yang berbeda mengurangi bias saat menganalisis pertumbuhan karang. Pendekatan berbasis fotografi karang dianalisis menggunakan software ImageJ (Rasband, 2014) untuk mengukur luas permukaan (dua dimensi) dan pengukuran linier (satu dimensi) setiap fragmen.

Analisi data

Data pertumbuhan digunakan untuk membandingkan luas permukaan dan pengukuran linier. Pengukuran linear yang digunakan adalah tinggi, lebar dan rata-rata aritmatika (AMD). Selanjutnya, untuk menganalisis nilai validitas kami membandingkan nilai variasi koefisien antara luas permukaan dan pengukuran linier. Kami menggunakan tiga rumus pengukuran linier termasuk kuadrat tinggi (HS), kuadrat lebar (BS) dan kuadrat diameter rata-rata aritmatika (AMDS) (diadopsi dari Kikuzawa *et al.*, (2018). HS diperoleh dari mengkuadratkan tinggi fragmen yang diukur (H^2), BS diperoleh dari mengkuadratkan lebar fragment yang diukur (B^2), dan kuadrat rata-rata aritmatika (AMDS) diperoleh dari mengkuadratkan nilai rata-rata aritmatika (Tabel 1). Analisis varians satu arah berulang (ANOVA) digunakan diikuti oleh uji perbandingan berpasangan *post-hoc* dengan koreksi Bonferroni untuk mengamati perbedaan signifikan berpasangan di antara uji perbandingan. Semua analisis statistik dilakukan dengan IBM SPSS versi 26.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sejak dua bulan pelaksanaan transplantasi *P. verrucosa* pada rangkaian media, menunjukkan kondisi fragmen yang sehat tetap sehat dan tingkat kelangsungan hidup menunjukkan 100%

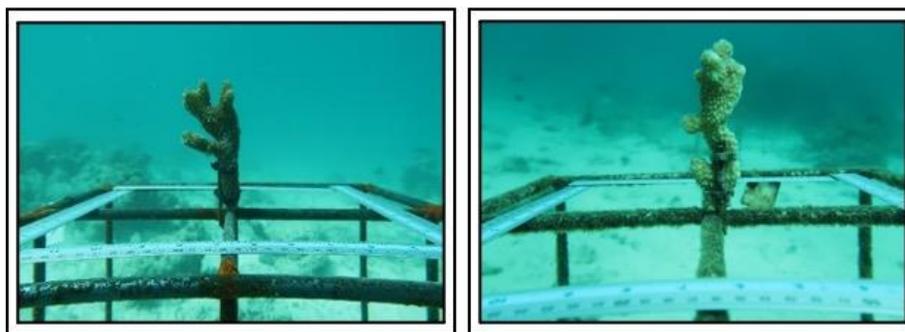
untuk semua fragmen selama periode percobaan (Gambar 3). Tidak adanya kematian atau tingkat stres bagi semua karang percobaan, yang menunjukkan bahwa kondisi lingkungan setelah proses transplantasi tidak memberikan ancaman terhadap kesehatan karang bila diterapkan dengan benar. Selama proses pemindahan dari lokasi donor ke tempat transplantasi baru menunjukkan fragmen dapat beradaptasi dengan lingkungan baru secara baik dan maksimal serta diperkirakan tidak membuat stres pada karang. Selama proses tranplantasi, pengambilan dan pelekatan lakukan didalam laut agar koloni tidak terpapar secara langsung dengan sinar matahari. Selain itu, pemilihan lokasi donor yang tidak lebih dari 100m dari lokasi peletakan media koloni individu baru, agar proses adaptasi fragmen dengan lingkungan baru dapat berjalan dengan baik (Lizcano-Sandoval *et al.*, 2018). Setelah dua bulan interval sejak peletakan transplantasi, fragmen menunjukkan warna yang cerah dan proses pembentukan rekatan dari karang pada daerah *basal plate* ke media terbentuk secara baik dan kuat.

Dalam mengevaluasi pertumbuhan fragmen, software ImageJ digunakan dengan mengukur luas permukaan atau area planar dengan skala. Luas permukaan mengacu pada area jaringan hidup yang diukur dengan perangkat lunak (Kikuzawa *et al.*, 2018). Oleh karena itu, fragmen yang terdapat alga pada permukaannya maka area tidak dihitung. Dua sisi digunakan sebagai indikator perubahan luas bidang pada spesies karang bercabang (Munandar *et al.*, 2023). Setelah itu, rata-rata pengukuran luas permukaan fragmen ditabulasikan ke dalam Microsoft excel. Kemudian diperiksa tingkat pertumbuhan karang tersebut. Selanjutnya pengukuran linier fragmen karang bercabang digunakan untuk dibandingkan dengan hasil luas permukaannya. Tiga rumus pengukuran linier digunakan termasuk kuadrat tinggi (HS), kuadrat lebar (BS) dan kuadrat diameter rata-rata aritmatika (AMDS). Perbandingan ini memberikan informasi seberapa besar perbedaan yang terjadi

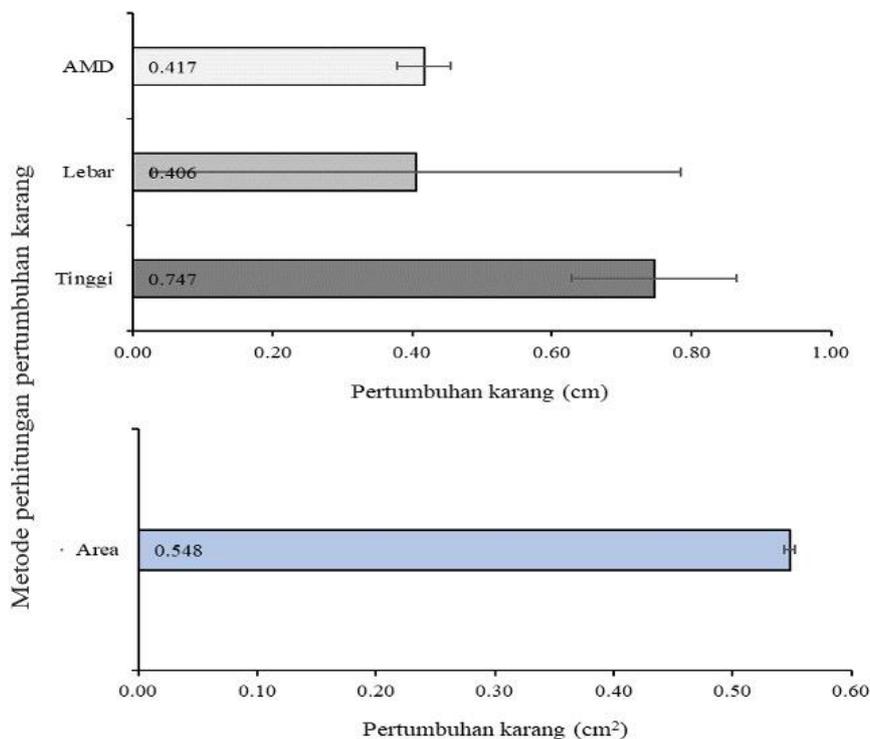
antara dua pendekatan pengukuran yang berbeda.

Sebanyak 20 foto *P. verrucosa* telah dikumpulkan dan dianalisis selama 2 kali pemantauan. Rata-rata luas permukaan *P. verrucosa* pada pemantauan pertama dan kedua masing-masing adalah 9,786 (SE ±0,640) cm² dan 10,334 (SE ±0,669) cm². Hasil perhitungan peningkatan luas permukaan *P. verrucosa* selama dua bulan interval adalah 0,548 (SE ±0,038) cm². Hasil ini jauh berbeda dengan hasil penelitian Samidon et al., (2022) pada pertumbuhan fragmen *P. verrucosa* yang ditransplantasi dengan

media biorock dengan tingkat pertumbuhan luas permukaan sebesar 5,35 (SE ±2.08) cm² pada interval 4 bulan. Sedangkan analisis pertumbuhan menggunakan pendekatan pengukuran liner yaitu tinggi, lebar dan AMD pada interval selama dua bulan masing-masing sebesar 0,747 (SE ±0,202), 0,406 (SE ±0,362) dan 0,417 (SE ±0,115) (Gambar 4). Penelitian yang dilakukan oleh Kikuzawa et al., (2018) menunjukkan hasil yang tidak jauh berbeda dalam perhitungan pertumbuhan liner tinggi dan lebar pada *Pocillopora acuta* dengan nilai R² sebesar 0,531 dan lebar 0,635.



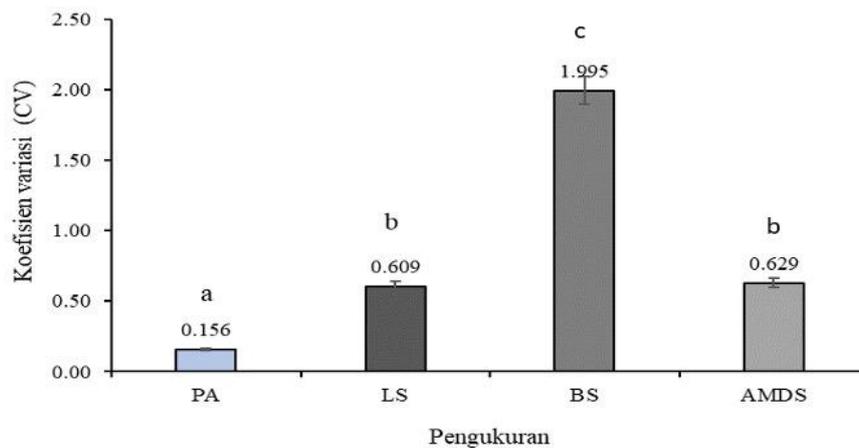
Gambar 3. *P. verrucosa* dengan ukuran 6-8 cm yang diikat pada media



Gambar 4. Pertumbuhan karang dengan dua metode yang berbeda

Selanjutnya, dibandingkan secara deskriptif setiap uji ANOVA pengukuran luas permukaan dengan pengukuran linier. Dalam hal ini, pengukuran linier diwakili oleh kuadrat tinggi kuadrat, kuadrat lebar, dan kuadrat diameter rata-rata aritmatika (AMDS). Koefisien variasi (CV) pada pengukuran luas permukaan pada *P. verrucosa* merupakan yang terkecil di antara semua pengukuran linear pada fragmen uji (0,156) (Gambar 5). CV pengukuran luas permukaan berbeda secara statistik dari semua pengukuran linier ($p < 0,01$). Selain itu, tidak ada perbedaan yang signifikan antara semua pengukuran linier lebar kuadrat dan kuadrat diameter rata-rata aritmatika ($p > 0,05$). Pengukuran luas permukaan menunjukkan ketahanan atau kestabilan yang lebih tinggi dibandingkan pengukuran linier lainnya berdasarkan hasil koefisien variasi, karena karang tumbuh dalam 3 dimensi (Fabricius dan Alderslade, 2001). Koefisien variasi, yaitu simpangan baku dibagi rata-rata,

berfungsi sebagai ukuran presisi dalam analisis (Hellström dan Benzie, 2011). Saat memperkirakan pertumbuhan *P. verrucosa* menggunakan luas permukaan sebagai proksi, koefisien variasi luas permukaan menunjukkan presisi yang tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa pengukuran dua dimensi umumnya mengungguli pengukuran linier, sehingga kinerja pengukuran dua dimensi yang lebih unggul dibandingkan pengukuran satu dimensi. Namun, ketika pengukuran dalam satu dimensi adalah satu-satunya pilihan, pengukuran AMD dapat berfungsi sebagai alternatif untuk mengukur pertumbuhan karang bercabang. Meskipun penggunaan pemindaian 3D atau CT dapat memberikan perkiraan pertumbuhan karang yang lebih tepat, analisis menggunakan 2D dapat mewakili pendekatan yang lebih hemat biaya dan non-invasif untuk mengukur pertumbuhan karang di lapangan.



Gambar 5. Perhitungan koefisien varian (CV) pada setiap pengukuran pertumbuhan karang

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menyoroti pemanfaatan indikator pertumbuhan karang dengan metode perubahan linear (1D) dan perubahan luas permukaan atau bidang datar (2D) sebagai bagian penting dalam mengukur pertumbuhan karang *in situ*. Penelitian ini menggunakan karang bercabang sebagai bentuk hidup karang yang sering digunakan untuk merehabilitasi ekosistem terumbu karang. Sebanyak lima fragmen

digunakan dengan interval pertumbuhan dua bulan untuk jenis *P. verrucosa*. Fragmen tersebut menunjukkan kesehatan dan kecerahan sepanjang masa percobaan. Tingkat pertumbuhan linear tinggi, lebar dan AMD sebesar 0,747 (SE $\pm 0,202$), 0,406 (SE $\pm 0,362$) dan 0,417 (SE $\pm 0,115$) secara berurutan. Selanjutnya perubahan luas permukaan sebesar 0,548 (SE $\pm 0,038$) cm² sejak ditransplantasi. Penelitian ini juga mengevaluasi dan

membandingkan metode pengukuran pertumbuhan 1D dan 2D dengan membandingkan koefisien variasi (CV) masing-masing. CV pada pengukuran luas permukaan (2D) pada *P. verrucosa* merupakan yang terkecil di antara semua pengukuran linear pada fragmen uji (0,156).

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Kemendikbud Ristek melalui Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian Kepada Masyarakat yang telah memberikan kesempatan kepada kami untuk melaksanakan program riset PDP dengan nomor kontrak induk 172/E5/PG.02.00.PL/2023 dan kontrak turunan 61/UN59.7/PG.02.00.PT/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Bak, R. P. M., & Meesters, E. H. (1998). Coral population structure: The hidden information of colony size-frequency distributions. *Marine Ecology Progress Series*, 162(February 1998), 301–306. <https://doi.org/10.3354/meps162301>
- Barott, K., Smith, J., Dinsdale, E., Hatay, M., Sandin, S., & Rohwer, F. (2009). Hyperspectral and Physiological Analyses of Coral-Algal Interactions. *PLoS ONE*, 4(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0008043>
- Bellwood, D. R., Hughes, T. P., Folke, C., & Nyström, M. (2004). Confronting the coral reef crisis. *Nature*, 429(6994), 827–833. <https://doi.org/10.1038/nature02691>
- Buddemeier, R. W., & Kinzie, R. A. (1976). Coral growth. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.*, 759, 32–43. <https://doi.org/10.4324/9781315265353-4>
- Cohen, A. L., & Holcomb, M. (2009). Why corals care about ocean acidification uncovering the mechanism. *Oceanography*, 22(SPL.ISS. 4), 118–127. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2009.102>
- Edmunds, P. J., & Elahi, R. (2007). The demographics of a 15-year decline in cover of the Caribbean reef coral *Montastraea annularis*. *Ecological Monographs*, 77(1), 3–18. <https://doi.org/10.1890/05-1081>
- Fabricius, K., & Alderslade, P. (2001). *Soft corals and sea fans: a comprehensive guide to the tropical shallow water genera of the central-west Pacific, the Indian Ocean and the Red Sea*. Australian Institute of Marine Science, 264.
- Hellström, M., & Benzie, J. A. H. (2011). Robustness of size measurement in soft corals. *Coral Reefs*, 30(3), 787–790. <https://doi.org/10.1007/s00338-011-0760-4>
- Hoegh-Guldberg, O., Muller-Parker, G., Cook, C. B., Gates, R. D., Gladfelter, E., Trench, R. K., & Weis, V. M. (2007). Len Muscatine (1932–2007) and his contributions to the understanding of algal-invertebrate endosymbiosis. *Coral Reefs*, 26(4), 731–739. <https://doi.org/10.1007/s00338-007-0320-0>
- Kikuzawa, Y. P., Toh, T. C., Ng, C. S. L., Sam, S. Q., Taira, D., Afiq-Rosli, L., & Chou, L. M. (2018). Quantifying growth in maricultured corals using photogrammetry. *Aquaculture Research*, 49(4), 2249–2255. <https://doi.org/10.1111/are.13683>
- Knowlton, N., & Jackson, J. B. C. (2008). Shifting baselines, local impacts, and global change on coral reefs. *PLoS Biology*, 6(2), 0215–0220. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0060054>
- Munandar, M., Chiu, Y. C., Chou, C. C., Rahmayanti, F., Faiqoh, E., & Liu, S. Y. V. (2023). Evaluating the feasibility of measuring planar area of *Sclerophyllum penguense* and *Cladiella hartogi* using 2D image analysis. *Bulletin of Marine Science*, 94(0).
- Pandolfi, J. M., Bradbury, R. H., Sala, E., Hughes, T. P., Bjorndal, K. A., Cooke, R. G., McArdle, D., McClenachan, L., Newman, M. J. H., Paredes, G., Warner, R. R., & Jackson, J. B. C. (2003). Global trajectories of the long-term decline of coral reef ecosystems. *Science*, 301(5635), 955–958. <https://doi.org/10.1126/science.1085706>
- Samidon, M., Razi, N. M., Agustiar, M., Harahap, P. B., Najmi, N., Bahri, S., & Liu, S. Y. V. (2022). In-situ electro-stimulation enhanced branching but not massive

scleractinian coral growth. *Frontiers in Marine Science*, 9(September), 1–13.
<https://doi.org/10.3389/fmars.2022.917360>

Wilkinson, C. (2008). *Status of coral reefs of the world: 2008. Global Coral Reef Monitoring Network and Reef and Rainforest Research Centre, Townsville, Australia*, 296 p.