

Coral Point Count With Excel Extensions (Cpce) Software: Coral Reef Condition At Small Islands In Indonesia

Risnita Tri Utami^{1*}, Yulfiperius², Fahresa Nugraheni Supadminingsih³, Julian Saputra⁴ 

^{1,2} Program Studi Akuakultur, Universitas Prof. Dr. Hazairin, SH Bengkulu, Indonesia

³ Program Studi Ilmu Perikanan, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Serang, Indonesia

⁴ Program Studi Kelautan, Yayasan Keanekaragaman Hayati Indonesia Jakarta, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received January 12, 2022

Revised January 19, 2022

Accepted March 14, 2022

Available online April 25, 2022

Kata Kunci:

Komunitas Karang Tropis, Penghitungan Titik Acak

Keywords:

Tropical Coral Community, Random Point Count, Coral Reef Assessment, Photo Techniques



This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2022 by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha.

ABSTRAK

Terumbu karang adalah ekosistem laut yang menyediakan rumah bagi sekitar 25% organisme laut. Beberapa dekade terakhir, penggunaan metode Underwater Photo Transect (UPT) untuk pemantauan terumbu karang semakin populer. Penelitian ini bertujuan untuk memantau kondisi terumbu karang di Pulau Dua, Pulau Tikus, Pulau Belanda, dan Pulau Dapur. Penelitian ini menggunakan software Coral Point Count with Excel extensions (CPCe), untuk meningkatkan efisiensi upaya pemantauan terumbu karang. Transek foto diambil dengan penyelaman scuba. Foto komunitas terumbu karang diambil setiap 1m di sepanjang garis transek sepanjang 50m. Sebanyak 30 sampel titik acak dipilih untuk setiap foto. Beberapa foto digabungkan dan untuk setiap titik dikodekan sesuai dengan kode masing-masing kategori, biota, dan substrat pada titik acak. Hasil penelitian menunjukkan kondisi terumbu karang di Bengkulu termasuk dalam kategori sedang hingga baik, sedangkan kondisi terumbu karang di Kepulauan Seribu termasuk dalam kategori buruk hingga. Genus karang yang paling banyak ditemukan di Bengkulu adalah Porites dan Pocillopora, sedangkan di Kepulauan Seribu adalah Porites dan Acropora.

ABSTRACT

Coral reefs are marine ecosystem that provide homes at less 25% of all marine species. In the last decade, the use of Underwater Photo Transect (UPT) methods for coral reef monitoring has gained increased popularity. This study aimed to monitoring of coral reef condition at Dua Island, Tikus Island, Belanda Island, and Dapur Island. This study used Coral Point Count with Excel extensions (CPCe) software, to increase the efficiency of coral reef monitoring efforts. Photo transects were conducted by scuba diving. Coral reef community image was capture for every 1m across 50m transect line. A total of 30 random point samples was selected for each photo frame. Multiple photo frame were combine and for each point coded according to the code of each category, biota, and substrate at the random point. The results showed that the condition of the coral reefs in Bengkulu was in the fair to good category, while the condition of the coral reefs in the Seribu Islands was in the poor to fair category. The most common coral genera found in Bengkulu are Porites and Pocillopora, while in the Seribu Islands are Porites and Acropora.

1. PENDAHULUAN

Terumbu karang merupakan ekosistem esensial di lingkungan pesisir (Awak et al., 2016; Ramadhani et al., 2015). Namun dalam beberapa tahun terakhir terumbu karang di dunia mengalami kerusakan. Kerusakan parah terjadi pada tahun 1998 dan terakhir pada tahun 2015/2016 akibat fenomena El-Niño dan La-Niña yang menyebabkan pemutihan karang global (*global coral bleaching*) (Claar et al., 2018; Hadi et al., 2020). Kondisi terumbu karang Indonesia pada tahun 2019 secara umum adalah 6.42% berstatus sangat baik, 22.38% dalam kondisi baik, 37.38% dalam kondisi cukup dan 33.82% dalam kondisi buruk (Hadi et al., 2020). Penyebab kerusakan terumbu karang di antaranya karena meningkatnya tekanan antropogenik, pemakaian alat tangkap yang merusak, peningkatan pencemaran, perubahan iklim global yang menyebabkan pemutihan karang, serta penyakit karang dan predasi (Castro-Sanguino et al., 2022; Forrester, 2020; Mellin et al., 2016). Walaupun kontribusi terumbu karang sangat besar, namun terumbu karang merupakan ekosistem paling terancam di planet ini, terutama karena tekanan antropogenik yang mengakibatkan menurunnya resistensi hewan karang, meningkatkan proliferasi bakteri patogen, serta membantu mentransmisi penyakit pada karang (Cramer et al., 2012; Sura et al., 2021).

*Corresponding author.

E-mail addresses: risnita.triutami@gmail.com (Risnita Tri Utami)

Kepulauan Seribu merupakan pulau daratan rendah (Low Islands), dimana ketinggian daratannya dari muka laut tidak besar (Abdul et al., 2018; Prasetyo et al., 2016). Pulau ini dapat berasal dari pulau-pulau vulkanik maupun non vulkanik. Pulau-pulau dari tipe ini paling rawan terhadap bencana alam karena relatif datar dan rendah yang menyebabkan massa air dari bencana alam yang datang ke pulau tersebut akan masuk jauh ke tengah pulau. Pulau Belanda merupakan zona inti pelestarian terumbu karang dari Kepulauan Seribu dan termasuk ke dalam Kecamatan Kepulauan Seribu Utara, sedangkan Pulau Dapur saat ini telah tenggelam akibat eksploitasi pasir laut, masuk ke dalam Kecamatan Kepulauan Seribu Selatan (BPS Kabupaten Kepulauan Seribu, 2017). Pulau Dua, Enggano merupakan pulau terluar Indonesia yang berada di bagian barat Bengkulu dan masuk ke dalam Kabupaten Bengkulu Utara, sedangkan Pulau Tikus berada di barat Kota Bengkulu (BPS Kota Bengkulu, 2018). Berdasarkan permasalahan tersebut, maka diperlukan solusi untuk melestarikan terumbu karang. Sumber daya terumbu karang dan ekosistemnya adalah sumber daya alam bernilai sangat tinggi (Ballesteros et al., 2018; Tseng et al., 2015). Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Terumbu Karang merupakan habitat 25% bagi semua biota laut dan merupakan salah satu ekosistem dunia yang mudah rapuh dan mudah punah. Oleh karena itu, pengelolaan ekosistem terumbu karang sangat penting untuk menjaga fungsinya (Razak et al., 2022; Webler & Jakubowski, 2016). Terumbu karang menyumbangkan kekayaan nilai yang sangat besar dalam pembangunan laut. Pelestarian terumbu karang dapat dilakukan dengan cara menjaga kebersihan sungai, mencegah erosi, menangkap ikan tanpa merusak karang dan sosialisasi pentingnya terumbu karang bagi masyarakat (Gibbs & Newlands, 2022; Qin et al., 2021; Santodomingo et al., 2020). Selain itu pelestarian terumbu karang juga dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi.

Kemajuan teknologi saat ini telah banyak digunakan dalam berbagai bidang penelitian. Penggunaan metode fotografi dan video digunakan untuk meningkatkan efisiensi dalam pemantauan ekosistem terumbu karang. Salah satunya adalah program Coral Point Count with Excel extensions (CPCe) yang ditemukan oleh Kohler pada tahun 2006. CPCe merupakan perangkat lunak dasar visual yang dirancang dengan cepat dan efisien untuk menghitung statistik tutupan karang di suatu wilayah tertentu melalui bantuan foto transek. Foto ini diambil dengan menggunakan metode Underwater Photo Transect (UPT). CPCe dapat melakukan kalibrasi gambar, analisis area fitur bentuk, dan memiliki kemampuan untuk melakukannya secara otomatis melalui analisis di Microsoft Excel (Kohler & Gill, 2006). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kondisi terumbu karang terkini di Bengkulu yaitu Pulau Enggano dan Pulau Tikus serta Kepulauan Seribu, Jakarta yaitu Pulau Belanda dan Pulau Dapur.

2. METODE

Fokus lokasi penelitian ini yaitu Pulau Dua (Enggano) dan Pulau Tikus, Bengkulu serta Pulau Belanda dan Pulau Dapur, Kepulauan Seribu. Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian deskriptif dimana suatu penelitian yang berusaha menjawab permasalahan yang ada berdasarkan data-data. Pengambilan data menggunakan alat selam (SCUBA) dengan menggunakan metode Underwater Photo Transect (UPT) dengan luas transek $0,5 \times 0,5 \text{ m}^2$ (Giyanto et al., 2014). Gambar digital diperoleh dengan menggunakan Canon Power Shot G16, kamera digital zoom optik 5x; dengan wadah kedap air bawah air WP-DC52 (kapasitas kedalaman hingga 40m/130 kaki) dipasang pada foto kuadrat bawah air. Delapan jalur transek diletakkan, dengan masing-masing transek memiliki panjang 50 meter dan kedalaman sekitar 2 meter (transek 1 dan 2) hingga 5-10 meter (transek 3 dan 4). Gambar diambil untuk setiap 1m sepanjang garis transek 50m. Pemotretan dimulai dari meter ke 1 pada bagian sebelah kiri garis transek, dilanjutkan meter ke 2 pada bagian kanan garis transek dan seterusnya hingga akhir transek. Oleh karena itu, setiap transek diambil lima puluh foto, dengan total 800 foto. Foto-foto dianalisis melalui penggunaan perangkat lunak CPCe (Kohler & Gill, 2006). Sedangkan identifikasi terumbu karang berdasarkan buku panduan (Giyanto et al., 2014).

Sebelum berkembangnya software untuk analisis foto, objek diberi frame atas beberapa grid agar bisa diperkirakan persentase tutupan karang. Semakin berkembang teknologi, software CPCe digunakan untuk pemrosesan analisis foto. Perangkat lunak CPCe dirancang untuk menghitung tutupan karang secara statistik dengan cepat dan efisien di area tertentu. Pengoperasian CPCe terdiri dari penentuan bingkai foto, penentuan batas bingkai, overlay titik acak, mengidentifikasi jenis substrat yang terletak di bawah setiap titik acak, dan menyimpan data ke format file *.cpc. data dari file .cpc dapat digabungkan untuk menghasilkan spreadsheet Excel. (Kohler & Gill, 2006). Persentase tutupan masing-masing kategori biota dan substrat untuk setiap frame foto menggunakan rumus (Giyanto et al., 2014). Klasifikasi kondisi terumbu karang berdasarkan persentase penutupannya disajikan pada Tabel 1 (Zamani & Madduppa, 2011).

Tabel 1. Baku Kerusakan Terumbu

Parameter	Kriteria Baku Kerusakan Terumbu Karang (dalam %)		
Persentase luasan tutupan terumbu yang hidup	Rusak	Buruk	0 – 24,9
		Sedang	25 – 49,9
	Baik	Baik	50 – 74,9
		Baik Sekali	75 – 100

Keterangan: Persentase luas tutupan terumbu karang yang hidup yang dapat ditenggang: 50-100%

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

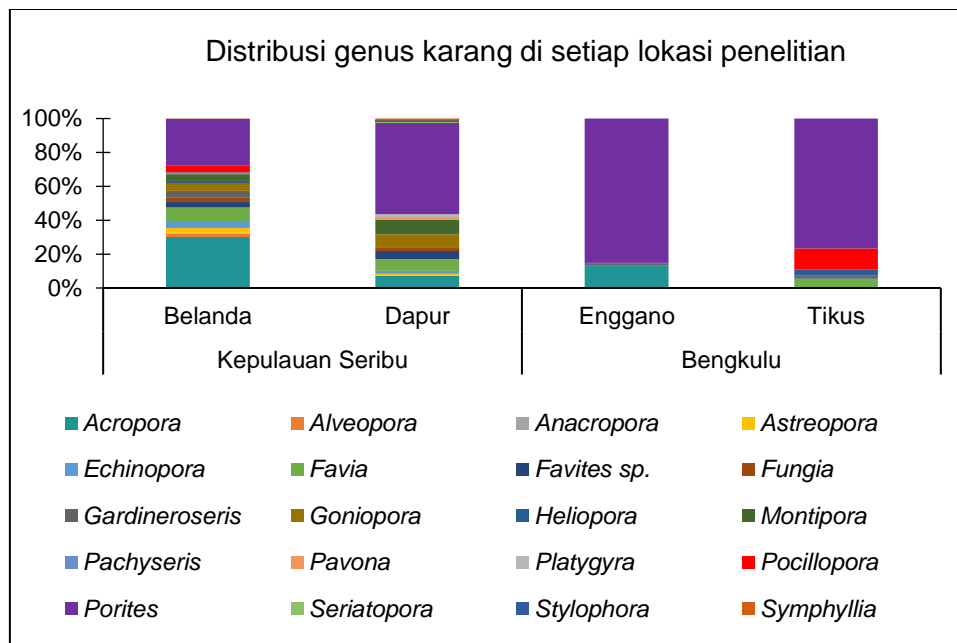
CPCe merupakan software yang dapat menghitung secara cepat dan efisien tutupan karang di suatu area. Salah satu fitur CPCe adalah dapat menganalisis dan menginput data ke Microsoft excel. Kategori di dalam menghitung tutupan karang dapat terlihat pada Tabel 2. Tutupan karang di Bengkulu termasuk ke dalam kategori sedang hingga baik, sedangkan di Kepulauan Seribu termasuk ke dalam kategori buruk hingga sedang. Persentase tutupan bentik habitat kategori abiotik dalam hal ini yang dimaksud adalah tutupan dari rock, sand, rubble dan silt pada lokasi pengamatan dijumpai cukup tinggi. Rubble di Bengkulu berkisar antara 15.37%-17.43%, sedangkan di Kepulauan Seribu berkisar 26.13%-41.67%.

Tabel 2. Kategori dengan persentase rata-rata ditemukan di setiap transek

Kategori (% Transek)	Bengkulu		Kepulauan Seribu	
	Pulau Dua	Pulau Tikus	Pulau Belanda	Pulau Dapur
Coral (C)	37,27	53,2	29,14	16,60
Dead Coral (Dc)				
Dead Coral With Algae (Dca)	0	0,00	3,70	0,10
Recently Dead Coral (Rdc)	1,07	1,87	1,37	0,63
Other Biota (Other)				
Ascidians, Anemones, Gorgonians, Giant Clams, Etc (Ot)	20,57	0,04	2,13	11,60
Sponges (Sp)	3,33	8,94	1,50	6,97
Zoanthids (Zo)	0,17	0,00	0,00	0,00
Algae (Algae)				
Halimeda (Ha)	0,00	0,00	0,90	0,00
Algae Assemblage (Aa)	2,77	0,00	1,23	0,93
Coraline Algae (Ca)	0,77	0,00	0,63	1,07
Macroalgae (Ma)	0,00	0,00	7,73	0,00
Turf Algae (Ta)	2,03	0,94	0,93	0,80
Abiotik (Abiotik)				
Rock (Rck)	0,03	0,00	13,27	3,10
Rubble (R)	17,43	15,37	26,13	41,67
Sand (S)	14,57	12,07	11,33	16,53
Silt	0,00	7,59	0,00	0,00
Total	100,00	100,00	100,00	100,00

Komposisi dan Biodiversitas Komunitas Karang

Secara umum terdapat 20 genus karang yang termasuk ke dalam 8 famili yang teridentifikasi menggunakan software CPCe. (Gambar 3). Jenis karang yang ditemukan pada lokasi penelitian yaitu *Acropora*, *Alveopora*, *Anacropora*, *Astreopora*, *Echinopora*, *Favia*, *Favites*, *Fungia*, *Gardineroseris*, *Goniopora*, *Heliopora*, *Montipora*, *Pachyseris*, *Pavona*, *Platygyra*, *Pocillopora*, *Porites*, *Seriatopora*, *Stylophora* dan *Symphyllya*. *Porites* dan *Acropora* merupakan genus karang yang paling banyak ditemukan di Kepulauan Seribu, sedangkan *Porites* dan *Pocillopora* merupakan genus karang yang paling banyak ditemukan di Bengkulu.



Gambar 2. Distribusi genus karang di setiap lokasi penelitian

Keanekaragaman genus karang ditemukan berkisar antara 0.98-1.24 (Tabel 3), dimana semakin tinggi nilai indeks keanekaragaman menunjukkan bahwa semakin beragamnya genus karang pada lokasi pengamatan tersebut. Nilai keanekaragaman tertinggi didapati pada Pulau Belanda, hal ini juga diikuti dengan jumlah genus terbanyak pada stasiun tersebut yakni sebanyak 17 genus karang, sementara genus yang paling sedikit ditemukan adalah pada Pulau Enggano. Selanjutnya dominansi menunjukkan adanya suatu spesies yang mendominasi atau tidak, kisaran nilai indeks dominansi adalah 0 sampai 1 (Tabel 2). Nilai mendekati 1 menunjukkan adanya genus sceleractinia yang mendominasi, kemudian nilai yang mendekati 0 menunjukkan bahwa tingkat dominansi genus rendah. Nilai dominansi tertinggi ditemukan di Pulau Enggano mendekati satu (0,68 →1), genus karang sceleractinia yang mendominasi pada stasiun tersebut adalah genus Porites (Gambar 2).

Tabel 3. Indeks Shannon-Weaver dan Simpson’s Index

Lokasi	Shannon-Weaver Index (H)	Simpson Index of Diversity (1-D)
Pulau Dua (Enggano)	1,24	0,68
Pulau Tikus	0,98	0,56
Pulau Belanda	1,21	0,64
Pulau Dapur	0,99	0,54

Pembahasan

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa kondisi terumbu karang di Pulau Tikus masuk ke dalam kategori sedang (Giyanto, 2017). Kondisi Perairan Pulau Tikus masih tergolong baik, dimana didukung oleh keberadaan ikan-ikan indikator kesehatan karang yaitu dari famili Chaetodontidae (Giyanto, 2017). Secara umum tutupan terumbu karang di Pulau Tikus termasuk kedalam kategori sedang, sedangkan kondisi terumbu karang di Pulau Enggano termasuk kedalam kategori buruk hingga baik (Giyanto et al., 2017). Beberapa studi tentang distribusi dan kondisi terumbu karang di Kepulauan Seribu banyak dilakukan (Johan et al., 2012; Madduppa, Ferse, et al., 2012; Setyawan et al., 2011). Penelitian terdahulu menyatakan bahwa kondisi terumbu karang di Pulau Belanda pada tahun 2009 adalah sebesar 33,38% (Prastowo et al., 2011). Penelitian lainnya menunjukkan bahwa degradasi terjadi pada tutupan karang di Pulau Dapur pada tahun 2011 yang memiliki tutupan sebesar 43% (Cleary et al., 2014). Tutupan terumbu karang pada Pulau Dapur berada dalam kondisi buruk. Hal ini disebabkan oleh hilangnya daratan Pulau Dapur akibat eksploitasi pasir laut, kegiatan perikanan, lokasi yang dekat dengan pemukiman, aktivitas antropogenik, pemanfaatan wisata dan lain sebagainya. Pulau Belanda merupakan zona inti, namun tutupan karangnya berada dalam kondisi sedang. Degradasi kondisi terumbu karang disebabkan oleh jauhnya lokasi Pulau Belanda sehingga pengawasan terhadap Pulau Belanda kurang intensif. Selain itu, penurunan kualitas perairan sebagai dampak negatif dari aktivitas baik di daratan Kota Jakarta maupun di Teluk Jakarta. Tingginya tingkat nutrisi dalam air tempat terumbu karang hidup dan tumbuh

menyebabkan suburinya perkembangbiakan alga dan sponge yang menyebabkan terjadinya persaingan ruang (Fahlevy et al., 2018; Madduppa et al., 2013).

Kegiatan antropogenik di Kepulauan Seribu lebih padat jika dibandingkan dengan Bengkulu. Sekitar 70% penduduk Kepulauan Seribu menggantungkan hidupnya pada perairan laut, baik sebagai nelayan, penambang karang maupun pemandu wisata. Daerah yang padat penduduk dapat berdampak pada kelestarian karang karena adanya limbah rumah tangga yang dapat menyebabkan kerusakan karang (Lasagna et al., 2014). Sebagai kawasan padat penduduk, kawasan ini ternyata memiliki beberapa aktivitas yang secara langsung dapat mengganggu ekosistem karang seperti jalur pelayaran, dermaga kapal, memancing, berenang, dan berbagai aktivitas lainnya (Roche et al., 2016). Sumber pencemar dari daratan adalah limbah cair perkotaan, limbah industri, limbah organik cair dan padat, logam berat, deterjen, fenol dan minyak (Cleary et al., 2014). Beberapa penyebab kematian karang lainnya seperti perubahan lingkungan, tekanan antropogenik (Riegl et al., 2012), kompetisi dengan alga (Subhan et al., 2014), penyakit karang (Aeby et al., 2011; Baird et al., 2012; Palmer et al., 2011; Subhan et al., 2011) dan spesies invasif (de Voogd et al., 2013; Madduppa et al., 2017; Utami et al., 2018; van der Ent et al., 2016).

Komposisi dan Biodiversitas Komunitas Karang

Porites merupakan genus karang yang paling banyak ditemukan di Kepulauan Seribu dan dibandingkan dengan genera lainnya. Beberapa genera lainnya yang cukup dominan ditemukan seperti *Acropora* dan *Pocillopora*. Salah satu kelompok karang keras yang tahan terhadap tekanan lingkungan adalah *Porites* sp (Munasik & Siringoringo, 2012). Genus *Porites* memiliki tingkat ketahanan yang relatif tinggi pada faktor pembatas pertumbuhan dan perkembangannya (Zamani et al., 2011). Pertumbuhan karang dipengaruhi oleh faktor lingkungan (Saptarini et al., 2017). Persentase tutupan karang keras berbeda antara dua kedalaman yang berbeda di mana perairan dangkal sebagian besar lebih tinggi daripada di perairan dalam (Fahlevy et al., 2017). Terumbu karang sangat terpengaruh oleh aktivitas manusia lokal seperti penangkapan ikan dan polusi. Keberadaan genus karang tertentu juga mempengaruhi jumlah ikan tertentu yang bergantung padanya untuk mencari makan atau berlindung (Madduppa et al., 2014; Madduppa, Agus, et al., 2012; Madduppa, Ferse, et al., 2012).

4. SIMPULAN

Coral Point Count with Excel extensions (CPCe) adalah program dasar visual untuk analisis statistik kondisi terumbu karang. Dalam penelitian ini, software CPCe menyediakan untuk meningkatkan efisiensi kondisi terumbu karang. Studi ini menyimpulkan bahwa *Porites* dan *Pocillopora* melimpah di Bengkulu sedangkan di Kepulauan Seribu adalah *Porites* dan *Acropora*.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abdul, J. M., Budhi, S. T. E., & Edi, H. U. S. (2018). Oil Spill Incidents and Their Impacts to Fisheries and Tourism Activities in Kepulauan Seribu. *E3S Web of Conferences*, 68. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20186803013>.
- Aeby, G. S., Williams, G. J., Franklin, E. C., Kenyon, J., Cox, E. F., Coles, S., & Work, T. M. (2011). Patterns of Coral Disease across the Hawaiian Archipelago : Relating Disease to Environment. *PLoS ONE*, 6(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0020370>.
- Awak, D. S. H. L. M. K., Gaol, J. L., Subhan, B., Madduppa, H. H., & Arafat, D. (2016). Coral Reef Ecosystem Monitoring Using Remote Sensing Data: Case Study in Owi Island, Biak, Papua. *Procedia Environmental Sciences*, 33, 600–606. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.113>.
- Baird, A. H., Campbell, S. J., Fadli, N., Hoey, A. S., & Rudi, E. (2012). The shallow water hard corals of Pulau Weh, Aceh Province, Indonesia. *AAFL Bioflux*, 5(1), 23–28.
- Ballesteros, L. V., Matthews, J. L., & Hoeksema, B. W. (2018). Pollution and coral damage caused by derelict fishing gear on coral reefs around Koh Tao, Gulf of Thailand. *Marine Pollution Bulletin*, 135. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.08.033>.
- BPS Kabupaten Kepulauan Seribu. (2017). *Kepulauan Seribu Selatan Dalam Angka 2017*. BPS Kabupaten Kepulauan Seribu.
- BPS Kota Bengkulu. (2018). *Kota Bengkulu Dalam Angka 2018*. BPS Kota Bengkulu.
- Castro-Sanguino, C., Bozec, Y.-M., Callaghan, D., Vercelloni, J., Rodriguez-Ramirez, A., & Lopez-Marcano, S. (2022). Coral composition and bottom-wave metrics improve understanding of the patchiness of cyclone damage on reefs. *Science of The Total Environment*, 804. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150178>.
- Claar, D. C., Szostek, L., Mcdevitt-Irwin, J. M., Schanze, J. J., & Baum, J. K. (2018). Global patterns and impacts of El Niño events on coral reefs: A meta-analysis. *PLoS ONE*, 13(2), 1–22.

- <https://doi.org/10.5067/GHAAO-4BC01>.
- Cleary, D. F. R., Polónia, A. R. M., Renema, W., Hoeksema, B. W., Wolstenholme, J., Tuti, Y., & de Voogd, N. J. (2014). Coral reefs next to a major conurbation: A study of temporal change (1985-2011) in coral cover and composition in the reefs of Jakarta, Indonesia. *Marine Ecology Progress Series*, 501, 89–98. <https://doi.org/10.3354/meps10678>.
- Cramer, K. L., Jackson, J. B., Angioletti, C. V., Leonard-Pingel, J., & Guilderson, T. P. (2012). Anthropogenic Mortality on Coral Reefs in Caribbean Panama Predates Coral Disease and Bleaching. *Ecol. Lett.*, 15(6), 561–567.
- de Voogd, N. J., Cleary, D. F. R., & Dekker, F. (2013). The coral-killing sponge *Terpios hoshinota* invades Indonesia. *Coral Reefs*, 32(3), 755. <https://doi.org/10.1007/s00338-013-1030-4>.
- Fadilah, & Idris. (2009). Perbandingan Dua Tahunan Persentase Penutupan Karang di Kepulauan Seribu (2003, 2005 dan 2007). In Estradivari, E. Setyawan, & S. Yusri (Eds.), *Terumbu Karang Jakarta* (pp. 23–28). Yayasan Terumbu Karang Indonesia (TERANGI).
- Fahlevy, K., Khodijah, S., Nasrullah, I. A., Fathihatunnisa, R., Subhan, B., & Madduppa, H. (2017). Site and depth influence on coral reef structure and composition in Seribu Islands, Jakarta. *Aceh Journal of Animal Science*, 2(1), 28–38. <https://doi.org/10.13170/ajas.2.1.8212>.
- Fahlevy, K., Yudha, F. K., Andika, W., Supriyanto, A. E., Irianda, N. J., Irfanto, M., Subhan, B., & Madduppa, H. H. (2018). Assessing fish community structure at two different coral reef depths around Seribu Islands, Jakarta. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*, 1(1), 15–29. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.33387/jikk.v1i1.678.g485>.
- Forrester, G. E. (2020). The influence of boat moorings on anchoring and potential anchor damage to coral reefs. *Ocean & Coastal Management*, 198. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105354>.
- Gibbs, M. T., & Newlands, M. (2022). Restoration heralds' new management challenges for coral reefs. *Marine Policy*, 136. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104911>.
- Giyanto. (2017). Kondisi Terumbu Karang di Perairan Sisi Timur Pulau Tikus, Bengkulu Condition of Coral Reefs in the Waters of the East Side of Tikus Island, Bengkulu Abstrak Pendahuluan. *Oseanologi Dan Limnologi Di Indonesia*, 2(2), 1–10.
- Giyanto, Abrar, M., Hadi, T. A., Budiyanto, A., Hafizt, M., Salatalohy, A., & Iswari, M. Y. (2017). *Status Terumbu Karang Indonesia 2017* (Suharsono (Ed.)). Puslit Oseanografi LIPI Pr.
- Giyanto, Manuputty, A., Abrar, M., Siringoringo, R., Suharti, S., Wibowo, K., Edrus, I., Arbi, U., Cappenberg, H., Sihalo, H., Tuti, Y., & Zulfianita, D. (2014). *Panduan Monitoring Kesehatan Terumbu Karang* (Suharsono & O. K. Sumadhihanga (Eds.); Issue 1). Puslit Oseanografi LIPI Pr.
- Hadi, T. A., Abrar, M., Giyanto, Prayudha, B., Johan, O., Budiyanto, A., Dzumalek, A. R., Alifatri, L. O., Sulha, S., & Suharsono. (2020). *The Status of Indonesian Coral Reefs 2019*.
- Johan, O., Bengen, D. G., Zamani, N. P., & Suharsono. (2012). Distribution and Abundance of Black Band Disease on Corals *Montipora* sp in Seribu Islands, Jakarta. *Journal of Indonesian Coral Reefs*, 1(3), 160–170.
- Kohler, K. E., & Gill, S. M. (2006). Coral point count with excel extensions (CPCe): a visual basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. *Computers and Geosciences*, 32(9), 1259–1269. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2005.11.009>.
- Lasagna, R., Gnone, G., Taruffi, M., Morri, C., Bianchi, C. N., Parravicini, V., & Lavorano, S. (2014). A new synthetic index to evaluate reef coral condition. *Ecological Indicators*, 40, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.12.020>.
- Madduppa, H. H., Agus, S. B., Farhan, A. R., & Suhendra, D. (2012). *Fish biodiversity in coral reefs and lagoon at the Maratua Island*, 13(3), 145–150. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d130308>.
- Madduppa, H. H., Ferse, S. C. A., Aktani, U., & Palm, H. W. (2012). Seasonal trends and fish-habitat associations around Pari Island, Indonesia: Setting a baseline for environmental monitoring. *Environmental Biology of Fishes*, 95(3), 383–398. <https://doi.org/10.1007/s10641-012-0012-7>.
- Madduppa, H. H., Schupp, P. J., Faisal, M. R., Sastria, M. Y., & Thoms, C. (2017). Persistent outbreaks of the black disease sponge *Terpios hoshinota* in Indonesian coral reefs. *Marine Biodiversity*, 47(1), 149–151. <https://doi.org/10.1007/s12526-015-0426-5>.
- Madduppa, H. H., Subhan, B., Suparyani, E., Siregar, A. M., Arafat, D., Tarigan, S. A., Alimuddin, A., Khairudi, D., Rahmawati, F., & Brahmandito, A. (2013). Dynamics of fish diversity across an environmental gradient in the Seribu Islands reefs off Jakarta. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 14(1), 17–24. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d140103>.
- Madduppa, H. H., Zamani, N. P., Subhan, B., Aktani, U., & Ferse, S. C. A. (2014). *Feeding behavior and diet of the eight-banded butterflyfish *Chaetodon octofasciatus* in the Thousand Islands, Indonesia*. *August*. <https://doi.org/10.1007/s10641-014-0225-z>.
- Mellin, C., Aaron Macneil, M., Cheal, A. J., Emslie, M. J., & Julian Caley, M. (2016). Marine protected areas increase resilience among coral reef communities. *Ecology Letters*, 19(6), 629–637.

- <https://doi.org/10.1111/ele.12598>.
- Munasik, & Siringoringo, M. (2011). Struktur Komunitas Karang Keras (Scleractinia) di Perairan Pulau Marabatuan dan Pulau Matasirih, Kalimantan Selatan. *Ilmu Kelautan - Indonesian Journal of Marine Sciences*, 16(1), 49–58. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.16.1.49-58>.
- Palmer, C. V., Mcginty, E. S., Cummings, D. J., Smith, S. M., Bartels, E., & Mydlarz, L. D. (2011). *Patterns of coral ecological immunology: variation in the responses of Caribbean corals to elevated temperature and a pathogen elicitor*. 4240–4249. <https://doi.org/10.1242/jeb.061267>.
- Prasetyo, D. E., Zulfikar, F., & Shinta, S. (2016). Valuasi Ekonomi Hutan Mangrove di Pulau Untung Jawa Kepulauan Seribu: Studi Konservasi Berbasis Green Economy. *Omni-Akuatika Omniakuatika*, 12(1). <https://doi.org/10.20884/1.oa.2016.12.1.29>.
- Prastowo, M., Timotius, S., & Syahrir, M. (2011). Persentase Tutupan Karang Keras di Kepulauan Seribu tahun 2009 dan Perbandingan Dua Tahunan (2005,2007, dan 2009). In E. Setyawan, S. Yusri, & S. Timotius (Eds.), *Terumbu Karang Jakarta: Laporan Pengamatan Jangka Panjang Terumbu Karang Kepulauan Seribu (2005-2009)* (pp. 19–28). Yayasan Terumbu Karang Indonesia (TERANGI).
- Qin, Q., Meng, Q., Yang, H., & Wu, W. (2021). Study of the anti-abrasion performance and mechanism of coral reef sand concrete. *Construction and Building Materials*, 291. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123263>.
- Ramadhani, R. A., Damar, A., & Maduppa, H. H. (2015). Management on Coral Reef Ecosystem in the Siantan Tengah District, Anambas Islands. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 7(1), 173–189.
- Razak, T. B., Boström-Einarsson, L., Alisa, C. A. G., Vida, R. T., & Lamont, T. A. C. (2022). Coral reef restoration in Indonesia: A review of policies and projects. *Marine Policy*, 137. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104940>.
- Riegl, B. M., Sheppard, C. R. C., & Purkis, S. J. (2012). Human impact on atolls leads to coral loss and community homogenisation: A modeling study. *PLoS ONE*, 7(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036921>.
- Roche, R. C., Harvey, C. V., Harvey, J. J., Kavanagh, A. P., McDonald, M., Stein-Rostaing, V. R., & Turner, J. R. (2016). Recreational Diving Impacts on Coral Reefs and the Adoption of Environmentally Responsible Practices within the SCUBA Diving Industry. *Environmental Management*, 58(1), 107–116. <https://doi.org/10.1007/s00267-016-0696-0>.
- Santodomingo, N., Perry, C., Waheed, Z., Hussein, M. A. bin S., & Rosedy, A. (2020). Marine litter pollution on coral reefs of Darvel Bay (East Sabah, Malaysia). *Marine Pollution Bulletin*, 173. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112998>.
- Saptarini, D., Mukhtasor, & Rumengan, I. F. M. (2017). *Short Communication : Coral reef lifeform variation around power plant activity: Case study on coastal area of Paiton Power Plant , East Java , Indonesia*. 18(1), 116–120. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d1801xx>.
- Setyawan, E., Yusri, S., & Timotius, S. (Eds.). (2011). *Terumbu Karang Jakarta: Laporan Pengamatan Jangka Panjang Terumbu Karang Kepulauan Seribu (2005-2009)*. Yayasan Terumbu Karang Indonesia (TERANGI). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22316.67207>.
- Subhan, B., Madduppa, H., Arafat, D., & Soedharma, D. (2014). Bisakah Transplantasi Karang Perbaiki Ekosistem Terumbu Karang? *Risalah Kebijakan Pertanian Dan Lingkungan*, 1(3), 159. <https://doi.org/10.20957/jkebijakan.v1i3.10292>.
- Subhan, B., Rahmawati, F., Arafat, D., & Bayu, N. A. (2011). Coral health condition of family of fungiidae on Pramuka Islans Seribu Islands. *Jurnal Teknologi Perikanan Dan Kelautan*, 2(1), 41–50.
- Sura, S. A., Bell, A., Kunes, K. L., Turba, R., Songer, R., & Fong, P. (2021). Responses of two common coral reef macroalgae to nutrient addition, sediment addition, and mechanical damage. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 536. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2021.151512>.
- Tseng, W. W.-C., Hsu, S.-H., & Chen, C.-C. (2015). Estimating the willingness to pay to protect coral reefs from potential damage caused by climate change—The evidence from Taiwan. *Marine Pollution Bulletin*, 101(2). <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.10.058>.
- Utami, R. T., Zamani, N. P., & Madduppa, H. H. (2018). *Molecular identification , abundance and distribution of the coral-killing sponge Terpios hoshinota in Bengkulu and Seribu Islands , Indonesia*. 19(6), 2238–2246. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d190632>.
- van der Ent, E., Hoeksema, B. W., & de Voogd, N. J. (2016). Abundance and genetic variation of the coral-killing cyanobacteriosponge *Terpios hoshinota* in the Spermonde Archipelago, SW Sulawesi, Indonesia. *Marine Biological Association of the United Kingdom*, 96(2), 453–463. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1017/S002531541500034X>.
- Webler, T., & Jakubowski, K. (2016). Mitigating damaging behaviors of snorkelers to coral reefs in Puerto Rico through a pre-trip media-based intervention. *Biological Conservation*, 167. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2016.03.012>.

- Yusri, S., Smara, R. E., Syahrir, M., & Santoso, B. (2009). Sekilas Tentang Kepulauan Seribu: Kondisi Sosial Ekonomi, Potensi dan Ancaman Sumberdaya Alam, dan Upaya Konservasi. In *Terumbu Karang Jakarta* (pp. 7–15). Yayasan Terumbu Karang Indonesia (TERANGI).
- Zamani, N. P., & Madduppa, H. H. (2011). A Standard Criteria for Assessing the Health of Coral Reefs: Implication for Management and Conservation. *Journal of Indonesia Coral Reefs*, 1(2), 137–146.
- Zamani, N. P., Wardiatno, Y., & Nggajo, R. (2011). Strategi Pengembangan Pengelolaan Sumberdaya Ikan Ekor Kuning (*Caesio cuning*) pada Ekosistem Terumbu Karang di Kepulauan Seribu. *Jurnal Saintek Perikanan*, 6(2), 38–51.