



ANALISIS PENYEBAB KERUSAKAN EKOSISTEM TERUMBU KARANG (*Acropora millepora*) DI PERAIRAN MISOOOL SELATAN KABUPATEN RAJA AMPAT

Rifqi Riyahd Syahyudin Loji¹, Nurul Alia Ulfa², Sutardi³

^{1,2,3,4}Prodi Pendidikan Biologi Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong

E-mail: rifqiloji76@gmail.com

ABSTRAK

*Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis penyebab kerusakan ekosistem terumbu karang (*Acropora millepora*) di perairan misool selatan kampung harapan jaya pada tanggal Juni-Agustus 2023. Sampel pada penelitian ini adalah *Acropora millepora*. Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian adalah kualitatif. Sedangkan desain yang digunakan adalah penelitian deskriptif eksploratif. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan desain deskriptif yang bersifat eksploratif melalui teknik survei lapangan dan observasi langsung. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa kerusakan pada terumbu karang terutama dipicu oleh faktor yang berasal dari manusia, seperti pembuangan sampah ke lautan, pemakaian potasium dalam kegiatan penangkapan ikan, perilaku berjalan di atas terumbu karang saat ini surut, serta praktik penambatan jangkar yang tidak teratur. Konsekuensi dari hal tersebut meliputi kerusakan struktur karang, peningkatan tutupan alga pada karang yang tidak hidup, serta penurunan jumlah biota laut di area yang diteliti. Dapat disimpulkan bahwa perilaku masyarakat pesisir merupakan penyebab utama dalam penurunan kualitas ekosistem terumbu karang di lokasi penelitian, sehingga diperlukan tindakan pengelolaan dan pendidikan yang berbasis komunitas guna menjaga keberlangsungan ekosistem tersebut.*

Kata Kunci: *Terumbu karang, *Acropora millepora*, kerusakan ekosistem, faktor antropogenik, Raja Ampat.*

ABSTRACT

*The purpose of this study was to analyze the causes of damage to the coral reef ecosystem (*Acropora millepora*) in the waters of South Misool, Kampung Harapan Jaya, on Juni-August 2023. The sample in this study was *Acropora millepora*. The type of research used in this study was qualitative. Meanwhile, the design used was exploratory descriptive research. This study used a qualitative method with an exploratory descriptive design through field survey and direct observation techniques. The results of this study indicate that damage to coral reefs is mainly triggered by human factors, such as dumping waste into the ocean, the use of potassium in fishing activities, walking on coral reefs during low tide, and irregular anchor mooring practices. The consequences of these activities include damage to coral structures, increased algae coverage on dead corals, and a decline in the number of marine biota in the study area. It can be concluded that the behavior of coastal communities is the main cause of the decline in the quality of the coral reef ecosystem at the study site, thus requiring community-based management and education measures to preserve the sustainability of this ecosystem.*

Keywords: *Coral reef, *Acropora millepora*, ecosystem damage, anthropogenic factors, Raja Ampat.*

PENDAHULUAN

Ekosistem terumbu karang adalah

salah satu ekosistem di tepi pantai yang sangat produktif dan memiliki keanekaragaman hayati paling tinggi di



seluruh dunia. Secara global, terumbu karang hanya menempati kurang dari 1% dari permukaan laut, tetapi mendukung lebih dari 25% dari spesies laut (Burke et al., 2012). Di Indonesia, luas terumbu karang diestimasi mencapai sekitar 58.707 km² dan merupakan bagian penting dari kawasan Coral Triangle yang terkenal sebagai pusat keanekaragaman hayati karang di dunia, menurut Tuwo (2011).

Terumbu karang berperan penting dalam lingkungan laut sebagai tempat tinggal, tempat ikan bertelur, tempat ikan kecil tumbuh, serta membantu melindungi tepi pantai dari dampak gelombang yang merusak. Selain itu, secara sosial-ekonomi, hampir sepertiga penduduk di daerah pesisir Indonesia bergantung pada sumber daya perikanan yang berkaitan dengan ekosistem terumbu karang, seperti yang dicatat oleh Dahuri et al. tahun 1996.

Namun, berbagai penelitian menunjukkan bahwa kondisi terumbu karang di Indonesia semakin memburuk karena pengaruh dari aktivitas manusia, seperti pengambilan ikan yang merusak, penumpukan sedimen, limbah, serta kegiatan di sepanjang pesisir (Monk et al., 2000; Hopley & Suharsono, 2000). Tuwo (2011) mengatakan bahwa sekitar 70% terumbu karang di Indonesia dalam kondisi rusak atau cukup parah.

Salah satu daerah yang memiliki keragaman karang paling tinggi adalah, kabupatean Raja Ampat. Wilayah ini memiliki lebih dari 500 jenis karang keras dan lebih dari 1.000 spesies ikan karang, seperti yang dicatat dalam laporan CI dan TNC-WWF tahun 2006. Di dalamnya termasuk kawasan. Secara geomorfologi, sebagian besar jenis terumbu di wilayah ini merupakan terumbu tepi (*fringing reef*) yang tumbuh di daerah dangkal dan relatif mudah terganggu oleh kegiatan manusia di pesisir.

Meskipun Raja Ampat terkenal sebagai daerah konservasi laut internasional, masih terdapat tanda-tanda kerusakan lokal, terutama pada jenis

karang bercabang seperti *Acropora millepora*. Spesies ini memiliki struktur yang mudah patah dan berbentuk cabang, sehingga sangat mudah rusak karena gangguan fisik seperti injakan, penancapan jangkar, atau penggunaan peralatan penangkapan yang merusak (Suharsono, 2008). Dari pengamatan awal di Kampung Harapan Jaya, Distrik Misool Selatan, ditemukan tanda-tanda kerusakan, yaitu pecahan terumbu karang (*rubble*), terumbu karang yang mati tertutup alga, penurunan jumlah ikan-ikan kecil yang hidup di terumbu karang, aktivitas penangkapan menggunakan potassium, dan pembuangan sampah ke laut.

Namun, penelitian ilmiah yang secara khusus menganalisis penyebab kerusakan spesies *Acropora millepora* di tingkat lokal di area Misool Selatan masih sedikit. Sebagian besar penelitian sebelumnya hanya memfokuskan pada skala daerah Raja Ampat, tanpa mendalami dinamika sosial-ekologis di tingkat kampung.

METODE PENELITIAN

Jenis dan desain penelitian yang digunakan adalah deskriptif kualitatif eksploratif untuk mengidentifikasi kondisi dan penyebab kerusakan terumbu karang *Acropora millepora* di perairan Misool Selatan, Kabupaten Raja Ampat Provinsi Papua Barat. Pendekatan ini dipilih karena penelitian bertujuan menggambarkan kondisi aktual ekosistem serta aktivitas masyarakat yang berasosiasi dengan kerusakan karang tanpa melakukan pengujian hipotesis kuantitatif. Penelitian ini berfokus pada penyebab kerusakan Ekosistem Terumbu Karang di Perairan Misool dan dampak dari kerusakan terumbu karang. Penelitian dilaksanakan di Perairan Misool Selatan Kabupaten Raja Ampat kampung harapan jaya pada Juni-Agustus 2023. Wilayah ini adalah daerah terumbu karang jenis *fringing reef* (karang tepi) dengan zona dangkal yang mudah dijangkau oleh masyarakat saat air



surut. Populasi dari penelitian ini untuk mengetahui penyebab kerusakan ekosistem terumbu karang yang terdapat di perairan Misool Selatan Kabupaten Raja Ampat, sedangkan sampel pada penelitian ini adalah jenis-jenis terumbu karang yang terdapat di daerah titik penelitian.

Penelitian ini menggunakan cara mengamati langsung secara visual di area laut dangkal, yaitu antara 1 hingga 3 meter kedalaman. Peneliti melakukan observasi dengan berjalan sepanjang garis pantai sekitar 50 meter di setiap titik, mencari koloni *Acropora millepora*. Setiap koloni yang ditemukan dikenali dan dicatat kondisinya. Dokumentasi dilakukan dengan menggunakan kamera bawah air. Setiap koloni dihitung dan dikelompokkan sesuai dengan kondisi fisiknya. Total 47 koloni karang *Acropora millepora* berhasil diamati di semua titik penelitian. Distribusinya adalah Titik I: 18 koloni, Titik II: 15 koloni, dan Titik III: 14 koloni. Koloni yang diamati adalah koloni yang masih memiliki bentuk yang jelas dan bisa dikenali berdasarkan morfologinya.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain kamera bawah air untuk mengambil gambar visual, GPS untuk menentukan posisi lokasi, form observasi kondisi karang, panduan mengenali jenis karang (berdasarkan buku Suharsono, 2008), serta alat tulis dan buku untuk mencatat hasil di lapangan.

Koloni *Acropora millepora* dianggap rusak jika memenuhi salah satu dari indikator berikut: cabangnya patah dan berubah menjadi kerikil, hilangnya jaringan hidup sehingga tulang karang terlihat terbuka, terlalu banyak alga menutupi permukaan koloni hingga lebih

dari setengahnya, mengalami pemutihan warna, serta tidak ada ikan karang yang berinteraksi di sekitarnya. Sebaliknya, koloni dianggap hidup atau baik jika memiliki struktur yang utuh, warna normal, tidak tertutup oleh alga, dan ada asosiasi ikan karang. Klasifikasi ini mengacu pada standar untuk mengenali kondisi karang (Suharsono, 2008; Burke et al., 2012).

Teknik Analisis Data

Data yang terkumpul akan di analisis menggunakan metode analisis kualitatif dan analisis deskriptif. Analisis kualitatif digunakan untuk melihat melihat kondisi fisik perairan, yaitu dengan cara menampalkan peta suhu air, salinitas air dan kecerahan air sebagai klasifikasi wilayah optimal. Melakukan analisa terhadap variabel arus, gelombang, pasang surut sebagai faktor fisik yang juga berpengaruh terhadap kehidupan karang. Analisis deskriptif digunakan untuk menjawab pertanyaan analisis kualitatif dengan pengolahan peta sebaran terumbu karang, pengolahan peta kerusakan terumbu karang.

Tabel 1. Tingkat Kerusakan Terumbu Karang (dalam%)

| No | Tingkat Kerusakan | Persentase Penutupan Karang Mati |
|----|-------------------|----------------------------------|
| 1 | Rendah | 0,0-24,9 |
| 2 | Sedang | 25,0-49,9 |
| 3 | Tinggi | 50,0-74,9 |
| 4 | Sangat Tinggi | 75,0-100 |

**Tabel 2. Komponen Karang Mati dan Penyebabnya**

| Komponen Karang Mati | Penyebab | Ciri-ciri |
|--|--|----------------------------------|
| Karang Mati Baru (<i>Recount Dead Coral</i>) | Penyakit, Bius, Pemangsaan, dan Pemanasan Global | Karang Memutih |
| Karang Mati Tertutupi Alga (<i>Dead Coral Algae</i>) | Eutrofikasi, Sedimentasi, Penyakit, dan Pemangsaan | Karang tertutupi oleh alga |
| Pecahan Karang Mati (<i>Rubble</i>) | Akibat di bom, Labuh Jangkar, dan Kapal Karam | Karang menjadi patah atau hancur |

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Ekosistem terumbu karang merupakan kawasan yang sangat penting dalam menjaga tingkat keanekaragaman organisme di laut. Kerusakan terumbu karang disebabkan oleh antropogenik/penggunaan bom penggunaan potassium dalam penangkapan ikan, labuh jangkar sembarangan, sedimentasi, sampah.sertakurangnya kesadaran dan pengetahuan masyarakat tentang ekosistem terumbu karang secara ekologis. Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni – Agustus 2023 di Kampung Harapan Jaya Disitik Misool selatan. Keanekaragaman spesies dapat digunakan untuk menyatakan struktur komunitas keanekaragaman spesies yang tinggi menunjukkan bahwa suatukomunitas itu sangat tinggi. Pertumbuhan penduduk yang tinggi berjalan sering dengan meeningkatnya kegiatan. Pertumbuhan penduduk yang tinggi serta meningkatnya aktifitas masyarakat di pesisir pantai menyebabkan terumbu karang yang tidak terjaga sehingga berdampak pada kerusakan karang secara langsung seperti penggunaan potassium.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh peneliti, diperoleh data bahwa penelitian menunjukkan dari 47 koloni *Acropora millepora* yang diamati di perairan Kampung Harapan Jaya, Distrik Misool Selatan, Kabupaten Raja Ampat,

terdapat 28 koloni (59,6%) yang dalam kondisi rusak, sedangkan 19 koloni (40,4%) masih dalam kondisi hidup dan baik. Berdasarkan klasifikasi tingkat kerusakan yang digunakan dalam penelitian ini, persentase tersebut masuk ke dalam kategori Tinggi, yaitu antara 50,0 hingga 74,9 persen.

Temuan ini menunjukkan bahwa lebih dari separuh koloni *Acropora millepora* di lokasi penelitian mengalami kerusakan baik secara struktural maupun biologis. Kerusakan yang paling umum adalah patah atau berbentuk rubble, yang menempuni 39,3 persen dari total koloni yang rusak. Karakteristik bercabang pada *Acropora millepora* membuatnya mudah terganggu oleh faktor fisik.

Kerusakan paling besar terjadi di Titik II (66,7%), yaitu area tempat perahu nelayan berlabuh. Hal ini menunjukkan bahwa tekanan mekanis dari jangkar dan kegiatan perahu berpengaruh besar terhadap pecahnya koloni. Kerusakan fisik seperti ini mengakibatkan penurunan kompleksitas struktur habitat, pengurangan tempat berlindung bagi ikan karang, serta gangguan terhadap proses rekrutmen alami.

Sebanyak 32,1% dari koloni rusak dengan tutup alga lebih dari 50%. Kehadiran alga yang mendominasi pada koloni yang sudah mati menunjukkan adanya tanda-tanda tekanan nutrisi di perairan pesisir. Koloni yang tertutup alga sering ditemukan di Titik I yang letaknya dekat dengan tempat tinggal manusia.



Kondisi ini bisa terkait dengan limbah rumah tangga, pembuangan sampah ke laut, serta aktivitas di daerah pesisir. Tutupan alga yang tebal bisa menghambat masuknya larva karang baru dan mempercepat proses rusaknya substrat.

Kerusakan seperti pemutihan (17,9%) dan hilangnya jaringan hidup (10,7%) menunjukkan bahwa koloni sedang mengalami tekanan fisik. Meskipun persentasenya lebih rendah dibandingkan kerusakan fisik, kondisi ini menunjukkan bahwa fluktuasi suhu air, tekanan kualitas air, dan gangguan kimia terjadi karena praktik penangkapan ikan yang tidak ramah lingkungan.

Distribusi kerusakan di setiap titik menunjukkan pola yang jelas, yaitu Titik I memiliki 50,0% kerusakan (kategori tinggi), Titik II mencapai 66,7% kerusakan (kategori tinggi), dan Titik III mencapai 64,3% kerusakan (kategori tinggi). Tiga titik tersebut menunjukkan tingkat kerusakan yang tinggi, tetapi intensitas yang paling besar terdapat di daerah dengan kegiatan perahu dan penangkapan ikan. Pola ini memperkuat kemungkinan bahwa faktor manusia lokal adalah penyebab utama kerusakan koloni *Acropora millepora* di lokasi penelitian. Tingkat kerusakan mencapai 59,6%, yang memiliki dampak besar terhadap lingkungan, seperti menurunnya keanekaragaman hayati, menurunnya kompleksitas habitat, berkurangnya jumlah ikan karang, menurunnya kemampuan ekosistem untuk bertahan, serta mengganggu proses pemulihan alami. Karang yang berbentuk cabang seperti *Acropora millepora* berperan penting dalam membentuk struktur tiga dimensi terumbu. Kerusakan utama pada tipe ini bisa mempercepat proses perubahan ekosistem hingga alga menjadi dominan. Meskipun Kabupaten Raja Ampat terkenal memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi, hasil penelitian menunjukkan bahwa tekanan dari aktivitas lokal masih terjadi pada tingkat yang sangat kecil.

Temuan ini menunjukkan bahwa area dengan status konservasi juga tetap memerlukan pengawasan terhadap aktivitas perahu, edukasi bagi masyarakat pesisir, pengelolaan limbah rumah tangga, serta pengaturan zona jangkar.

Dari koloni yang diamati, sebesar 59,6% dalam kondisi rusak, dan kerusakan fisik utamanya berupa rubble yang mencapai 39,3% dari total koloni yang rusak.

Pembahasan

Penelitian menunjukkan bahwa dari 47 koloni *Acropora millepora* yang diamati di perairan Kampung Harapan Jaya, Distrik Misool Selatan, Kabupaten Raja Ampat. Sebanyak 59,6% terumbu karang berada dalam kondisi rusak, sehingga masuk ke dalam kategori tinggi yaitu 50,0 hingga 74,9% berdasarkan klasifikasi kondisi terumbu karang.

Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun Raja Ampat terkenal sebagai pusat keanekaragaman hayati karang di dunia, tekanan dari kegiatan lokal masih cukup besar terhadap lingkungan mikro-habitat. Dalam penelitian ini, tingkat kerusakan mencapai 59,6%, yang lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian Sahetapy (2006) di wilayah Maluku Tenggara Barat yang melaporkan tingkat kerusakan berkisar antara 43–48%. Ini menunjukkan bahwa tekanan yang ditimbulkan oleh aktivitas manusia di bagian selatan Misool lebih kuat pada tempat yang diamati. Laporan global yang dibuat oleh Burke et al. (2012) dalam buku *Reefs at Risk Revisited* menyebutkan bahwa lebih dari 50 persen terumbu karang di wilayah Coral Triangle berada dalam kategori ancaman tinggi karena ulah manusia. Selain itu, penelitian Hughes et al. (2017) yang terbit di jurnal *Nature* menunjukkan bahwa tekanan dari aktivitas lokal dan kondisi lingkungan yang buruk dapat mempercepat rusaknya terumbu karang bercabang. Dengan demikian, angka 59,6 persen pada penelitian ini



sesuai dengan pola kerusakan yang terjadi di tingkat daerah, tetapi menunjukkan perlunya pengelolaan yang lebih intensif hingga tingkat kampung.

Kerusakan terbesar yang terjadi adalah patahan cabang yang berubah menjadi kerikil. Secara bentuknya, *Acropora millepora* adalah karang yang memiliki cabang-cabang, dengan struktur terdiri dari kalsium karbonat yang agak tebal namun mudah patah. Gangguan mekanis seperti menurunkan jangkar, menginjak saat air surut, dan kegiatan menangkap ikan menyebabkan keretakan pada kerangka aragonit. Ketika rangka patah, jaringan hidup terlepas, *Zooxanthellae* kehilangan tempat melekat, proses fotosintesis terganggu, dan koloni tidak bisa beregenerasi dengan baik. Menurut Nybakken tahun 1992, semakin rumit struktur terumbu karang, maka semakin banyak ikan karang yang hidup di sana. Karena itu, bertambahnya rubble mengurangi keragaman habitat dan memengaruhi struktur komunitas ikan.

Koloni karang yang tertutup alga lebih dari 50% menunjukkan adanya persaingan ruang antara karang dan alga besar. Secara alami, proses ini terjadi melalui beberapa cara, yaitu meningkatnya kandungan nutrisi seperti nitrat dan fosfat, tumbuhnya alga secara berlebihan, kemampuan larva karang untuk menempel menurun, serta terjadinya perubahan ekosistem yang signifikan. Burke dan tim peneliti tahun 2012 menyatakan bahwa eutrofikasi di pesisir adalah salah satu penyebab utama rusaknya terumbu karang di wilayah Asia Tenggara. Alga dominan dalam penelitian

ini ditemukan di area dekat pemukiman, yang menunjukkan bahwa limbah domestik berkontribusi terhadap perubahan komunitas makhluk renik di sekitar tersebut.

Pemutihan yang terjadi pada 17,9% koloni yang rusak menunjukkan adanya tekanan pada tubuh secara fisik. Mekanismenya adalah dengan adanya stres lingkungan seperti suhu atau zat kimia yang tinggi, menyebabkan gangguan pada sistem fotosintesis *zooxanthellae*, sehingga terjadi produksi radikal bebas. Akibatnya, *zooxanthellae* keluar dari jaringan karang, dan akhirnya karang kehilangan warnanya serta sumber energinya. Hughes dan tim peneliti pada tahun 2017 menjelaskan bahwa karang berbentuk cabang, seperti genus *Acropora*, merupakan kelompok yang paling rentan terhadap perubahan suhu dan masalah kualitas air.

Secara keseluruhan, kombinasi dari gangguan fisik (mekanis), tekanan nutrisi (eutrofikasi), dan stres fisiologis menunjukkan bahwa kerusakan yang terjadi di bagian selatan Misool bukan hanya terjadi secara alami, tetapi merupakan hasil dari interaksi yang kompleks antara aktivitas manusia dan respons cara kerang bereaksi terhadapnya. Persentase kerusakan mencapai 59,6 persen, yang menunjukkan bahwa sistem tersebut sudah mencapai tingkat tekanan ekologis yang cukup besar. Jika tidak ada pengelolaan yang dilakukan bersama masyarakat dan pengaturan kegiatan di daerah pesisir, kemungkinan terjadinya pergeseran yang mengarah pada dominasi alga akan semakin besar.

Tabel 3. Distribusi Kondisi Koloni *Acropora millepora* Berdaarkan Hasil Observasi Lapangan (2023)

| Parameter | Jumlah Koloni | Persentase % | Sumber Data |
|--------------------------|---------------|-------------------------|--------------------------|
| Total koloni diamati | 47 | 100% | Observasi lapangan, 2023 |
| Koloni hidup | 19 | 40,4% | Observasi lapangan, 2023 |
| Koloni rusak | 28 | 59,6% | Observasi lapangan, 2023 |
| Kerusakan fisik (rubble) | 11 | 39,3% dari koloni rusak | Observasi lapangan, 2023 |
| Tertutup alga | 9 | 32,1% dari koloni rusak | Observasi lapangan 2023 |



KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa kerusakan pada ekosistem terumbu karang jenis *Acropora millepora* di perairan Kampung Harapan Jaya, Distrik Misool Selatan, Kabupaten Raja Ampat, terjadi karena faktor yang disebabkan oleh aktivitas manusia. Kegiatan membuang sampah ke laut, penggunaan potassium dalam menangkap ikan, cara menurunkan jangkar yang tidak terkendali, serta aktivitas warga yang berjalan di atas karang ketika air surut menjadi faktor utama yang menyebabkan kerusakan struktur karang. Kerusakan tersebut menyebabkan penurunan kompleksitas habitat dan penurunan jumlah makhluk hidup laut di sekitar area penelitian

Temuan ini menunjukkan bahwa tekanan dari aktivitas manusia di tingkat lokal berdampak besar terhadap penurunan kualitas ekosistem terumbu karang. Oleh karena itu, diperlukan kerja sama dari masyarakat dengan cara memberikan edukasi tentang lingkungan, memantau kegiatan menangkap ikan, dan menerapkan pembagian wilayah pesisir agar ekosistem terumbu karang di wilayah Misool Selatan tetap terjaga dan berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrar, M., et al. (2015). Pemberdayaan masyarakat pesisir melalui pengembangan potensi sumber daya alam berkelanjutan. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 5(1), 45–58.
<https://jurnal.ipb.ac.id/index.php/jpsl>
- Bird, E. C. F. (1976). *Coast: An introduction to systematic geomorphology*. Australian National University Press.
- Burke, L., Reytar, K., Spalding, M., & Perry, A. (2012). *Reefs at risk revisited in the Coral Triangle*. World Resources Institute.
https://files.wri.org/d8/s3fs-public/pdf/reefs_at_risk_revisited_coral_triangle.pdf
- Coral Alliance. (2006). *Coral reefs and sustainable marine recreation*. United States Environmental Protection Agency.
- Dahuri, R., Rais, J., Ginting, S. P., & Sitepu, M. J. (1996). *Pengelolaan sumber daya wilayah pesisir dan lautan secara terpadu*. PT Pradnya Paramita.
- Guillou, G. G., Goutiere, J. F., Sornin, J. D., Buigues, D., Gachon, A., & Guy, C. (1996). *The atolls of Mururoa and Fangataufa (Geology–Petrology–Hydrogeology)*.
- Hopley, D., & Suharsono. (2000). The status and management of coral reefs in eastern Indonesia. *Australian Institute of Marine Science Report*.
- Hughes, T. P., et al. (2017). Global warming and recurrent mass bleaching of corals. *Nature*, 543, 373–377.
<https://doi.org/10.1038/nature21707>
- Kuenen, H. (1960). *Marine geology*. John Wiley & Sons.



- Mather, P., & Bennett, I. (Eds.). (1984). *A coral reef handbook*. The Australian Coral Reef Society.
- Monk, K. A., De Fretes, Y., & Reksodiharjo-Lilley, G. (2000). *Ekologi Nusa Tenggara dan Maluku*. Periplus Editions.
- Nybakken, J. W. (1988). *Biologi laut: Suatu pendekatan ekologis*. PT Gramedia.
- Nybakken, J. W. (1992). *Marine biology: An ecological approach* (3rd ed.). Harper Collins.
- Papu, A. (2011). Kondisi tutupan karang Pulau Kapoposang Kabupaten Pangkajene Kepulauan Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Ilmiah Sains*, 11(1), 7–15. <https://doi.org/10.35799/jis.11.1.2011>
- Pin, T. G. (2005). Distribusi terumbu karang di bagian barat Pulau Flores Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Tesis*. Universitas Indonesia.
- Sahetapy, D. (2006). Status komunitas karang pada terumbu tepi Teluk Saumlaki, Maluku Tenggara Barat. *ICHTHYOS*, 5(2), 81–88.
- Sahetapy, D. (2010). Sebaran spesies karang batu dan kondisi terumbu karang di perairan pesisir dan PKK Provinsi Maluku. *Prosiding Konferensi Nasional Pengelolaan Sumber Daya Pesisir dan Laut*.
- Suharsono. (2008). *Jenis-jenis karang di Indonesia*. LIPI Press.
- Suharsono. (2010). *Jenis-jenis karang di Indonesia*. Pusat Penelitian Oseanografi LIPI.
- Supriharyono. (2002). *Pengelolaan ekosistem terumbu karang*. Djambatan.
- Sugiyono. (2001). *Metode penelitian pendidikan*. CV Alfabeta.
- Tuwo, A. H. (2011). *Pengelolaan ekowisata pesisir dan laut*. Brillian Internasional.
- Wening, D. (2005). Kajian kerusakan terumbu karang akibat limbah PLTU Suralaya di Banten dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis. *Tesis*. Universitas Gadjah Mada.
- Winarno, H., & Suparno. (2008). *Pengelolaan sumber daya pesisir dan lautan*. PT Raja Grafindo Persada.
- Yusuf, S., & Zakaria, S. (2015). Kerusakan terumbu karang di sekitar daerah tumpahan minyak Mangkasa Point Kabupaten Luwu Timur. Universitas Hasanuddin.
- Zakaria, I. J. (2004). *On the growth of newly settled corals on concrete substrates in coral reefs of Pandan and Setan Islands, West Sumatra, Indonesia* (Doctoral dissertation). Christian-Albrechts-Universität zu Kiel.