Journal of Biology, Environment, and Edu-Tourism E-ISSN : 3109-0575
Volume 1, Number 2, August 2025
Pages: 93-103

Ecological Status of Shallow Water Coral Reefs and Fish Communities in Tidung Island, Indonesia

Lisa Ipambonj[1*], Muhammad Ramlan[1], Muhammad Hendy Abdullah[1]
[1]Faculty of Fisheries and Marine Science, IPB University, Bogor, Indonesia;

Article Info

Article History
Received: June 16th, 2025
Revised: June 2nd, 2025
Accepted: August 28th, 2025
Published: August 31th, 2025

*Corresponding Author:
Lisa Ipambonj,
Faculty of Fisheries and Marine Science, IPB University, Bogor, Indonesia
e-mail:
abdullahhendy15@gmail.com

Abstract

Coral reefs play an important role in supporting biota diversity and providing environmental services, but are increasingly threatened by anthropogenic pressures and environmental change.This study aims to assess the Ecological status of shallow water coral reefs and fish communities in Tidung Island, Indonesia. Point Intercept Transect (PIT) method was used to measure coral cover and the data were analyzed using Coral Reef Coverage. Meanwhile, data on fish communities living in coral reefs were obtained from the Underwater Fish Visual Census (UVC) method. The results showed that overall coral cover was in moderate condition. Furthermore, the reef fish community was dominated by the Pomacentridae family (9 species) and followed by Scaridae (4 species). In addition, this study found that the composition of algae, abiotic components, and sponges reached 67% of the total cover. These findings highlight the urgent need for targeted conservation actions and sustainable management to restore coral reef health and maintain biodiversity in the coastal ecosystems of Tidung Island.

Keywords: Coral reefs; ecosystem; condition; Tidung Island

© 2025 The Authors. This article is licensed under a Creative Commons Attribution 5.0 International License.

PENDAHULUAN

Terumbu karang adalah salah satu ekosistem laut dengan tingkat produktivitas dan kompleksitas yang tinggi, serta berfungsi sebagai habitat penting bagi ribuan spesies ikan dan organisme laut lainnya (Marshell & Mumby, 2015). Selain fungsi ekologis, terumbu karang juga memiliki nilai sosial-ekonomi, mulai dari pelindung pantai alami, penyedia sumber perikanan, hingga objek wisata bahari bernilai tinggi (Mazaya et al., 2020). Namun, ekosistem ini sangat rentan terhadap perubahan iklim dan aktivitas antropogenik, seperti wisata bahari dan praktik perikanan destruktif, yang dapat mempercepat degradasi habitat (Fakan et al., 2025). Secara global, penurunan tutupan karang hidup berkorelasi erat dengan penurunan biodiversitas ikan, sehingga berimplikasi pada berkurangnya stabilitas ekosistem laut (Ditzel et al., 2022). Kondisi tersebut menunjukkan pentingnya perlindungan ekosistem karang untuk menjaga keberlanjutan kehidupan laut dan kesejahteraan masyarakat pesisir (Ekel et al., 2021).

Kesehatan ekosistem terumbu karang berkaitan langsung dengan keberadaan komunitas ikan karang yang memanfaatkan karang sebagai tempat tinggal, mencari makan, serta daerah pemijahan (Jayaprabha et al., 2018). Struktur fisik karang yang kompleks mendukung tingginya keragaman jenis ikan karena menyediakan berbagai relung ekologi (Harsindhi et al., 2020). Indeks keanekaragaman ikan karang sering digunakan sebagai bioindikator untuk menggambarkan kondisi ekosistem, karena perubahan pada kelimpahan ikan dapat mencerminkan kualitas habitat (Tony et al., 2020). Selain itu, parameter oseanografi seperti suhu, salinitas, dan pH berperan penting dalam menentukan ketahanan hidup karang dan ikan karang (Patty & Akbar, 2018). Dengan demikian, keterkaitan antara kondisi terumbu karang dan komunitas ikan karang dapat menjadi dasar dalam menilai status ekologi suatu wilayah pesisir (Ridwan et al., 2019).

Pulau Tidung di Kepulauan Seribu memiliki ekosistem terumbu karang yang saat ini tergolong sedang hingga buruk dengan persentase tutupan rata-rata sekitar 30–45% (Fauzanabri et al., 2021). Rendahnya persentase tutupan tersebut dipengaruhi oleh aktivitas wisata snorkeling yang tidak terkontrol, seperti injakan wisatawan pada koloni karang, serta praktik penangkapan ikan yang merusak di masa lalu (Akhmad et al., 2018). Kondisi biodiversitas ikan karang di lokasi ini juga menunjukkan ketidakstabilan, meskipun terdapat famili ikan dominan seperti *Pomacentridae* (Silahooy et al., 2020). Penelitian sebelumnya juga menemukan bahwa kerusakan terumbu karang menyebabkan rendahnya kelimpahan ikan indikator seperti famili *Chaetodonidae*, yang erat kaitannya dengan kualitas habitat (Nurjirana & Andi, 2017). Faktor antropogenik lain seperti sedimentasi dan blooming alga juga mempercepat penurunan kualitas ekosistem (Suryono et al., 2018).

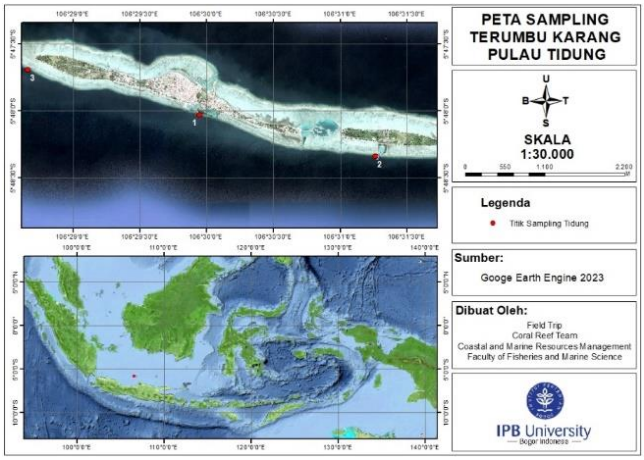
Penelitian mengenai kondisi ekologi terumbu karang dan komunitas ikan karang di Pulau Tidung menjadi sangat penting untuk memberikan data terkini terkait status ekosistem. Informasi terbaru mengenai komposisi lifeform karang dan indeks keanekaragaman ikan dapat memperkaya basis data ekologi laut di Indonesia (Giyanto et al., 2017). Selain itu, hasil penelitian ini dapat mendukung perumusan kebijakan konservasi dan pengelolaan sumber daya pesisir secara berkelanjutan (Mazaya et al., 2020). Upaya pengelolaan berbasis data juga penting untuk mendukung pengembangan ekowisata bahari yang ramah lingkungan, sehingga manfaat ekonomi tetap terjaga tanpa mengorbankan ekosistem (Tkachenko et al., 2025). Studi ini juga dapat dibandingkan dengan

temuan dari wilayah Asia Tenggara lainnya guna memahami resiliensi terumbu karang tropis (Pahrela et al., 2022). Selain itu, kajian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi praktis bagi pemangku kepentingan lokal dalam merancang strategi perlindungan kawasan pesisir. Penelitian ini juga penting sebagai bahan ajar dan literatur tambahan bagi akademisi serta mahasiswa dalam bidang biologi kelautan. Dengan demikian, hasil penelitian tidak hanya bermanfaat dalam konteks ilmiah tetapi juga dalam mendukung pemberdayaan masyarakat pesisir. Oleh karena itu, tujuan utama penelitian ini adalah mengevaluasi status ekologi terumbu karang dangkal dan komunitas ikan karang di Pulau Tidung, sebagai dasar strategi pengelolaan yang berkelanjutan.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Maret 2024 di Pulau Tidung, Kepulauan Seribu. Provinsi DKI Jakarta (**Gambar 1**). Lokasi penelitian dipilih karena Pulau Tidung merupakan salah satu kawasan wisata bahari yang memiliki ekosistem terumbu karang dangkal dengan tekanan antropogenik yang cukup tinggi. Pengambilan data dilakukan di beberapa titik pengamatan yang mewakili kondisi ekosistem terumbu karang dan komunitas ikan di wilayah tersebut.



Gambar 1. Peta Pulau Tidung, Kepulauan Seribu

Desain penelitian

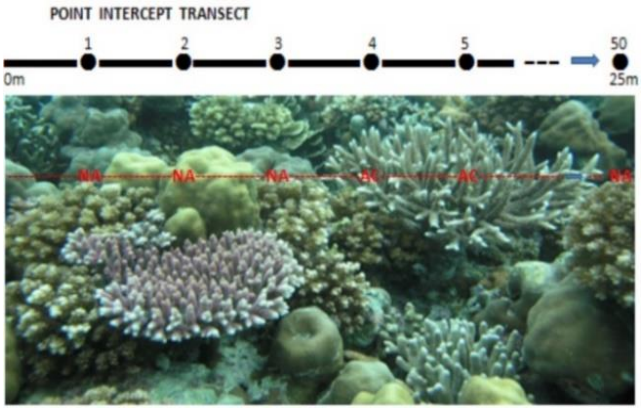
Jenis penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif yang bertujuan untuk mengevaluasi kondisi ekologi terumbu karang dan komunitas ikan karang. Metode yang digunakan untuk pengamatan terumbu karang adalah *Point Intercept Transect* (PIT), sedangkan untuk ikan karang digunakan metode *Underwater Visual Census* (UVC). Kedua metode ini dipilih karena umum digunakan dalam penelitian ekologi laut untuk menilai tutupan karang dan biodiversitas ikan secara efisien di lapangan.

Populasi dan sampel penelitian

Populasi penelitian ini adalah seluruh ekosistem terumbu karang dan komunitas ikan karang yang terdapat di perairan Pulau Tidung. Sampel penelitian terdiri dari beberapa transek pengamatan terumbu karang sepanjang 50 meter dan transek pengamatan ikan karang sepanjang 25 meter, yang dipilih secara *purposive sampling* berdasarkan keterwakilan kondisi habitat (Sugiyono, 2019). Variabel penelitian meliputi persentase tutupan terumbu karang hidup dan keanekaragaman ikan karang. Data dikumpulkan menggunakan alat berupa roll meter, kamera bawah air, dan perlengkapan menyelam. Bahan pendukung identifikasi menggunakan buku *Coral Finder 3.0* (Kelley, 2016) untuk karang dan *Reef Fish Identification: Tropical Pacific* (Allen et al., 2003) untuk ikan karang.

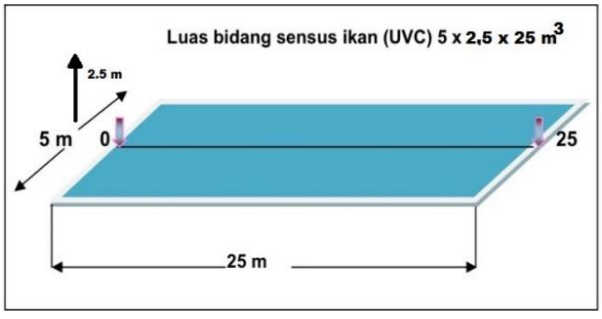
Prosedur penelitian

Prosedur penelitian dilakukan melalui dua tahap utama, yaitu pengamatan terumbu karang dengan metode PIT dan pengamatan ikan karang dengan metode UVC. Pada metode PIT, roll meter dibentangkan sepanjang 50 meter di atas substrat terumbu karang. Pengamatan dilakukan setiap 0,5 meter sehingga diperoleh 50 titik pengamatan, dengan pencatatan jenis substrat atau karang yang berada tepat di bawah garis transek. Dokumentasi visual dilakukan untuk mempermudah proses identifikasi (**Gambar 2**).



Gambar 2. Metode Point Intercept Transect (PIT)

Pada metode UVC, roll meter dibentangkan sepanjang 25 meter. Penyelam berenang mengikuti garis transek sambil mencatat dan mendokumentasikan ikan karang dalam jarak 2,5 meter ke sisi kiri dan kanan transek. Identifikasi karang dilakukan dengan mencocokkan hasil dokumentasi menggunakan panduan *Coral Finder 3.0*, sedangkan ikan diidentifikasi dengan buku *Reef Fish Identification: Tropical Pacific*. (Gambar 3).



Gambar 3. Metode Underwater Fish Visual Census (UVC)

Analisis data penelitian

Identifikasi Terumbu Karang

Identifikasi terumbu karang dilakukan berdasarkan panduan *Coral Finder 3.0* yang disusun oleh Kelley (2016). Proses identifikasi dimulai dengan mengamati bentuk hidup (life form) karang, seperti bercabang, berkelok, berbentuk piring, atau berdaun. Hasil pengamatan kemudian dicocokkan dengan gambar dan deskripsi dalam buku identifikasi, sehingga karang dengan karakteristik paling sesuai ditetapkan sebagai hasil identifikasi. Identifikasi dilakukan secara cermat untuk meminimalkan kesalahan dalam penentuan genus maupun morfologi karang. Data hasil identifikasi ini selanjutnya digunakan untuk menghitung persentase tutupan dan menilai kondisi ekosistem terumbu karang secara keseluruhan.

Identifikasi Ikan Karang

Identifikasi ikan karang dilakukan berdasarkan buku *Reef Fish Identification: Tropical Pacific* (Allen et al., 2003). Proses ini diawali dengan mengamati morfologi ikan yang meliputi warna tubuh, bentuk kepala, dan bentuk tubuh secara keseluruhan. Hasil pengamatan kemudian dicocokkan dengan gambar dan deskripsi pada buku identifikasi sehingga spesies yang paling sesuai dapat ditentukan.

Coral Reef Coverage

Rumus yang digunakan untuk menghitung persentase tutupan terumbu karang mengacu pada rumus yang dikemukakan oleh Mannuputty dan Djuwariah (2009)**,** sebagai berikut.

$$\% \text{ Tutupan} = \frac{A}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

% tutupan	=	Persentase tutupan terumbu karang hidup
A	=	Jumlah titik terumbu karang hidup pada seluruh transek PIT
B	=	Jumlah total titik pengamatan pada satu stasiun.

Kriteria Kondisi dan Kesehatan Terumbu Karang

Kondisi kesehatan terumbu karang dapat diketahui berdasarkan persentase tutupan karang hidup, sesuai dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 4 Tahun 2001 tentang Kriteria Kerusakan Terumbu Karang. Kategori kondisi terumbu karang dibagi seperti pada tabel berikut.

Tabel 1. Kriteria Kerusakan Terumbu Karang Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 4 Tahun 2001.

%Tutupan	Kriteria	Kondisi
75% - 100%	Sangat baik	Baik
50% - 74,9%	Baik	Baik
25% - 49,9%	Sedang	Rusak
0% - 24,9%	Buruk	Rusak

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Perairan

Hasil pengukuran parameter lingkungan di tiga stasiun pada **Tabel 3** menunjukkan adanya perbedaan kondisi perairan. Kedalaman tertinggi tercatat di Stasiun I dengan 2,5–3 meter, sedangkan kedalaman terendah terdapat di Stasiun II dengan 1–2 meter. Salinitas di Stasiun I dan II sama, yaitu 30‰, namun lebih rendah di Stasiun III sebesar 24‰. Kecepatan arus paling tinggi terdapat di Stasiun I (0,143 m/s) dan paling rendah di Stasiun II (0,056 m/s). Perbedaan kondisi ini dapat memengaruhi variasi tutupan karang dan keberadaan ikan di setiap stasiun.

Tabel 2. Kondisi perairan di lokasi penelitian

Parameters	Stasiun		
	I	II	III
Kedalaman (m)	2,5 – 3	1 – 2	1,5 – 2,5
Kecerahan (%)	100	100	100
Salinitas (‰)	30	30	24
Kecepatan arus m/s	0,143	0,056	0,07

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kecepatan arus di perairan Pulau Tidung Besar rata-rata 0,07 m/detik. Arus ini berperan penting dalam membawa oksigen, nutrien, dan membersihkan sedimen dari permukaan karang, sehingga mendukung pertumbuhan ekosistem (Madduppa et al., 2017). Kondisi ini sejalan dengan teori ekologi laut yang menegaskan arus sebagai faktor pembatas utama dalam produktivitas karang (Giyanto et al., 2017). Jika dibandingkan dengan pendapat Haruddin (2011) yang menyatakan arus ideal di bawah 0,2 m/detik, maka nilai 0,7 m/detik di Pulau Tidung memang lebih tinggi, tetapi masih memberikan manfaat positif. Hal ini berbeda dengan beberapa temuan di wilayah tropis lain yang menunjukkan arus kuat dapat menimbulkan kerusakan fisik pada koloni karang (Ditzel et al., 2022). Arus di Pulau Tidung masih berperan mendukung pertumbuhan karang meskipun berada di atas kisaran ideal. Pemantauan arus secara berkelanjutan dan pengintegrasian data oseanografi dalam strategi konservasi untuk menjaga keberlanjutan terumbu karang (Mazaya et al., 2020).

Kecerahan perairan di Pulau Tidung Besar tercatat antara 1,5–3 meter dengan rata-rata 3 meter. Nilai ini berada di bawah standar KEPMEN LH (2004) yang menetapkan kecerahan ideal >5 meter, sehingga kondisi perairan dapat dikategorikan kurang mendukung bagi pertumbuhan terumbu karang. Cahaya memiliki peran penting dalam mendukung fotosintesis zooxanthellae yang hidup bersimbiosis di dalam jaringan karang (Shafir et al., 2010). Penurunan kecerahan biasanya dipengaruhi oleh masukan sedimen dari daratan yang terbawa aliran air hujan dan aktivitas pesisir (Risk, 2014). Kondisi seperti ini juga ditemukan pada ekosistem karang di wilayah tropis lain yang mengalami peningkatan kekeruhan akibat tekanan lingkungan (Anthony & Fabricius, 2000; Erftemeijer et al., 2012). Dengan demikian, meskipun perairan Pulau Tidung masih memungkinkan proses fotosintesis berlangsung, tingkat kecerahan yang rendah menunjukkan adanya

tekanan ekologis yang dapat menurunkan produktivitas karang jika tidak dikelola dengan baik.

Salinitas perairan di Pulau Tidung Besar tercatat antara 24–30‰, lebih rendah dari kisaran ideal menurut KEPMEN LH (2004) yaitu 33–34‰. Rendahnya salinitas ini diduga dipengaruhi oleh curah hujan dan masuknya air tawar dari daratan, sehingga menyebabkan fluktuasi kadar garam di perairan. Secara ekologis, salinitas merupakan faktor penting karena memengaruhi tekanan osmotik dalam tubuh organisme laut dan dapat menjadi pembatas bagi pertumbuhan karang (Kleypas et al., 1999). Penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa penurunan salinitas dapat mengurangi ketahanan karang terhadap tekanan lingkungan, terutama ketika dikombinasikan dengan stres suhu dan sedimentasi (Coles & Jokiel, 1992; Anthony et al., 2007). Kondisi salinitas di Pulau Tidung masih dalam batas toleransi beberapa spesies karang, namun jika terus menurun dapat menimbulkan tekanan fisiologis yang signifikan. Dengan demikian, fluktuasi salinitas perlu dipantau sebagai indikator kesehatan ekosistem terumbu karang.

Kedalaman pengamatan di Pulau Tidung berkisar 3–5 meter, yang masih berada dalam zona eufotik dengan cahaya cukup untuk fotosintesis. Kedalaman ini mendukung simbiosis antara karang dan zooxanthellae, sehingga produktivitas ekosistem tetap terjaga. Faktor kedalaman berperan penting dalam distribusi spesies karang karena menentukan intensitas cahaya yang masuk ke koloni (Brown et al., 1999). Studi lain melaporkan bahwa karang pada kedalaman dangkal lebih rentan terhadap perubahan suhu, namun memiliki laju pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang hidup di kedalaman lebih besar (Baker et al., 2008; Hoogenboom et al., 2012). Dengan demikian, kedalaman pengamatan di Pulau Tidung tergolong ideal untuk mendukung pertumbuhan karang, meskipun karang di zona ini tetap rentan terhadap gangguan lingkungan seperti pemanasan global dan sedimentasi. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun cahaya masih cukup tersedia, kombinasi faktor eksternal seperti suhu tinggi dan peningkatan sedimen dapat mengurangi kesehatan karang. Oleh karena itu, pemantauan berkala terhadap kedalaman dan faktor lingkungan lain diperlukan untuk menjaga keberlanjutan ekosistem terumbu karang di Pulau Tidung..

Identifikasi Terumbu Karang

Hasil identifikasi menunjukkan bahwa di Pulau Tidung terdapat berbagai bentuk hidup (*lifeform*) karang dengan sebaran genus yang berbeda di setiap stasiun (**Tabel 3**). Karang bercabang (*branching*) dari genus *Acropora* ditemukan di semua stasiun, sementara *Montipora* hanya ada di Stasiun I dan III. Karang masif seperti *Porites* juga ditemukan merata di tiga stasiun, sedangkan genus lain seperti *Favia* dan *Goniastrea* hanya muncul di Stasiun I. Kehadiran *soft coral* dan substrat non-karang seperti pasir, puing karang, serta alga juga cukup menonjol di beberapa lokasi, terutama di Stasiun III. Variasi kehadiran genus karang dan substrat ini menunjukkan adanya perbedaan kondisi habitat yang dapat memengaruhi kesehatan dan keberlanjutan ekosistem terumbu karang di Pulau Tidung.

Tabel 3. Terumbu karang di Pulau Tidung

Lifeform	Genus	Station		
		1	2	3
Branching	*Acropora*	+	+	+
	Montipora	+	-	+
	Pocillophora	-	+	+
	Porites	-	+	+
Massive	*Favia*	+	-	-
	Porites	+	+	+
	Goniastrea	+	-	-
	Favites	+	-	+
	Platygiyra	+	-	-
Soliter	*Fungia*	+	-	-
Tubulate	*Acropora*	+	-	-
Thin plate	*Acropora*	+	-	-
Foliose	*Turbinaria*	+	-	-
Non-Lifeform				
Softcoral		-	-	+
Sand		-	+	+
Dead Coral		+	+	+
Dead Coral Algae		+	+	+
Rubble		-	+	+
Rock		-	-	+
Alga		+	-	+

Keterangan: ditemukan (+) dan tidak ditemukan (-)

Berdasarkan hasil penelitian, bentuk hidup terumbu karang di Pulau Tidung menunjukkan dominasi alga pada karang mati dengan persentase tertinggi dibandingkan lifeform lainnya. Kondisi ini menandakan adanya tekanan ekologis yang cukup besar terhadap ekosistem terumbu karang, yang salah satunya disebabkan oleh pencemaran organik dan anorganik dari aktivitas manusia di daratan serta limbah industri dari wilayah perkotaan Jakarta. Dominasi alga pada substrat karang mati mengindikasikan rendahnya tingkat tutupan karang hidup, sehingga memunculkan ketidakseimbangan ekologis. Hal ini sejalan dengan temuan Munua et al. (2019) yang menyatakan bahwa pertumbuhan bentuk hidup karang sangat bergantung pada kualitas lingkungan. Kehadiran alga dalam jumlah besar umumnya berkaitan dengan kondisi lingkungan yang terganggu, seperti meningkatnya sedimen dan nutrien, yang mengurangi kejernihan air dan membatasi fotosintesis oleh zooxanthellae. Dengan demikian, dominasi alga pada karang mati di Pulau Tidung menjadi indikator penting bahwa ekosistem berada dalam tekanan ekologis yang signifikan.

Hasil penelitian ini juga mengonfirmasi bahwa pergeseran dominasi dari karang hidup ke alga dapat terjadi akibat kombinasi faktor antropogenik, seperti penangkapan ikan destruktif dan pencemaran, serta faktor autogenik, seperti gelombang besar, erosi, dan abrasi pantai. Rizal et al. (2016) menjelaskan bahwa tingginya komposisi alga

merupakan tanda menurunnya kualitas perairan yang dapat mempercepat proses degradasi terumbu karang. Dibandingkan dengan penelitian lain di wilayah pesisir Indonesia, pola dominasi alga pada karang mati juga ditemukan di ekosistem yang terpapar aktivitas pesisir intensif, menunjukkan kesamaan pola degradasi ekosistem karang. Kesimpulannya, kondisi di Pulau Tidung menggambarkan adanya perbedaan nyata dengan lokasi terumbu karang yang lebih terlindungi, di mana tutupan karang hidup cenderung lebih tinggi dan dominasi alga lebih rendah. Implikasi dari temuan ini adalah perlunya strategi pengelolaan berbasis ekosistem yang menekan masuknya limbah serta mengendalikan aktivitas manusia di wilayah pesisir untuk mencegah pergeseran ekosistem karang menuju fase dominasi alga.

Persentase Tutupan Karang

Tabel 4 didapatkan hasil pengamatan tutupan terumbu karang yang terdapat perbedaan kondisi antar stasiun. Stasiun I memiliki persentase tutupan karang hidup sebesar 56% dan termasuk dalam kategori "baik". Sementara itu, Stasiun II dan III memiliki persentase lebih rendah, yaitu 22% dan 24%, sehingga masuk kategori "sedang" hingga "rusak". Berdasarkan kriteria baku kerusakan terumbu karang, kondisi terbaik terdapat di Stasiun I, sedangkan kondisi terendah terdapat di Stasiun II. Perbedaan ini menunjukkan bahwa tingkat kesehatan terumbu karang di Pulau Tidung belum merata dan masih memerlukan upaya konservasi.

Tabel 4. Presentasi tutupan terumbu karang di tiap stasiun

%Tutupan	Stasiun			Kriteria	Kondisi
	I	II	III		
75% - 100%				Sangat baik	Baik
50% - 74,9%	56 %			Baik	Baik
25% - 49,9%		22 %	24%	Sedang	Rusak
0% - 24,9%				Buruk	Rusak

Tutupan terumbu karang di Pulau Tidung menunjukkan variasi kondisi antar stasiun. Perbedaan ini mencerminkan adanya variasi tekanan lingkungan dan antropogenik, di mana kondisi lebih baik di Stasiun I kemungkinan didukung oleh arus stabil dan rendahnya aktivitas manusia, sementara rendahnya tutupan di Stasiun II dan III dapat disebabkan oleh sedimentasi, limbah, dan aktivitas wisata. Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 4 Tahun 2001, kondisi ini menandakan bahwa ekosistem masih berfungsi namun mengalami degradasi serius di beberapa lokasi, berbeda dengan wilayah timur Indonesia yang memiliki tutupan >70% dan ekosistem lebih sehat. Hasil ini menegaskan pentingnya upaya konservasi, pengendalian aktivitas antropogenik, serta rehabilitasi ekosistem untuk meningkatkan kembali tutupan karang hidup dan menjaga keberlanjutan fungsi ekologisnya.

Identifikasi Ikan Karang

Hasil identifikasi ikan karang di tiga stasiun penelitian menunjukkan adanya variasi spesies dari beberapa famili (**Tabel 5**). Famili Pomacentridae mendominasi dengan jumlah spesies terbanyak dan ditemukan hampir di semua stasiun, misalnya *Chrysiptera caeruleolineta*, *Pomacentrus moluccensis*, dan *Abudefduf vaigiensis*. Famili Scaridae juga cukup beragam, seperti *Scarus ghoban* dan *Scarus bleekeri*, meskipun sebarannya berbeda di tiap stasiun. Beberapa famili lain seperti Labridae, Lutjanidae, Chaetodontidae, dan Haemulidae hanya ditemukan pada stasiun tertentu dengan jumlah spesies lebih sedikit. Keberagaman ini menunjukkan adanya perbedaan kondisi habitat yang memengaruhi distribusi ikan karang di perairan Pulau Tidung.

Tabel 5. Ikan Karang di lokasi penelitian

Famili	Spesies	Stasiun		
		I	II	III
Pomacentridae	*Chrysiptera caeruleolineta*	+	-	-
	Meoglyphidon sp.	+	-	-
	Pomacentrus sp.	+	-	-
	Abudefduf vaigiensis	+	-	-
	Pomacentrus moluccensis	+	-	-
	Pomacentrus grammorchyncus	+	-	-
	Dascyllus flavicaudus	-	+	-
	Pomacentrus geminosphilus	-	-	+
	Pomacentrus sp. 2	-	+	-
Scaridae	*Scarus sp.*	+	-	-
	Scarus rifulatus	-	+	-
	Scarus ghoban	-	+	-
	Cholururus spilurus	-	+	-
	Scarus bleekeri	-	+	-
Sphyraenidae	*Sphyraena sp.*	+		-
Labridae	*Labroides dimidiatus*	-		+
Pinguipedidae	*Parapercis sp.*	-	+	-
Lutjanidae	*Lutjanus ehrenbergii*	-	+	-
Chaetodonidae	*Chaetodon octofasciatus*	-	+	-
Bleniidae	*Aspidontus taeniatus*	-	+	-
Sinodontidae	*Synodus binotatus*	-	+	-
Haemulidae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	-	-	+
Nemipteridae	*Pentapodus bifasciatus*	-	-	+

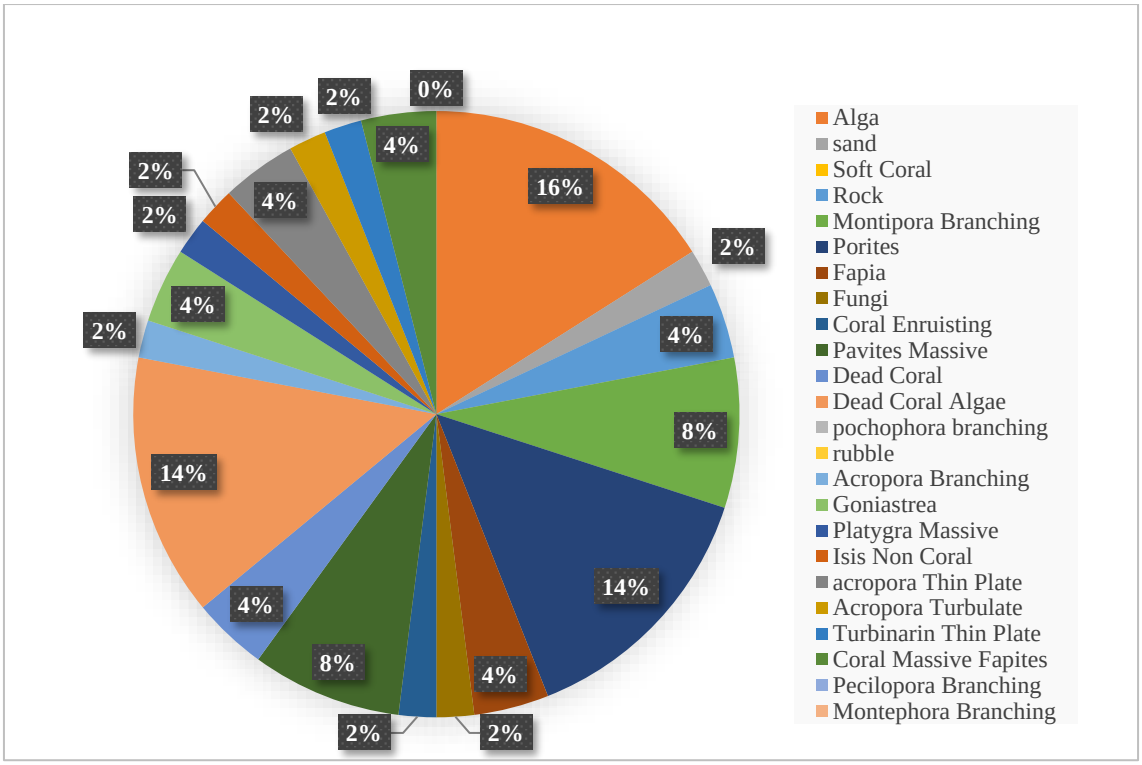
Keterangan: ditemukan (+) dan tidak ditemukan (-)

Komunitas ikan karang di perairan Pulau Tidung Besar didominasi oleh famili Pomacentridae yang berperan penting sebagai penetap ekosistem karang, sedangkan famili Scaridae juga cukup menonjol dengan fungsi

ekologis dalam mengendalikan pertumbuhan alga. Keberadaan kedua famili ini mencerminkan peran mereka dalam menjaga keseimbangan ekosistem karang, meskipun distribusinya berbeda pada tiap stasiun pengamatan. Variasi tersebut menunjukkan adanya pengaruh kondisi lingkungan lokal terhadap kehadiran dan kelimpahan ikan karang. Hasil ini sejalan dengan temuan bahwa keanekaragaman ikan karang merupakan indikator penting kesehatan terumbu (Allen & Erdmann, 2012; Wilson et al., 2010; Hughes et al., 2017; Komyakova et al., 2018; Brandl et al., 2019). Dengan demikian, ekosistem di Pulau Tidung masih mampu mendukung komunitas ikan karang, meskipun potensi tekanan ekologis tetap perlu diwaspadai.

Kondisi Tutupan Karang

Hasil analisis tutupan substrat di lokasi penelitian menunjukkan bahwa kategori Dead Coral Algae memiliki persentase terbesar yaitu 16%, diikuti oleh Dead Coral dan Porites yang masing-masing mencapai 14% (**Gambar 5**). Komponen lain seperti Goniastrea dan Montipora branching memiliki persentase sedang, yaitu 8%. Sementara itu, beberapa jenis lifeform seperti Soft Coral, Favia, dan Turbinaria Thin Plate hanya menyumbang 2% dari total tutupan. Distribusi yang tidak merata ini menggambarkan bahwa ekosistem terumbu karang di Pulau Tidung masih didominasi oleh substrat mati, meskipun beberapa genus karang keras masih cukup mendominasi di beberapa titik pengamatan.



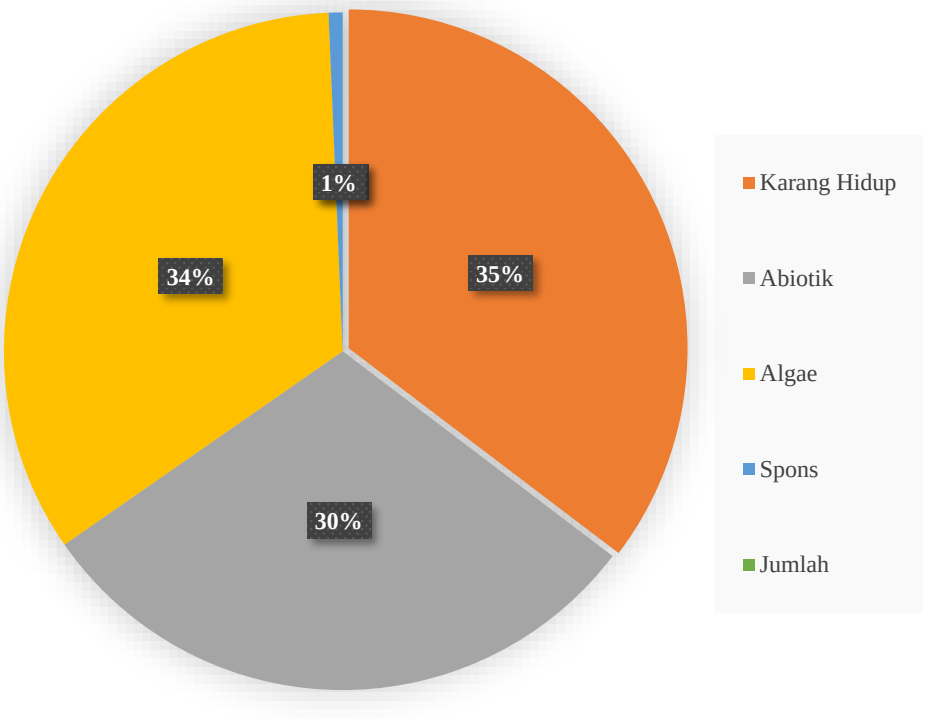
Gambar 5. Tutupan Karang

Dominasi alga pada karang mati di Pulau Tidung mencerminkan adanya gangguan ekosistem terumbu karang. Alga tumbuh pesat pada substrat karang mati dan menutupi polip sehingga menghambat fotosintesis. Kondisi ini diduga dipicu oleh pencemaran organik dan nonorganik dari aktivitas manusia serta faktor alam seperti abrasi dan gelombang besar. Menurut McCook et al. (2001), kompetisi antara alga dan karang sering kali merugikan karang karena alga dapat menguasai ruang hidup. Hasil ini sejalan dengan Bengen & Allen (2001) yang melaporkan bahwa tekanan aktivitas manusia mempercepat dominasi alga di wilayah pesisir. Dengan demikian, kesehatan terumbu karang di Pulau Tidung tergolong terancam sehingga memerlukan pengelolaan dan rehabilitasi ekosistem untuk mengurangi dominasi alga dan menjaga keberlanjutan terumbu karang**.**

Tutupan karang di Pulau Tidung Besar memperlihatkan dominasi karang hidup meskipun keberadaan alga dan komponen abiotik juga cukup tinggi, yang menandakan adanya tekanan ekologis pada ekosistem. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun lingkungan masih mampu mendukung pertumbuhan karang, peningkatan alga akibat penurunan kualitas perairan berpotensi mengganggu keseimbangannya (Munua et al., 2019). Jika dibandingkan dengan lokasi lain seperti Pulau Tekulai, ditemukan pola serupa dengan dominasi alga yang tinggi sehingga kesehatan terumbu karang menurun (Rizal et al., 2016). Temuan ini menegaskan bahwa penurunan kualitas lingkungan, termasuk kejernihan perairan, memiliki dampak langsung terhadap keberlanjutan ekosistem terumbu karang (Brown et al., 2019; Hughes et al., 2017).

Kelompok Terumbu Karang

Hasil pengelompokan tutupan terumbu karang menunjukkan bahwa kategori karang hidup memiliki persentase tertinggi yaitu 35%. Komponen abiotik seperti pasir, puing karang, dan batuan menempati 30%, sedangkan alga menyumbang 34% dari total tutupan. Sementara itu, kategori spons hanya tercatat sebesar 1%, sehingga merupakan komponen dengan persentase terendah. Data ini mengindikasikan bahwa meskipun karang hidup masih mendominasi, keberadaan alga yang cukup tinggi dapat menjadi tanda adanya tekanan ekosistem yang memengaruhi keseimbangan terumbu karang di Pulau Tidung. Berdasarkan data pengelompokan tutupan karang di perairan Kampung Baru, Desa Teluk Sebong, Kabupaten Bintan, terdiri dari 4 kelompok yang dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Pengelompokkan tutupan terumbu karang

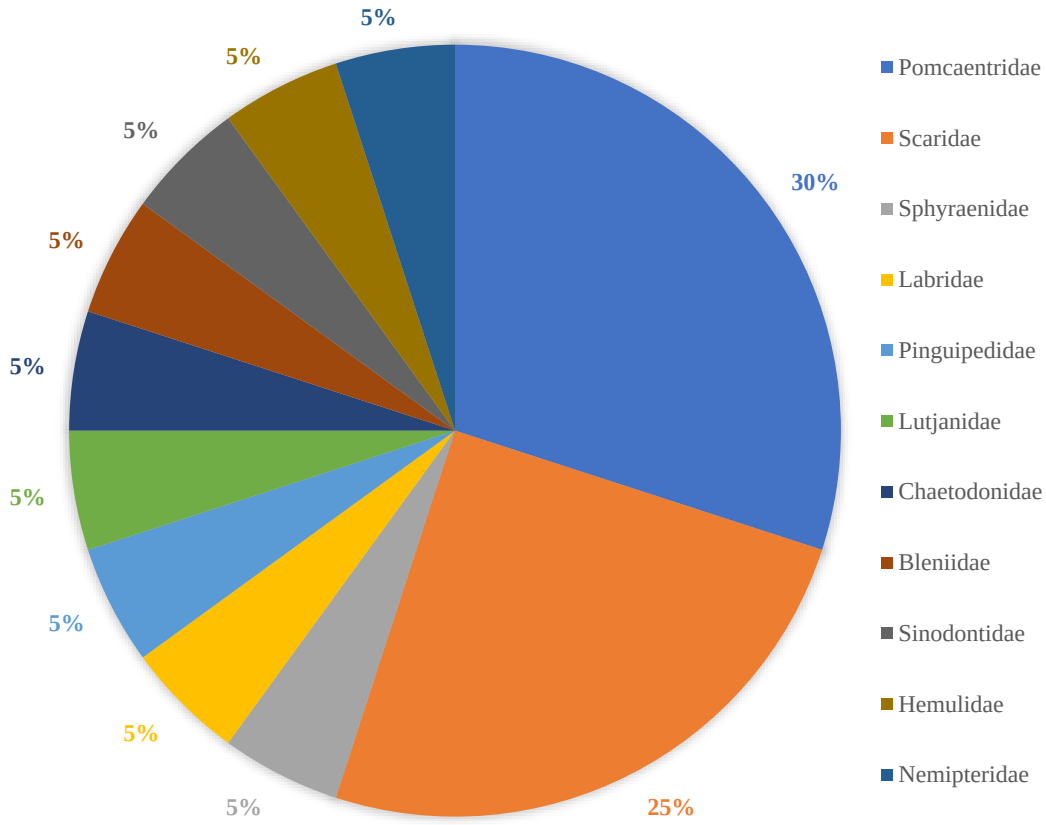
Berdasarkan hasil pengelompokan tutupan karang di perairan Pulau Tidung Besar, komponen ekosistem karang menunjukkan dominasi karang hidup dan alga dengan proporsi yang hampir seimbang, diikuti oleh abiotik dan spons dalam jumlah yang lebih kecil. Temuan ini menegaskan bahwa kondisi terumbu karang masih mampu mendukung kehidupan biota laut, meskipun tingginya komposisi alga dapat menjadi indikasi adanya gangguan keseimbangan ekosistem. Dominasi alga biasanya dipicu oleh menurunnya kualitas perairan, khususnya kejernihan air dan peningkatan sedimen, yang pada akhirnya dapat menghambat pertumbuhan karang melalui persaingan ruang dan cahaya. Hasil ini menunjukkan pentingnya kualitas lingkungan sebagai faktor penentu struktur komunitas karang, sesuai dengan Munua et al. (2019) yang menyatakan bahwa kondisi perairan sangat memengaruhi komposisi bentuk hidup karang di suatu habitat. Penelitian lain juga menegaskan bahwa kondisi ekosistem terumbu karang sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan tekanan antropogenik, sehingga tutupan karang hidup seringkali menurun seiring meningkatnya dominasi alga (Yulianda, 2019).

Jika dibandingkan dengan penelitian Rizal (2016) di Pulau Tekulai, terlihat adanya pola yang hampir serupa, yaitu dominasi alga pada kondisi terumbu yang tertekan, sedangkan tutupan karang hidup lebih rendah dibandingkan dengan kondisi ideal. Perbedaan tingkat dominasi komponen ini menunjukkan bahwa meskipun Pulau Tidung Besar masih memiliki potensi ekosistem karang yang cukup baik, tekanan lingkungan seperti sedimentasi, limbah antropogenik, dan perubahan kualitas perairan berpotensi memperburuk kondisinya. Dengan demikian, hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa ekosistem karang di Pulau Tidung Besar berada pada kondisi yang rentan terhadap gangguan, dan memerlukan pengelolaan berbasis konservasi untuk menekan dominasi alga sekaligus menjaga kelangsungan karang hidup (Yulianda, 2019).

Kondisi Ikan Karang

Terdapat 10 famili ikan yang terbagi menjadi 23 spesies. Ikan dari famili Pomacentridae mendominasi dengan persentase 30%, diikuti oleh Scaridae sebesar 25%, dan famili lainnya masing-masing sebesar 5%. Stasiun 2 merupakan lokasi dengan jumlah ikan terbanyak dalam

penelitian ini (**Tabel 2**). Kondisi terumbu karang akan berpengaruh terhadap ikan karang, jika kualitas karang menurun, jumlah ikan juga akan menurun (Edrus dan Susanti, 2016). Selain kelimpahan ikan, keanekaragaman ikan di suatu lokasi juga dipengaruhi oleh kondisi terumbu karang



Gambar 7. Keanekaragaman ikan karang

Komposisi kondisi lain dalam ekosistem terumbu karang sangat berpengaruh terhadap ikan karang. Kompetisi antara alga dan karang akan memengaruhi kelompok ikan yang menghuni lokasi tersebut. Ikan karang dari famili Pomacentridae adalah yang paling sering ditemukan dalam penelitian ini. Ikan karang dari famili ini adalah predator alga. Falah *et al*. (2020) menyatakan dalam penelitiannya bahwa ikan karang dari famili Pomacentridae cenderung mendominasi area di mana terdapat banyak alga yang menjadi makanannya. Ditambahkan oleh Romimohtarto dan Juwana (2007) dalam penelitiannya bahwa ikan karang dari famili Pomacentridae merupakan ikan residen yang perilakunya jarang berpindah jauh dari sumber makanan dan tempat berlindung.

Ikan karang dari famili Chaetodontidae hanya ditemukan 1 spesies dalam penelitian ini, kondisi ini menunjukkan jika kondisi terumbu karang dalam keadaan buruk. Ikan dari famili Chaetodontidae memiliki hubungan erat dengan ekosistem terumbu karang. Ikan Chaetodontidae adalah predator karang yang memiliki mulut kecil dan runcing yang berfungsi untuk memakan polip yang terdapat pada karang. Karena kondisi terumbu karang yang buruk, jumlah ikan famili Chaetodontidae pun sedikit.

KESIMPULAN

Kondisi terumbu karang di perairan Pulau Tidung Besar, Kabupaten Kepulauan Seribu, yang secara keseluruhan diklasifikasikan dalam kondisi sedang jika dijumlahkan per stasiun. Namun, jika dihitung per stasiun, maka berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 4 Tahun 2001 dapat dikategorikan sebagai Rusak, yaitu dalam kelas 0 – 24,9%, Kota Jakarta. Alga, abiotic, dan spons jika digabungkan mencapai 67% secara keseluruhan. Untuk kondisi ikan karang, ikan dari famili Pomacentridae mendominasi penelitian ini dengan 9 spesies, diikuti oleh ikan dari famili Scaridae dengan 4 spesies. Dominasi ikan famili Pomacentridae menunjukkan bahwa kondisi terumbu karang di lokasi penelitian didominasi oleh alga, yang merupakan makanan ikan dari famili Pomacentridae tersebut. Kualitas air di Pulau Tidung menunjukkan bahwa

beberapa parameter cukup baik untuk mendukung pertumbuhan terumbu karang berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 4 Tahun 2001.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Akhmad, D. S., Supriharyono, & Puujiono, W. P. (2018). Potensi kerusakan terumbu karang pada kegiatan wisata snorkeling di Destinasi Wisata Taman Nasional Karimunjawa. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis, 10*(2), 419–429. https://doi.org/10.29244/jitkt.v10i2.21495

Allen, G. R., & Erdmann, M. V. (2012). *Reef fishes of the East Indies*. Perth: University of Hawai'i Press.

Anthony, K. R. N., & Fabricius, K. E. (2000). Shifting roles of heterotrophy and autotrophy in coral energetics under varying turbidity. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 252*(2), 221–253. https://doi.org/10.1016/S0022-0981(00)00237-9

Baker, A. C., Glynn, P. W., & Riegl, B. (2008). Climate change and coral reef bleaching: An ecological assessment of long-term impacts, recovery trends and future outlook. *Estuarine, Coastal and Shelf Science, 80*(4), 435–471. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2008.09.003

Bengen, D. G., & Allen, G. R. (2001). *Marine and coastal biodiversity in Indonesia: Current status*. In G. Tomascik, A. J. Mah, A. Nontji, & M. K. Moosa (Eds.), *The ecology of the Indonesian seas* (pp. 549–580). Oxford: Oxford University Press.

Brandl, S. J., Rasher, D. B., Côté, I. M., Casey, J. M., Darling, E. S., Lefcheck, J. S., & Duffy, J. E. (2019). Coral reef ecosystem functioning: Eight core processes and the role of biodiversity. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 17(8), 445–454. https://doi.org/10.1002/fee.2088

Brown, B. E., Le Tissier, M. D. A., Bythell, J. C., & Willis, B. L. (1999). Mechanisms of bleaching deduced from histological studies of reef corals sampled during a natural bleaching event. *Marine Biology, 134*(3), 461–469. https://doi.org/10.1007/s002270050562

Coles, S. L., & Jokiel, P. L. (1992). Effects of salinity on coral reefs. In D. W. Connell & D. W. Hawker (Eds.), *Pollution in tropical aquatic systems* (pp. 147–166). CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781003076937-8

Ditzel, P., Konig, S., Musembi, P., & Peters, M. (2022). Correlation between coral reef condition and the diversity and abundance of fishes and sea urchins on an East African coral reef. *Oceans, 3*(1), 1–14. https://doi.org/10.3390/oceans3010001

Edrus IN & Susanti RS. 2016. Kondisi Kesehatan Terumbu Karang Teluk Saleh Sumbawa: Tinjauan Aspek Substrat Dasar Terumbu dan Keanekaragaman Ikan Karang. *J.Lit Perikanan Ind.* 16(2): 147-161.

Ekel, J. R., Indri, S. M., Hermanto, W. K. M., Kakaskasen, A. R., Medy, O., & Hariyani, S. (2021). Keanekaragaman genus karang Scleractinia di Perairan Pulau Tidung Kepulauan Seribu Provinsi DKI Jakarta. *Jurnal Ilmiah Platax, 9*(2), 157–166.

Erftemeijer, P. L. A., Riegl, B., Hoeksema, B. W., & Todd, P. A. (2012). Environmental impacts of dredging and other sediment disturbances on corals: A review. *Marine Pollution Bulletin, 64*(9), 1737–1765. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.05.008

Fakan, E. P., Alexia, D., Christopher, R. H., Mark, I. M., & Andrew, S. H. (2025). Habitat degradation has species-specific effects on the stress response of coral reef fisher. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 582*(1), 1–9. https://doi.org/10.1016/j.jembe.2024.152070

Falah FH, Arthana IW, Ernawati NM. 2020. Struktur Komunitas dan Tingkah Laku Ikan Pada Karang Genus Acropora di Perairan Desa Bondalem Provinsi Bali. *Current Trends in Aquatic Science*. 3(2): 67-75.

Fauzanabri, M., Madduppa, H., & Prasetyo, A. (2021). Kondisi terumbu karang di Pulau Tidung. *Jurnal Kelautan Tropis, 24*(3), 283–290.

Giyanto, Abrar, M., Hadi, T. A., Budiyanto, A., Hafizt, M., Slatalohy, A., & Iswari, M. Y. (2017). *Status Terumbu Karang Indonesia 2017*. Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI. https://doi.org/10.5281/zenodo.2653722

Harsindhi, C. J., Bengen, D. G., Zamani, N. P., & Kurniawan, F. (2020). Abundance and spatial distribution of reef fish based on coral lifeforms at Tidung Island, Seribu Islands, Jakarta Bay. *AACL Bioflux, 13*(2), 736–745.

Haruddin. A., Edi. P, dan Sri B. 2011. Dampak Kerusakan Ekosistem Terumbu Karang Terhadap Hasil Penangkapan Ikan Oleh Nelayan Secara Tradisional Di Pulau Siompu Kabupaten Buton Provinsi.

Hoogenboom, M. O., Connolly, S. R., & Anthony, K. R. N. (2012). Biotic and abiotic correlates of tissue quality for common reef-building corals. *Marine Ecology Progress Series, 451*, 151–164. https://doi.org/10.3354/meps09597

Hughes, T. P., Kerry, J. T., Baird, A. H., Connolly, S. R., Dietzel, A., Eakin, C. M., ... & Torda, G. (2017). Global warming and recurrent mass bleaching of corals. *Nature*, 543(7645), 373–377. https://doi.org/10.1038/nature21707

Jayaprabha, N., Purusothaman, S., & Srinivasan, S. (2018). Biodiversity of coral reef associated fishes along Southeast Coast India. *Regional Studies in Marine Science*, *18*, 97–105. https://doi.org/10.1016/j.rsma.2017.12.010

Kelley, R. (2016). *Coral Finder 3.0: Indo Pacific coral identification*. BYO Guides.

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 4 .2004.Penilaian Kondisi TerumbuKarang.Menteri Lingkungan Hidup. Jakarta.

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 .2004. Baku Mutu Air Untuk Biota.Menteri Lingkungan Hidup. Jakarta.

Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2001 tentang Kriteria Baku Kerusakan Terumbu Karang. (2001). Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia.

Kleypas, J. A., McManus, J. W., & Meñez, L. A. B. (1999). Environmental limits to coral reef development: Where do we draw the line? *American Zoologist*, *39*(1), 146–159. https://doi.org/10.1093/icb/39.1.146

Komyakova, V., Munday, P. L., & Jones, G. P. (2018). Strong effects of coral species on the diversity and structure of reef fish communities: A multi-scale analysis. *PLoS ONE*, 13(8), e0202206. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202206

Mannuputty, A. E. W., & Djuwariah, S. (2009). Monitoring kesehatan terumbu karang: Panduan pelatihan. Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI. https://doi.org/10.5281/zenodo.3404215

Marshell, A., & Mumby, P. J. (2015). The role of surgeonfish (Acanthuridae) in maintaining algal turf biomass on coral reefs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, *473*, 152–160. https://doi.org/10.1016/j.jembe.2015.09.002

Mazaya, A. F. A., Yulianda, F., & Taryono. (2020). Permintaan ekowisata bahari (snorkeling dan diving) dan valuasi sumber daya terumbu karang di Taman Nasional Karimun Jawa. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, *25*(1), 26–34. https://doi.org/10.18343/jipi.25.1.26

McCook, L. J., Jompa, J., & Diaz-Pulido, G. (2001). Competition between corals and algae on coral reefs: A review of evidence and mechanisms. *Coral Reefs*, *19*(4), 400–417. https://doi.org/10.1007/s003380000129

Munua, P., et al. (2019). *Ecological factors influencing coral reef composition*.

Munua, R., Hamuna, B., Kalor. D. J.(2019). Tutupan Terumbu Karang di Perairan Teluk Tanah Merah, Kabupaten Jayapura. Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan Papua. Vol. 2, No. 1, Hal. 30-36.

Nurjirana, & Andi, I. B. (2017). Kelimpahan dan keragaman jenis ikan famili Chaetodonidae berdasarkan kondisi tutupan karang hidup di Kepulauan Spermonde Sulawesi Selatan. *Spermonde*, *2*(3), 103–110.

Pahrela, A. M., Tetelepta, J. M. S., & Uktolseja, J. L. A. (2022). Coral reef fish community structure in relation to benthic habitat condition in Lease Islands, Maluku, Indonesia. *Biodiversitas*, *23*(10), 5246–5254. https://doi.org/10.13057/biodiv/d231028

Patty, S. I., & Akbar, N. (2018). Kondisi suhu, salinitas, pH, dan oksigen terlarut di perairan terumbu karang Ternate, Tidore dan sekitarnya. *Jurnal Ilmu Kelautan Kepulauan*, *1*(2), 1–10.

Ridwan, M., Tantu, G., & Zainuddin, H. (2019). Analisis kualitas keragenan rumput laut jenis *Eucheuma spinosum* pada ekosistem yang berbeda di Perairan Tomia. *Journal of Aquaculture and Environment*, *1*(2), 1–7.

Risk, M. J. (2014). Assessing the effects of sediments and nutrients on coral reefs. *Marine Pollution Bulletin*, *84*(1–2), 9–10. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.05.049

Rizal, S. (2016). *Kondisi tutupan karang di Pulau Tekulai*.

Rizal, S., Pratomo, A., Irawan, H. 2016. Tingkat Tutupan Ekosistem Terumbu Karang Di Perairan Pulau Terkulai. Jurnal Ilmu Kelautan Universitas Maritim Raja Ali Haji: Tanjungpinang, Kepulauan Riau.

Romimohtarto K, Juwana. 2007. Biologi Laut-Ilmu Penegtahuan Tentang Biota Laut, Djambatan: Jakarta.

Shafir, S., Van Rijn, J., & Rinkevich, B. (2010). Coral nubbins as source material for coral biological research: A prospectus. *Aquaculture*, *310*(3–4), 161–168. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.10.040

Silahooy, V. B., Hamid, S., & Moniharapon, M. (2020). Inventarisasi ikan karang famili Pomacentridae di terumbu karang Pulau Kasuari, Kabupaten Seram. *Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan Papua*, *3*(1), 20–24.

Sugiyono. (2019). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.

Supriharyono, 2007. *Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang*. Djambatan. Jakarta. 118 hal.

Suryono, W., Wibowo, E., Ario, R., Taufik, N., & Nuraini, R. A. T. (2018). Kondisi terumbu karang di Perairan Pantai Empu Rancak, Jepara. *Jurnal Kelautan Tropis*, *21*(1), 49–54. https://doi.org/10.14710/jkt.v21i1.2301

Tkachenko, K. S., Vu Viet, D., & Vo Thin, H. (2025). Ecological status and resilience of coral reefs in South-Central Vietnam (Khanh Hoa Province) in the third decade of the 21st century. *Regional Studies in Marine Science*, *83*, 1–16. https://doi.org/10.1016/j.rsma.2025.104074

Tony, F., Soemarno, Wiadnya, D. G. R., & Hakim, L. (2020). Diversity of reef fish in Halang Melingkau Island, South Kalimantan, Indonesia. *Biodiversitas*, *21*(10), 4804–4812. https://doi.org/10.13057/biodiv/d211046

Wilson, S. K., Graham, N. A. J., Pratchett, M. S., Jones, G. P., & Polunin, N. V. C. (2010). Multiple disturbances and the global degradation of coral reefs: Are reef fishes at risk or resilient? *Global Change Biology*, 12(11), 2220–2234. https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2006.01252.x

Yulianda, F. (2019). *Ekologi Terumbu Karang dan Pengelolaannya*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB Press.