

# Morphological Characteristics of Coral Reefs in the Marine Waters of South Buton Regency

Kusrini\*, La Aba<sup>1</sup>, Jumiati<sup>1</sup>, Neneng Nurdianingsih

<sup>1</sup>Program Studi Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Muhammadiyah Buton, Baubau, Indonesia;

## Article History

Received : April 17<sup>th</sup>, 2026

Revised : April 27<sup>th</sup>, 2026

Accepted : May 08<sup>th</sup>, 2026

\*Corresponding Author: La

Aba, Program Studi Pendidikan Biologi, Universitas Muhammadiyah Buton, Baubau;

email:

[laabarazak1980@gmail.com](mailto:laabarazak1980@gmail.com)

**Abstract:** Coral reef ecosystems represent one of the most diverse marine systems and play a fundamental role in maintaining the ecological stability of coastal environments. Despite their importance, detailed information on coral species composition and morphological characteristics in many Indonesian coastal areas remains limited, including in the Bahari waters of Sampolawa District, South Buton Regency. This study aimed to examine coral species composition, analyze their distribution across different substrate types, and interpret the ecological implications of their morphological characteristics. Field surveys using a descriptive–exploratory approach. Data were collected through the Line Intercept Transect (LIT) method along a 50 m transect line in shallow intertidal waters. Coral colonies intersecting the transect were documented and identified based on morphological traits using the Coral Finder Toolkit Indo-Pacific 3.0. The results recorded a total of 10 coral species belonging to five families: Acroporidae (50%), Agariciidae (20%), and Fungiidae, Leptastreidae, and Merulinidae (each 10%). Species distribution varied across substrate types, with rocky sand supporting the highest species richness (70%), followed by sandy substrates (50%), while seagrass–sand substrates supported only a limited number of species (10%). The dominance of branching corals, particularly from the genus *Acropora*, indicates environmental conditions characterized by high light availability and relatively stable substrates, while the occurrence of solitary forms such as *Fungia* reflects adaptive strategies to unstable sedimentary environments. These findings highlight a clear relationship between coral morphology, substrate stability, and environmental dynamics in intertidal reef systems. This study provides baseline ecological information on coral composition and morphology in the Bahari coastal waters and emphasizes the importance of substrate characteristics in shaping coral community structure. The results can support future coastal management and coral reef conservation strategies in South Buton Regency.

**Keywords:** Coral reef; Morphology; Substrate type; South Buton.

## Pendahuluan

Perairan Bahari merupakan salah satu kawasan ekosistem pesisir tropis yang terletak di Pulau Buton, Kabupaten Buton Selatan. Secara geografis wilayah ini berhubungan langsung dengan Selat Buton di bagian selatan dan barat, Laut Banda di bagian timur, serta dataran tinggi Pulau Buton di bagian utara. Kondisi geomorfologi kawasan tersebut membentuk teluk semi-tertutup yang berfungsi sebagai sistem perairan dangkal tropis dengan tingkat produktivitas biologis yang relatif tinggi

(Kurniawansyah et al., 2023). Kejernihan kolom air yang mampu mencapai dasar perairan mencerminkan kualitas lingkungan yang baik sehingga memungkinkan penetrasi cahaya berlangsung secara optimal (Rahardian et al., 2022). Kondisi perairan yang jernih tersebut selanjutnya mendukung keberlangsungan berbagai komunitas biota laut, baik organisme bentik maupun nektonik (Hendarto & Yuniwati, 2024; Kolinug et al., 2024). Selain itu, keberadaan makrozoobentos seperti gastropoda dan bivalvia pada substrat pesisir mengindikasikan tingginya keanekaragaman

organisme di kawasan tersebut (Nugroho & Putri, 2024). Secara keseluruhan, keberadaan berbagai organisme tersebut menunjukkan bahwa kawasan pesisir memiliki potensi keanekaragaman hayati yang tinggi dan masih didukung oleh kondisi lingkungan yang relatif baik (Martuti et al., 2026).

Terumbu karang merupakan salah satu komponen utama penyusun ekosistem pesisir tropis yang berperan penting sebagai habitat bagi berbagai organisme laut serta mendukung keanekaragaman hayati yang tinggi dan penyediaan jasa ekosistem bagi masyarakat pesisir (Eddy et al., 2021). termasuk dalam filum Cnidaria, kelas Anthozoa, dan ordo Scleractinia (Shinzato & Yoshioka, 2024). Struktur terumbu karang terbentuk melalui proses akumulasi kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) yang dihasilkan oleh koloni organisme karang pembentuk terumbu (Wang et al., 2021) yang termasuk dalam filum Cnidaria, kelas Anthozoa, dan ordo Scleractinia (Daly et al., 2007). Pembentukan kerangka karang merupakan hasil proses biomineralisasi yang melibatkan aktivitas seluler serta matriks organik dalam jaringan karang (Ganot et al., 2022). Pembentukan dan pertumbuhan terumbu karang selanjutnya didukung oleh hubungan simbiosis mutualistik antara karang dan alga fotosintetik zooxanthellae yang berperan dalam menyediakan energi bagi pertumbuhan karang sekaligus meningkatkan laju kalsifikasi (Lajeunesse et al., 2018). Secara biologis, anggota filum Cnidaria memiliki karakteristik berupa sel penyengat (knidosit) yang mengandung nematosista dan berfungsi dalam mekanisme pertahanan diri serta penangkapan mangsa (Kayal et al., 2013; Karabulut et al., 2022). Kompleksitas struktur terumbu karang meningkatkan heterogenitas habitat yang berperan dalam menyediakan ruang perlindungan, area hidup, serta lokasi reproduksi bagi berbagai organisme laut, sehingga berkontribusi terhadap tingginya produktivitas dan keanekaragaman ekosistem (Oh et al., 2025).

Wilayah pesisir Indonesia berada dalam kawasan Segitiga Terumbu Karang (Coral Triangle) yang dikenal sebagai pusat keanekaragaman hayati laut global. Kawasan ini memiliki kekayaan spesies karang yang sangat tinggi serta mendukung keberagaman biota laut

yang berasosiasi di dalamnya (J E N Veron et al., 2009). Ekosistem terumbu karang menyediakan berbagai jasa ekosistem penting, termasuk peningkatan produktivitas perikanan, perlindungan pantai dari abrasi dan gelombang, serta dukungan terhadap ekonomi masyarakat pesisir (Woodhead et al., 2019).

Ekosistem terumbu karang tidak hanya memiliki nilai ekologis yang penting, tetapi juga menyediakan berbagai jasa ekosistem bagi masyarakat pesisir, seperti meningkatkan produktivitas perikanan, menopang kegiatan ekonomi lokal, serta melindungi wilayah pantai dari abrasi dan energi gelombang laut (Spalding et al., 2017; Woodhead et al., 2019). Koloni karang memiliki variasi morfologi yang beragam seperti *branching*, *massive*, *tabulate*, *foliose*, *encrusting*, dan *digitate* yang digunakan sebagai dasar klasifikasi bentuk pertumbuhan karang (Pilly et al., 2024) dan secara umum dikelompokkan menjadi karang *Acropora* dan non-*Acropora* berdasarkan karakter morfologinya (Ussi et al., 2024). Variasi morfologi koloni karang berperan dalam membentuk kompleksitas habitat serta memengaruhi dinamika komunitas organisme laut yang berasosiasi dengan ekosistem terumbu karang (Graham et al., 2020). Selain itu, Ekosistem terumbu karang dikenal sebagai hotspot keanekaragaman hayati yang mampu menopang berbagai organisme laut, termasuk ikan dan biota asosiasi lainnya (Eddy et al., 2021; Voolstra et al., 2023).

Informasi ilmiah mengenai komposisi jenis dan karakter morfologi koloni karang di Indonesia masih terbatas, dan kajian spesifik pada wilayah pesisir tertentu seperti Pulau Buton juga masih jarang dilaporkan (Pratomo et al., 2022). Sebagian besar penelitian terumbu karang lebih banyak menitikberatkan pada analisis tutupan karang dan kondisi kesehatan ekosistem secara umum, sementara kajian yang secara spesifik mengidentifikasi jenis karang berdasarkan karakter morfologi koloni masih terbatas dan belum banyak dilaporkan (Giyanto et al., 2023; Yulianda & Mazaya, 2021). Keterbatasan data tersebut menyebabkan belum tersedianya informasi dasar yang memadai mengenai struktur keanekaragaman karang di kawasan ini. Oleh karena itu, penelitian ini menawarkan kebaruan dalam penyajian informasi ilmiah mengenai komposisi jenis serta

karakteristik morfologi koloni karang di perairan Bahari Kabupaten Buton Selatan. Data yang dihasilkan diharapkan dapat memperkaya informasi mengenai keanekaragaman terumbu karang di wilayah pesisir Pulau Buton serta menjadi dasar dalam upaya pengelolaan dan konservasi ekosistem pesisir secara berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis-jenis terumbu karang yang termasuk dalam kelas Anthozoa di perairan Bahari Kabupaten Buton Selatan berdasarkan karakter morfologi koloni serta mendeskripsikan karakteristik morfologis setiap jenis yang ditemukan.

## Bahan dan Metode

### Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei hingga Agustus 2024 di perairan Bahari, Kecamatan Sampolawa, Kabupaten Buton Selatan, Provinsi Sulawesi Tenggara.

### Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif eksploratif melalui metode survei lapangan untuk mengidentifikasi jenis-jenis karang berdasarkan karakter morfologi koloni yang ditemukan pada lokasi penelitian. Pendekatan deskriptif eksploratif dalam kajian ekologi laut banyak digunakan untuk memperoleh informasi awal mengenai komposisi spesies serta karakteristik komunitas organisme pada suatu ekosistem (Urbina-Barreto *et al.*, 2021). Metode ini memungkinkan peneliti untuk mendeskripsikan variasi morfologi koloni karang serta distribusi spesies pada berbagai tipe substrat habitat di wilayah penelitian (Fan *et al.*, 2024)

### Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh komunitas terumbu karang yang terdapat pada ekosistem perairan Bahari, Kecamatan Sampolawa, Kabupaten Buton Selatan. Populasi tersebut mencakup seluruh koloni karang yang termasuk dalam kelas Anthozoa yang tumbuh pada substrat dasar perairan di lokasi penelitian. Sampel penelitian berupa koloni karang yang berada di sepanjang garis transek pengamatan dengan panjang transek 50 m yang dipasang pada zona perairan

dangkal dengan kedalaman sekitar 50 cm. Pengambilan sampel dilakukan menggunakan teknik purposive sampling. Variabel penelitian terdiri atas variabel utama berupa komposisi jenis karang, serta variabel pendukung berupa tipe substrat habitat dan parameter lingkungan perairan, seperti suhu dan kondisi kimia perairan.

### Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian meliputi beberapa tahapan yaitu persiapan, pengambilan data lapangan, identifikasi spesies, serta pengolahan data. Tahap persiapan meliputi penentuan lokasi penelitian, studi literatur mengenai metode survei terumbu karang, serta persiapan alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian. Tahap pengambilan data dilakukan menggunakan metode **Line Intercept Transect (LIT)** dengan cara membentangkan transek sepanjang 50 m pada area terumbu karang di perairan dangkal dengan kedalaman sekitar 50 cm. Transek diletakkan sejajar dengan garis pantai pada area yang memiliki komunitas karang. Setiap koloni karang yang berada tepat di sepanjang garis transek diamati dan didokumentasikan menggunakan kamera untuk memperoleh data visual. Selain itu, pada tahap ini juga dilakukan pengamatan terhadap tipe substrat tempat karang tumbuh serta pengukuran parameter lingkungan perairan seperti suhu dan kondisi kimia perairan menggunakan termometer dan indikator universal.

### Identifikasi dan Analisis Data

Identifikasi jenis karang dilakukan berdasarkan karakteristik morfologi koloni menggunakan panduan Coral Finder Toolkit Indo-Pacific 3.0 yang dikembangkan untuk membantu proses identifikasi karang di kawasan Indo-Pasifik (Kelley & Knowles, 2016). Karakter morfologi yang diamati meliputi bentuk koloni, struktur percabangan, bentuk koralit, serta karakteristik permukaan koloni karang. Data yang diperoleh kemudian ditabulasi dalam bentuk tabel yang memuat pengelompokan berdasarkan nama ilmiah pada tingkat famili, genus, dan spesies serta tipe substrat tempat karang ditemukan. Selanjutnya data dianalisis secara deskriptif untuk menggambarkan komposisi spesies karang dan

distribusinya pada tipe substrat habitat di lokasi penelitian.

Alat penelitian ini meliputi alat tulis, kamera, tali rafia, roll meter, termometer, dan indikator universal, sedangkan bahan yang digunakan berupa air laut sebagai media penyimpanan sementara sampel serta koloni karang yang ditemukan pada lokasi penelitian.

## Hasil dan Pembahasan

### Komposisi Jenis dan Distribusi Karang Berdasarkan Substrat

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekosistem terumbu karang di perairan Bahari, Kabupaten Buton Selatan, memiliki komposisi jenis yang terdiri atas 10 spesies karang keras (Anthozoa) yang tergolong ke dalam lima famili, yaitu Acroporidae, Agariciidae,

Fungiidae, Leptastreidae, dan Merulinidae. Spesies-spesies tersebut ditemukan pada beberapa tipe substrat utama, yaitu pasir, pasir berbatu, dan pasir berlamun di zona intertidal.

Distribusi spesies karang menunjukkan adanya perbedaan yang jelas pada setiap tipe substrat. Substrat pasir berbatu memiliki jumlah spesies tertinggi, yaitu 7 spesies ( $\pm 70\%$ ), diikuti oleh substrat pasir sebanyak 5 spesies, sedangkan substrat pasir berlamun hanya ditemukan 1 spesies. Tingginya jumlah spesies pada substrat pasir berbatu menunjukkan bahwa tipe substrat ini menyediakan kondisi yang lebih stabil bagi proses penempelan larva karang dan perkembangan koloni baru (Januar et al., 2023). Stabilitas substrat merupakan faktor penting yang mempengaruhi keberhasilan rekrutmen larva dalam ekosistem terumbu karang (Januar et al., 2023; Verboom & Hoeksema, 2023).

**Tabel 1.** Komposisi Jenis Terumbu Karang (Kelas Anthozoa) di Perairan Bahari Kabupaten Buton Selatan

No	Famili	Jenis	Pasir	Pasir berbatu	Pasir berlamun
1	Acroporidae	<i>Acropora aspera</i>	-	+	-
		<i>Acropora gemmifera</i>	-	-	+
		<i>Acropora donei</i>	+	-	-
		<i>Acropora palifera</i>	+	-	-
		<i>Acropora nobilis</i>	-	+	-
2	Agariciidae	<i>Gardineroseris planulata</i>	+	+	-
		<i>Coeloseris sp.</i>	-	+	-
3	Fungiidae	<i>Fungia sp.</i>	+	+	-
4	Leptastreidae	<i>Leptastrea purpurea</i>	-	+	-
5	Merulinidae	<i>Merulina scabricula</i>	+	+	-

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

Sebaliknya, substrat pasir murni memiliki tingkat stabilitas yang lebih rendah sehingga hanya dapat dihuni oleh spesies tertentu yang memiliki kemampuan adaptasi terhadap kondisi sedimen yang dinamis. Salah satu contoh adalah karang dari famili Fungiidae (*Fungia sp.*) yang memiliki kemampuan hidup bebas (*free-living*) dan tidak bergantung pada substrat keras (Hoeksema et al., 2021). Bentuk koloni yang menyerupai cakram memungkinkan karang ini berpindah secara pasif mengikuti arus dan gelombang, sehingga dapat menghindari penimbunan sedimen (Hoeksema et al., 2021).

Keberadaan karang pada substrat pasir berlamun juga menunjukkan adanya interaksi ekologis antara ekosistem terumbu karang dan padang lamun. Padang lamun berperan sebagai perangkat sedimen serta meningkatkan

stabilitas substrat, sehingga mendukung proses penempelan larva karang dan perkembangan koloni (Alamsyah et al., 2022). Hubungan ekologis ini umum ditemukan pada ekosistem pesisir tropis, di mana kedua ekosistem saling berkontribusi dalam menjaga stabilitas lingkungan perairan (Alamsyah et al., 2022).

Secara umum, komposisi famili yang ditemukan pada penelitian ini menunjukkan kemiripan dengan struktur komunitas terumbu karang di wilayah Indo-Pasifik, yang umumnya didominasi oleh kelompok Acroporidae dan Merulinidae serta beberapa famili lain yang umum dijumpai di kawasan tersebut (Ribas-deulofeu et al., 2021; Lincoln et al., 2022; González- et al., 2023). Namun demikian, jumlah spesies yang ditemukan relatif lebih rendah dibandingkan kawasan dengan

kompleksitas habitat yang lebih tinggi, karena keanekaragaman organisme terumbu karang cenderung meningkat seiring meningkatnya kompleksitas struktur habitat (Fukunaga et al., 2020). Kondisi ini diduga berkaitan dengan karakteristik zona intertidal yang mengalami fluktuasi suhu, paparan udara saat surut, serta tekanan hidrodinamika yang lebih tinggi dibandingkan zona terumbu yang lebih dalam (Schoepf et al., 2020).

### Karakteristik Morfologi Karang dan Adaptasi Ekologis Famili Acroporidae

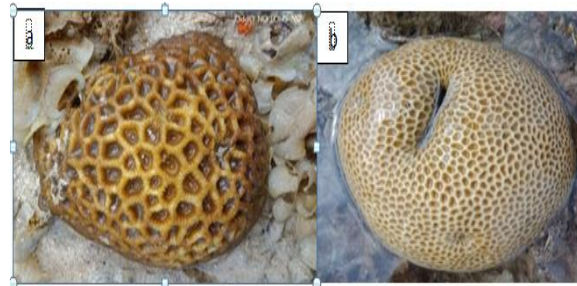
Famili Acroporidae yang diwakili oleh genus *Acropora* menunjukkan tipe morfologi bercabang dengan variasi bentuk pertumbuhan seperti arboresen, korimbosa, dan kapitosa (Candri et al., 2022); (John E. N. Veron et al., 2025). Struktur percabangan yang kompleks meningkatkan luas permukaan koloni, sehingga mendukung efisiensi fotosintesis zooxanthellae sebagai sumber energi utama bagi karang (Schmidt-roach et al., 2020). Dominansi morfologi bercabang pada lokasi penelitian menunjukkan adanya adaptasi terhadap lingkungan perairan dangkal dengan intensitas cahaya tinggi. Selain itu, bentuk percabangan memungkinkan karang tumbuh cepat dan bersaing dalam memperebutkan ruang. Pada penelitian ini, spesies *Acropora* umumnya ditemukan pada substrat pasir berbatu, yang menunjukkan bahwa stabilitas substrat berperan penting dalam menopang struktur koloni bercabang (Januar et al., 2023).



**Gambar 1.** Famili Acroporidae: a) *Acropora aspera*; b) *Acropora gemmifera*; c) *Acropora donie*; d) *Acropora perifera*; e) *Acropora nobillis*.

### Famili Agariciidae

Famili Agariciidae, seperti *Gardineroseris planulata* dan *Coeloseris* sp., menunjukkan morfologi koloni yang cenderung laminar hingga masif dengan permukaan yang keras dan menyebar mengikuti substrat. Bentuk pertumbuhan ini memungkinkan distribusi cahaya yang merata pada permukaan koloni serta meningkatkan efisiensi fotosintesis pada kondisi cahaya yang bervariasi. Selain itu, struktur koloni yang relatif rendah dan melebar memberikan ketahanan yang lebih baik terhadap tekanan hidrodinamika dibandingkan bentuk bercabang. Distribusi kelompok ini pada substrat pasir dan pasir berbatu menunjukkan fleksibilitas adaptasi terhadap kondisi substrat dengan tingkat stabilitas sedang (Candri et al., 2022).



**Gambar 2.** Famili Agariciidae: a. *Gardineroseris planulata*; b. *Coeloseris* sp.

### Famili Fungiidae

Famili Fungiidae yang diwakili oleh *Fungia* sp. memiliki morfologi soliter berbentuk cakram dan tidak membentuk koloni permanen. Karang ini bersifat *free-living*, sehingga tidak memerlukan substrat keras untuk melekat (Hoeksema et al., 2021). Kemampuan hidup bebas ini merupakan bentuk adaptasi terhadap lingkungan berpasir yang tidak stabil. Pergerakan pasif akibat arus dan gelombang memungkinkan karang menghindari penimbunan sedimen serta mempertahankan posisi yang optimal untuk memperoleh cahaya (Hoeksema et al., 2021); (Verboom & Hoeksema, 2023).



Gambar 3. Famili Fungiidae: *Fungia* sp.



Gambar 4. Famili Marulinidae: *Merulina scabricula*

### Famili Leptastreidae

*Leptastrea purpurea* menunjukkan tipe morfologi encrusting yang menyebar mengikuti permukaan substrat. Bentuk ini memungkinkan koloni melekat kuat pada substrat keras dan meningkatkan ketahanan terhadap gangguan fisik seperti gelombang. Secara ekologis, tipe pertumbuhan ini mencerminkan strategi adaptasi terhadap kondisi lingkungan dengan tekanan hidrodinamika tinggi serta kompetisi ruang yang intens (Alamsyah et al., 2022; Arrigoni, 2023).



Gambar 4. Famili Leptastreidae; *Leptastrea purpurea*

### Famili Merulinidae

*Merulina scabricula* menunjukkan morfologi masif hingga laminar dengan struktur koloni menyerupai lembaran. Bentuk ini memungkinkan distribusi energi yang efisien serta meningkatkan ketahanan terhadap tekanan lingkungan. Namun demikian, pada beberapa koloni ditemukan indikasi kerusakan fisik dan gejala pemutihan (*bleaching*), yang diduga berkaitan dengan fluktuasi suhu serta paparan energi gelombang di zona intertidal (Schoepf et al., 2020). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun memiliki struktur yang relatif kuat, karang masif tetap rentan terhadap perubahan kondisi lingkungan.

### Sintesis Ekologis dan Implikasi

Secara keseluruhan, variasi tipe morfologi karang yang ditemukan pada penelitian ini menunjukkan adanya hubungan yang erat antara bentuk pertumbuhan koloni dengan kondisi lingkungan, terutama tipe substrat dan dinamika perairan. Karang bercabang cenderung berkembang pada substrat stabil, sedangkan karang soliter menunjukkan adaptasi terhadap substrat yang tidak stabil. Keanekaragaman morfologi ini berperan dalam meningkatkan kompleksitas habitat, yang pada akhirnya mendukung keberadaan berbagai organisme asosiasi seperti ikan karang, invertebrata bentik, dan mikroorganisme (Alamsyah et al., 2022). Namun, kondisi zona intertidal yang dinamis juga menyebabkan keterbatasan dalam keanekaragaman spesies serta meningkatkan kerentanan terhadap tekanan lingkungan. Implikasi dari temuan ini menunjukkan bahwa pengelolaan ekosistem terumbu karang di wilayah Bahari perlu mempertimbangkan kondisi substrat, stabilitas lingkungan, serta potensi tekanan seperti perubahan suhu dan hidrodinamika yang dapat mempengaruhi keberlanjutan ekosistem terumbu karang (Ribas-deulofeu et al., 2021).

### Kesimpulan

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi 10 spesies karang keras (Anthozoa) yang tergolong ke dalam lima famili di perairan Bahari, Kabupaten Buton Selatan, dengan dominansi famili Acroporidae sebesar 50%. Distribusi spesies menunjukkan bahwa substrat pasir berbatu merupakan habitat utama yang mendukung keberadaan sebagian besar spesies ( $\pm 70\%$ ), menegaskan pentingnya stabilitas substrat dalam menentukan pola distribusi

karang pada zona intertidal. Variasi morfologi koloni karang yang ditemukan, meliputi bentuk bercabang, masif, encrusting, dan soliter, mencerminkan strategi adaptasi yang berbeda terhadap kondisi lingkungan setempat, terutama terkait stabilitas substrat dan dinamika perairan. Temuan ini menunjukkan bahwa struktur komunitas karang di lokasi penelitian lebih dipengaruhi oleh faktor fisik lingkungan dibandingkan kompleksitas habitat biologis. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan informasi dasar mengenai hubungan antara morfologi karang, tipe substrat, dan kondisi lingkungan di perairan Bahari. Informasi tersebut dapat menjadi dasar ilmiah dalam pengelolaan dan konservasi ekosistem terumbu karang, khususnya pada wilayah pesisir dengan karakteristik intertidal yang dinamis.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis Mengucapkan terima kasih kepada Kepala Laboratorium IPA Dasar Universitas Muhammadiyah Buton atas izin serta dukungan fasilitas laboratorium yang diberikan selama pelaksanaan penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada tim yang telah membantu dalam proses pengumpulan data penelitian.

### Referensi

- Alamsyah, R., Zamani, N. P., Bengen, D. G., Nurjaya, I. W., & Soto, D. (2022). *Overview of coral morphology and plasticity research using bibliometric methods*. 27(December), 349–357. DOI:10.14710/ik.ijms.27.4.349-357
- Arrigoni, R. (2023). *CTOZ Phylogenetics and taxonomy of the scleractinian coral family Euphylliidae* (Vol. 92). DOI:10.1163/18759866-bja10041
- Candri, D. A., Sholeha, L. M., Ahyadi, H., & Zamroni, Y. (2022). Types and capacity of coral reefs collecting as material for making lime, in Gunung Malang Village, East Lombok. *Jurnal biologi tropis*, 22(2), 582–594. DOI:10.29303/jbt.v22i2.3622
- Daly, M., Brugler, M. R., Cartwright, P., Collins, A. G., Dawson, M. N., Fautin, D. G., France, S. C., Mcfadden, C. S.,

- Opresko, D. M., Rodriguez, E., Romano, S. L., & Stake, J. L. (2007). *The phylum cnidaria: A review of phylogenetic patterns and diversity 300 years after linnaeus \* the linnaean perspective on cnidarian diversity*. 182, 127–182. DOI:10.5281/zenodo.180149
- Eddy, T. D., Lam, V. W. Y., Reygondeau, G., Bruno, J. F., Ota, Y., & Cheung, W. W. L. (2021). *Article Global decline in capacity of coral reefs to provide ecosystem services Global decline in capacity of coral reefs to provide ecosystem services*. 1278–1285. DOI:10.1016/j.oneear.2021.08.016
- Fan, R., Wei, H., Mai, Y., Zhang, L., Yu, J., & Wang, D. (2024). *Observations of waves and currents on the fore-reef and reef fl at of a coral reef atoll in the South China Sea*. September, 1–16. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1460450>
- Ganot, P., Loentgen, G., Marin, F. De, Plasseraud, L., & Allemand, D. (2022). *An alternative and effective method for extracting skeletal organic matrix adapted to the red coral corallium rubrum*. The company biologists DOI:10.1242/bio.059536
- Giyanto, Siringoringo, M., Hermanto, B., Hadi, A., Utama, S., Sari, P., Wayan, N., & Ode, L. (2023). *The reef health index for coral reefs management in Indonesia*. BIO Web of Conferences. DOI:10.1051/bioconf/20237003002
- González-, F. J., Estrada-, B. N., Pérez-, S. E., Secaira-, F., & Álvarez-, F. L. (2023). *Legacy effects of anthropogenic disturbances modulate dynamics in the world ' s coral reefs*. November 2022, 3285–3303. DOI: 10.1111/gcb.16686
- Graham, N. A. J., Robinson, J. P. W., Smith, S. E., Govinden, R., Gendron, G., & Wilson, S. K. (2020). in a warming climate. *Nature Communications*, 1–8. DOI:10.1038/s41467-020-15863-z
- Hendarto, T., & Yuniwati, E. D. (2024). *Ecosystem services-based mangrove forest with management model strategies, sustainability of coastal natural resources*. 84, 1–11. DOI:10.1590/1519-6984.280083

- Hoeksema, B. W., Johan, O., & Kunzmann, A. (2021). *The reef coral *coscinaraea marshae* is not a high-latitude endemic*. 1–7.  
DOI: <https://doi.org/10.3390/d13120681>
- Januar, H. I., Hidayah, I., Humaida, N., Iswani, S., & Hidayat, A. (2023). *Habitat suitability modeling of *Acropora* spp. distribution in coral triangle area of Maluku waters, Indonesia under influence of future climate change and coastal pollution*. 57, 869–876. DOI: [doi.org/10.34044/j.anres.2023.57.5.13](https://doi.org/10.34044/j.anres.2023.57.5.13)
- Karabulut, A., McClain, M., Rubinstein, B., Sabin, K. Z., McKinney, S. A., & Gibson, M. C. (2022). *The architecture and operating mechanism of a cnidarian stinging organelle*. Nature communication. 1–12. DOI: [10.1038/s41467-022-31090-0](https://doi.org/10.1038/s41467-022-31090-0)
- Kayal, E., Roure, B., Philippe, H., Collins, A. G., & Lavrov, D. V. (2013). *Cnidarian phylogenetic relationships as revealed by mitogenomics*. BMC Evolutionary Biology. DOI: [10.1186/1471-2148-13-5](https://doi.org/10.1186/1471-2148-13-5)
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A Conceptual Framework for Integrated STEM Education. *International Journal of STEM Education*. DOI: [10.1186/s40594-016-0046-z](https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z)
- Kolinug, O., Sinjal, C. A. L., Kusen, J. D., Manengkey, H. W. K., Djamaludin, R., & Rumampuk, N. D. C. (2024). *Status and Condition of Mangroves in Mangrove Ecosystem on Tongkeina mangrove tumbuh di daerah pasang surut ( terutama terhadap garam ( Kusmana , et al ., 2003 ). ada 202 jenis tumbuhan mangrove yang bakau ( dalam ekosistem mangrove ) sangat pesisir berup*. 12(1), 235–241. DOI: <https://doi.org/10.35800/jip.v12i1.51158>
- Kurniawansyah, A., Susiloningtyas, D., Dwi, M., & Manessa, M. (2023). *Maritime technology and research mangrove ecosystem management in Indonesia : Review , limitation , gap , and knowledge*. 5(3). DOI: <https://doi.org/10.33175/mtr.2023.262310>
- Lajeunesse, T. C., Parkinson, J. E., Gabrielson, P. W., Jeong, H. J., Reimer, J. D., Voolstra, C. R., Santos, S. R., Lajeunesse, T. C., Parkinson, J. E., Gabrielson, P. W., Jeong, H. J., & Reimer, J. D. (2018). Systematic revision of symbiodiniaceae highlights the antiquity and diversity of coral endosymbionts article systematic revision of symbiodiniaceae highlights the antiquity and diversity of coral endosymbionts. *Current Biology*, 28(16), 2570–2580.e6. DOI: [10.1016/j.cub.2018.07.008](https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.07.008)
- Lincoln, S., Cowburn, B., Howes, E. L., Birchenough, S., Dutra, L. X. C., Graham, J., Archer, S., Pinnegar, J. K., Dye, S., Buckley, P., Sheppard, C., Wabnitz, C. C. C., Hardman, E., Engelhard, G. H., & Lincoln, S. (2022). *Climate change impacts on the coral reefs of the UK Overseas Territory of the Pitcairn Islands : resilience and adaptation considerations*. DOI: [10.1017/S002531542200090X](https://doi.org/10.1017/S002531542200090X)
- Martuti, N. K. T., Jabbar, A., Irsadi, A., & Budi, W. A. (2026). *Mangrove biodiversity for coastal resilience and sustainability: A Dynamic case study from Indonesia*. 8(2), 1–23. DOI: [10.26877/asset.v8i2.2059](https://doi.org/10.26877/asset.v8i2.2059)
- Nugroho, B. A., & Putri, E. A. W. (2024). *Molluscan diversity the mangrove ecosystem of Tarakan Island Indonesia*. 13(April 2023), 50–68. DOI: <https://doi.org/10.26877/bioma.v13i1.661>
- Oh, D., Cresswell, A. K., Thomson, D. P., & Renton, M. (2025). Do greater coral cover and morphological diversity increase habitat complexity? *Coral Reefs*, 44(1), 257–272. DOI: [10.1007/s00338-024-02602-9](https://doi.org/10.1007/s00338-024-02602-9)
- Pilly, S. S., Roche, R. C., Lange, I. D., Perry, C. T., Mogg, A. O. M., Dawson, K., & Turner, J. R. (2024). Coral carbonate production across depth : homogenisation after bleaching? *Coral Reefs*, 43(6), 1803–1818. DOI: [10.1007/s00338-024-02578-6](https://doi.org/10.1007/s00338-024-02578-6)
- Pratiwi, U. D., Kambey, A. D., Tilaar, F. F., Mandagi, S. V., & Manembu, I. S. (2022). *Struktur Komunitas Karang Keras (Scleractinia) Di Rataan Terumbu Walenekoko Pasir Panjang Kota Bitung*. 10(June), 19–27.

- Pratomo, A., Bengen, D. G., & Zamani, N. P. (2022). *Environmental DNA Metabarcoding Reveals the Eukaryotes Diversity in Marine Protected Area of Lombok Lombok Island, Indonesia*. 18(2), 137–152.  
DOI: <https://doi.org/10.35800/jip.v10i1.37277>
- Rahardian, A., Kusmana, C., Setiawan, Y., & Prasetyo, L. B. (2022). *Adaptive mangrove ecosystem rehabilitation plan based on coastal typology and ecological dynamics approach*. *Journal of biosciences*, 29(4), 445–458.  
DOI:10.4308/hjb.29.4.445-458
- Ribas-deulofeu, L., Château, P., Denis, V., & Hochberg, E. J. (2021). *Portraying gradients of structural complexity in coral reefs using Fine-Scale depth profiles*. *Frontiers in Marine science*, 8(August).  
DOI:10.3389/fmars.2021.675853
- Schmidt-roach, S., Duarte, C. M., Hauser, C. A. E., Aranda, M., Saunders, M. I., & Schmidt-roach, S. (2020). *Beyond reef restoration: Next-Generation techniques for coral gardening, landscaping, and outreach*. *Frontiers in Marine science* 7(August), 1–8.  
DOI:10.3389/fmars.2020.00672
- Schoepf, V., Jung, M. U., McCulloch, M. T., White, N. E., Stat, M., Thomas, L., Charles, B., & Hume, C. (2020). *Thermally Variable, Macrotidal Reef Habitats Promote Rapid Recovery From Mass Coral Bleaching*. 7(May), 1–12.  
DOI:10.3389/fmars.2020.00245
- Shinzato, C., & Yoshioka, Y. (2024). *GBE Genomic data reveal diverse biological characteristics of scleractinian corals and promote effective coral reef*. *Genome Biology and Evolution*, 16(2), 1–8.  
DOI:10.1093/gbe/evae014
- Spalding, M., Burke, L., Wood, S. A., Ashpole, J., & Hutchison, J. (2017). *Mapping the global value and distribution of coral reef tourism*. *Marine Policy*, 82(May), 104–113. DOI:10.1016/j.marpol.2017.05.014
- Urbina-Barreto, I., Garnier, R., Elise, S., Pinel, R., Dumas, P., Mahamadaly, V., Facon, M., Bureau, S., & Peignon, C. (2021). *Which method for which Purpose? A comparison of line intercept transect and underwater photogrammetry methods for coral reef surveys*. *Frontiers in Marine science* 8(May).  
DOI:10.3389/fmars.2021.636902
- Ussi, A. M., Mohammed, M. S., Rashid, R. J., Sheikh, M. A., Staehr, P. A., Muhando, C. A., Yahya, S., & Dahl, K. (2024). *Status and long-term changes of coral reefs around Zanzibar*. *May*, 1–15.  
DOI:10.3389/fmars.2024.1334235
- Verboom, L., & Hoeksema, B. W. (2023). *Resource Partitioning by Corallivorous Snails on Bonaire (Southern Caribbean)*.  
DOI:10.3390/d15010034
- Veron, J E N, Devantier, L. M., Turak, E., & Green, A. L. (2009). *Delineating the coral triangle*. *Galaxea journal of coral reef studies*. DOI:10.3755/galaxea.11.91
- Veron, John E. N., Stafford-Smith, M. G., DeVantier, L. M., & Turak, E. (2025). *Review of coral taxonomy, evolution and diversity*. DOI:10.3390/d17120823
- Voolstra, C. R., Peixoto, R. S., & Ferrier-pag, C. (2023). *Mitigating the ecological collapse of coral effective strategies to preserve coral reef ecosystems*. *March*, 1–7.  
DOI:10.15252/embr.202356826
- Wang, X., Zoccola, D., Liew, Y. J., Tambutte, E., Cui, G., Allemand, D., Tambutte, S., & Aranda, M. (2021). *The evolution of calcification in reef-building corals*. *Journal molecular biology and evolution*. 38(9), 3543–3555.  
DOI:10.1093/molbev/msab103
- Woodhead, A. J., Williams, G. J., Hicks, C. C., Norström, A. V., & Graham, N. A. J. (2019). *Coral reef ecosystem services in the Anthropocene*. *Journal functional ecology*, 1023–1034. DOI:10.1111/1365-2435.13331
- Yulianda, F., & Mazaya, A. F. A. (2021). *Potential carrying capacity of marine ecotourism in Sub-region III of Seribu Islands Marine National Potential carrying capacity of marine ecotourism in Sub-region III of Seribu Islands Marine National Park*. 0–11. DOI:10.1088/1755-1315/744/1/012106