



Variabilitas spasial karakteristik tutupan karang di perairan kecamatan Kepulauan Seribu Utara, DKI Jakarta

Spatial variability of the characteristics of coral coverage in the waters of North Seribu Islands district, DKI Jakarta

Qonita Sinatrya¹, Ario Damar^{2,3}, Dwi Yuni Wulandari²

¹ Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor, 16680, Indonesia

² Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, IPB University, Bogor, 16680, Indonesia

³ Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan, IPB University, Bogor, 16129, Indonesia

Received 2 August 2023

Received in revised 22 January 2024

Accepted 20 February 2024

ABSTRAK

Terumbu karang membutuhkan waktu yang lama untuk pulih dan rentan terhadap kerusakan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variabilitas spasial tutupan terumbu karang berdasarkan kategori pemanfaatan yang berbeda di Perairan Kepulauan Seribu Utara. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2022 di enam stasiun pengambilan sampel di Perairan Kepulauan Seribu Utara. Pengambilan data tutupan karang diestimasi menggunakan metode Line Intercept Transect, sampel kualitas air yang diambil meliputi parameter kecerahan, nitrat, oksigen terlarut, pH, dan salinitas. Kategori pemanfaatan yang berbeda antar-stasiun pengambilan sampel tidak berpengaruh nyata terhadap besar persen tutupan karang hidup, kecuali pada stasiun yang berkategori dilindungi. Penyebab utama yang mempengaruhi nilai persen tutupan terumbu karang antar-stasiun pengambilan sampel diduga karena kerusakan fisik akibat benturan secara langsung dari aktivitas manusia, seperti kegiatan penangkapan, pariwisata, dan transportasi. Tutupan karang tertinggi dengan kategori baik terdapat pada Area Perlindungan Laut, sementara tutupan karang terendah dengan kategori rusak terdapat di Barat Pulau Pramuka sebagai stasiun yang paling terpengaruh oleh aktivitas manusia.

Kata kunci: terumbu karang, kualitas perairan

ABSTRACT

Coral reefs take a long time to recover and prone to damage. This study aims to analyze the spatial variability of coral reef coverage based on different utilization categories in the Waters of the North Seribu Islands District. This study was conducted in North Seribu Islands District that divided into six sampling points in August 2022. The coral coverage data collection was estimated using the Line Intercept Transect method, the water quality samples taken were brightness, nitrate, dissolved oxygen, pH, and salinity. Different utilization categories between sampling stations have no significant effect on coral cover percentage, except for protected categorized station. The main cause affecting the coral coverage is suspected to be due to physical damage caused by direct impacts from human activities, such as fishing, tourism, and transportation activities. The highest coral coverage in the good category was in the Marine Protected Area, while the lowest coral coverage in the damaged category was in West Pramuka Island as the location most affected by human activities.

Keywords: coral reef, water quality

1. Pendahuluan

Terumbu karang menyaingi ekosistem terestrial dalam hal keanekaragaman hayati dan produktivitas, ekosistem ini digambarkan sebagai hutan hujan tropis versi lautan (Yi *et al.* 2022). Terumbu karang berperan sebagai tempat tinggal, berpijah, daerah asuhan, dan tempat berlindung bagi berbagai biota laut, sumber bahan makanan dan obat-obatan (Podung *et al.* 2022). Terumbu karang juga berperan sebagai sumber sedimen pantai dan pencegah abrasi (Arisandi *et al.* 2018). Indonesia merupakan tempat untuk 25% dari total terumbu karang dunia dan mencakup 75% biodiversitas terumbu karang dunia (Arief 2013). Indonesia mempunyai luas wilayah perairan sebesar 3.257.483 km² dengan panjang garis pantai terpanjang kedua di dunia sebesar 99.093 km². Luasan terumbu karang Indonesia berdasarkan citra satelit diperkirakan adalah 2,5 juta hektare (Hadi *et al.* 2018). Luas daerah terumbu karang Indonesia merupakan 14% dari keseluruhan luas daerah terumbu karang dunia (Utami *et al.* 2021). Indonesia memiliki sekitar 569 spesies dan 83 genus karang batu yang mewakili sekitar 69% spesies dan 76% genera karang batu di seluruh dunia (Ali *et al.* 2022).

Kondisi terumbu karang di Indonesia pada kategori jelek sebanyak 36,18%, kategori cukup sebanyak 34,3%, kategori baik sebanyak 22,96%, dan kategori sangat baik sebanyak 6,56% (Runtuwene *et al.* 2020). Hampir 85% sebaran terumbu karang yang ada di Indonesia terancam rusak yang sebesar 50% lainnya mendapatkan ancaman kerusakan tinggi (Utami *et al.* 2021). Hal tersebut menunjukkan kekayaan terumbu karang Indonesia perlu dimanfaatkan sebagai wilayah konservasi (Sari dan Fretes 2021). Kawasan Konservasi Perairan adalah kawasan perairan mencakup flora, fauna, budaya, dan sejarah di dalamnya, yang dilindungi sebagian maupun seluruh wilayahnya oleh hukum. Berdasarkan KKP (2023), kewenangan atas pengelolaan kawasan konservasi perairan di Indonesia dimiliki oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan dengan persentase total luas kawasan senilai 18,59% atau sebanyak 11 jumlah kawasan konservasi perairan,

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dengan persentase total luas kawasan senilai 15,76% atau sebanyak 30 jumlah kawasan konservasi perairan, dan Pemerintah Provinsi dengan persentase total luas kawasan senilai 65,65% atau sebanyak 368 jumlah kawasan konservasi perairan.

Taman Nasional Kepulauan Seribu adalah salah satu kawasan konservasi perairan yang dikelola oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). Zonasi Taman Nasional Kepulauan Seribu dibagi menjadi Zona Inti, Zona Perlindungan Bahari, dan Zona Pemanfaatan, yang diatur dalam SK.386/KSDAE/SET/KSA.0/9/2016. Selain zonasi oleh KLHK, terdapat kawasan tertentu yang ditetapkan oleh Pemerintah Provinsi yaitu Area Perlindungan Laut. Area Perlindungan Laut Kepulauan Seribu yang dilegalkan berdasarkan Keputusan Gubernur Provinsi DKI Jakarta No. 601 Tahun 2019 adalah kawasan konservasi perairan berbasis masyarakat yang bertujuan untuk melestarikan lingkungan laut di titik-titik tertentu pada kawasan yang rawan mengalami kerusakan agar suatu kawasan perairan dapat tetap seimbang dan berkelanjutan. Total Area Perlindungan Laut di Kepulauan Seribu adalah sejumlah enam, yaitu di Pulau Pari, Pulau Payung, Pulau Tidung, Gosong Pramuka, Pulau Kelapa, dan Pulau Harapan. Area Perlindungan Laut Gosong Pramuka, Pulau Kelapa, dan Pulau Harapan berada pada Zona Permukiman Taman Nasional Kepulauan Seribu, sementara Area Perlindungan Laut Pulau Pari, Pulau Payung, dan Pulau Tidung berada di luar zona pengelolaan Taman Nasional Kepulauan Seribu. Area Perlindungan Laut Kepulauan Seribu didirikan atas latar belakang penangkapan ikan yang sudah tidak ramah lingkungan dan berlebihan di enam wilayah tersebut.

Aktivitas manusia menjadi salah satu sumber tekanan utama bagi ekosistem terumbu karang, yang di Kepulauan Seribu diantaranya berupa kegiatan wisata, penambangan karang, penggunaan alat tangkap yang merusak, pencemaran dari daratan, tumpahan minyak dari lalu lintas kapal industri (Utami dan Anggoro 2021). Tumpahan minyak di

Kepulauan Seribu juga disebabkan dari operasi pertambangan minyak dan gas bumi (Suhery *et al.* 2017). Terumbu karang berpotensi pulih ke kondisi semula setelah mendapatkan tekanan, namun ekosistem ini sangat rentan terhadap kerusakan (Ali *et al.* 2022). Tingkat pertumbuhan rata-rata terumbu karang adalah sekitar 1,6 cm per tahun, hal ini menunjukkan terumbu karang membutuhkan waktu yang sangat lama untuk dapat pulih kembali (Malatesta *et al.* 2021). Fungsi terumbu karang berkaitan erat dengan faktor fisika dan kimia perairan yang dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal perairan (Wibawa dan Luthfi 2017). Kualitas air di wilayah perairan Kepulauan Seribu juga dipengaruhi oleh masa air berbau organik tinggi dari Teluk Jakarta. Akibat yang muncul berupa pengaruh bahan organik yang kronis bagi terumbu karang dan menyebabkan munculnya dominasi algae (Damar *et al.* 2021), berbagai penyakit dan virus (Baum *et al.* 2016) dan penurunan kualitas air pada berbagai komunitas biota karang Kepulauan Seribu (Cleary *et al.* 2016).

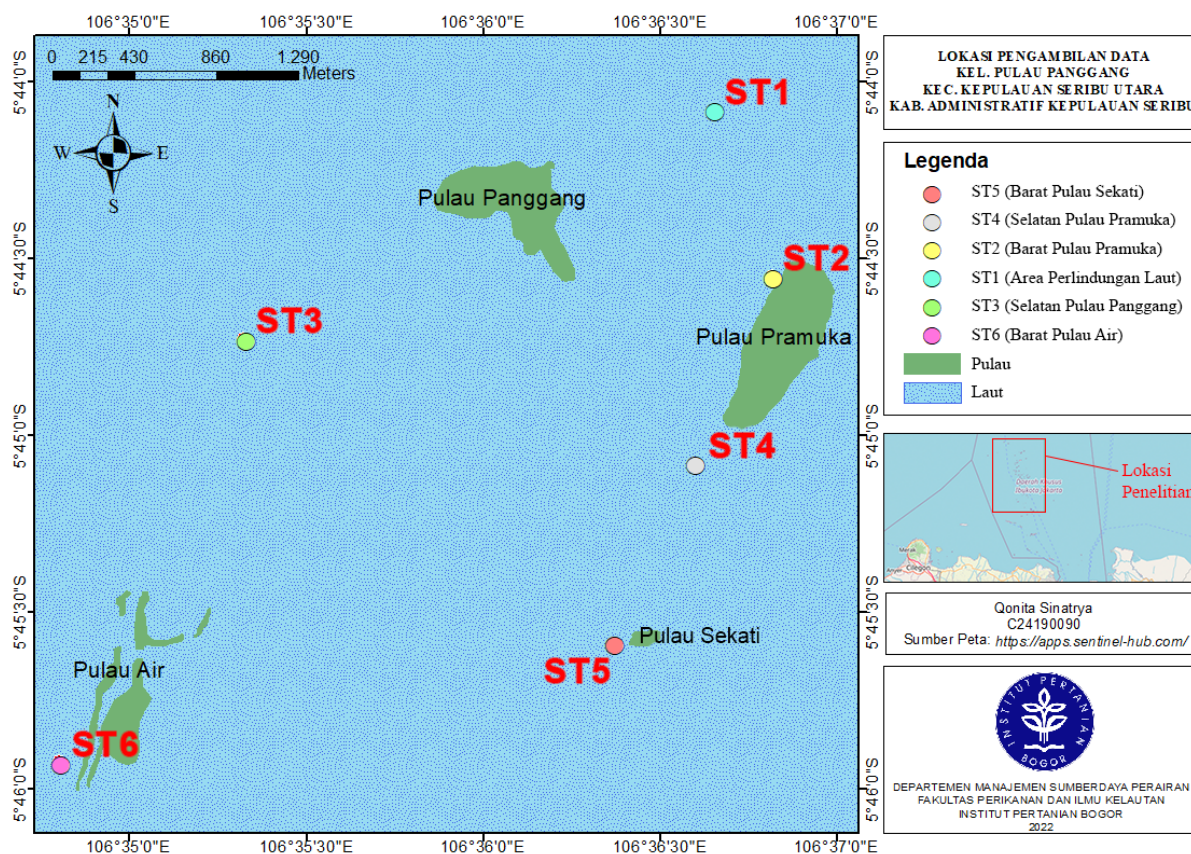
Penelitian ini bertujuan untuk melihat

variabilitas spasial ekosistem terumbu karang, khususnya dalam hal tutupan hewan karang pada berbagai lokasi yang secara konservasi berada dalam wilayah pengelolaan yang berbeda.

2. Metodologi

2.1. Waktu dan lokasi penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada 5–13 Agustus 2022 di enam stasiun pengambilan sampel di Kepulauan Seribu, yaitu Area Perlindungan Laut Gosong Pramuka (ST1), Barat Pulau Pramuka (ST2), Selatan Pulau Panggang (ST3), Selatan Pulau Pramuka (ST4), Barat Pulau Sekati (ST5), dan Barat Pulau Air (ST6) (Gambar 1). Sampel air dianalisis di Laboratorium Produktivitas dan Lingkungan Perairan, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Penentuan stasiun pengambilan sampel didasarkan pada kategori zonasi dan pemanfaatan yang berbeda antar-stasiun pengambilan sampel (Tabel 1).



Gambar 1. Peta lokasi penelitian dan stasiun pengambilan sampel.

Tabel 1. Karakteristik stasiun pengambilan sampel.

Lokasi	Reef type	Exposure	Kategori zonasi	Jenis pemanfaatan
ST1	Fringing	Semi exposed	Dilindungi	Wisata terbatas
ST2	Fringing	Very sheltered	Zona pemanfaatan	Dermaga dan wisata
ST3	Atoll	Semi exposed	Zona pemanfaatan	Wisata dan kegiatan penangkapan
ST4	Fringing	Exposed	Zona pemanfaatan	Dermaga dan wisata
ST5	Fringing	Exposed	Bukan kawasan konservasi	Kegiatan penangkapan
ST6	Fringing	Semi exposed	Bukan kawasan konservasi	Wisata

Keterangan: (ST1) Area Perlindungan Laut; (ST2) Barat Pulau Pramuka; (ST3) Selatan Pulau Panggang; (ST4) Selatan Pulau Pramuka; (ST5) Barat Pulau Sekati; (ST6) Barat Pulau Air

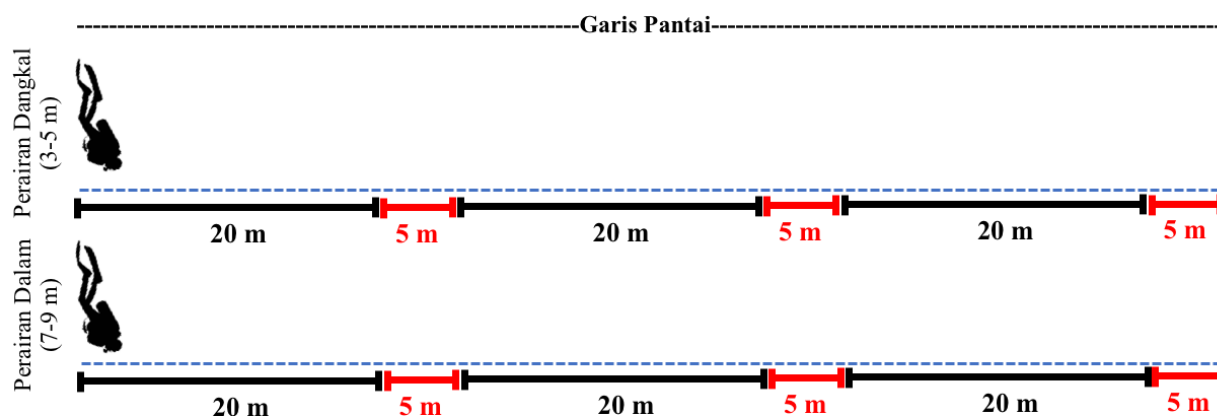
2.2. Prosedur pengumpulan data

Alat yang digunakan untuk pengambilan data kualitas air meliputi secchi disk, DO meter, pH meter, refraktometer, botol sampel, botol polyethylene 100 ml, pipet, dan plastik hitam. Bahan yang digunakan adalah larutan H₂SO₄ untuk pengawetan sampel air. Pengambilan data kualitas air dilakukan pada waktu yang sama dengan pengambilan data ekologi terumbu karang. Data kualitas perairan diambil berdasarkan dua parameter, yaitu fisika dan kimia perairan (Tabel 2).

Tabel 2. Metode dan parameter fisika kimia perairan yang dikaji.

Parameter	Unit	Metode	Alat
Fisika	Kecerahan	Secchi depth	Secchi disk
Kimia	Nitrat	Reduksi kadmium	Kolom reduksi, pipet, peralatan kolorimetri
Kimia	Oksigen terlarut	Elektrokimia	DO meter
Kimia	Derajat keasaman	Potensiometri	pH meter
Kimia	Salinitas	Refraktometri	Refraktometer

Pengambilan data kondisi substrat dasar terumbu karang membutuhkan peralatan selam, pensil, kertas newtop, dan roll meter. Pengamatan kondisi substrat dasar terumbu karang dilakukan dengan metode Line Intercept Transect (English *et al.* 1997) yang dimodifikasi sesuai kebutuhan penelitian. Transek sepanjang 20 m dan jeda sepanjang 5 m dibentangkan sejajar dengan garis pantai sebanyak tiga kali ulangan (Gambar 2) di perairan dangkal (3–5 m) dan perairan dalam (7–9 m) pada jenis reef zone dan jenis reef slope yang sama antar-kedalaman dan antar-stasiun pengambilan sampel. Metode Line Intercept Transect dilakukan dengan observasi langsung jenis dan panjang (cm) masing-masing biota dan substrat yang bersinggungan dengan transek. Observasi substrat dasar terumbu karang meliputi identifikasi *life form* dan identifikasi tingkat genus. Identifikasi genus hard coral mengacu pada Veron dan Stafford-Smith (2000), identifikasi genus *soft coral* mengacu pada Fabricius dan Alderslade (2001), dan kategori tutupan substrat dasar mengacu pada English *et al.* (1997).



Gambar 2. Pengumpulan data terumbu karang. Dimodifikasi dari English *et al.* (1997).

2.3. Analisis data

2.3.1. Persentaseutupan substrat dasar

Persentase penutupan masing masing kategori *life form* biota dan substrat didapatkan dengan perhitungan rumus berdasarkan English *et al.* (1997):

$$\text{Percent Cover} = \frac{\text{Total panjang tiap kategori (cm)}}{\text{Panjang transek (cm)}} \times 100\%$$

Kondisi ekosistem terumbu karang ditentukan berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup (KepMenLH) No. 4 Tahun 2001 tentang Kriteria Baku Kerusakan Terumbu Karang, yang merupakan total persentase dari *hard coral*, *soft coral*, dan *other fauna*. Selanjutnya kondisi terumbu karang dikategorikan berdasarkan persenutupan (Tabel 3).

Tabel 3. Kriteria baku kerusakan terumbu karang.

Kategori	Persentaseutupan karang hidup (%)	
Rusak	Buruk	0–24,9
	Sedang	25–49,9
Baik	Baik	50–74,9
	Sangat baik	75–100

2.3.2. Kecerahan

Penggunaan *secchi disk* (Fisher 1993) digunakan untuk mengambil data mentah kecerahan yang kemudian diolah dengan rumus:

$$\text{Kecerahan} = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

d_1 = jarak antara permukaan air hingga *secchi disk* tidak terlihat dari atas permukaan air (m)

d_2 = jarak antara permukaan air hingga *secchi disk* terlihat lagi (m)

$$\text{Persen Kecerahan} = \frac{\text{Kecerahan}}{d_{\text{total}}} \times 100\%$$

d_{total} = kedalaman perairan (m)

2.3.3. Keterkaitan parameter fisika kimia perairan terhadap persenutupan substrat dasar

a. Pengaruh perbedaan kedalaman antara kedalaman dangkal dan kedalaman dalam terhadap persenutupan substrat dasar

Menurut Magdalena dan Krisanti (2019), uji *t* berpasangan digunakan untuk membandingkan ada atau tidaknya perbedaan yang signifikan pada persenutupan substrat dasar yang disebabkan oleh perbedaan dua kedalaman (perairan dangkal dan perairan dalam) pada stasiun pengambilan sampel yang sama (Tabel 4). Perbedaan dampak antar-kedalaman diuji dengan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha = 0,05$).

Tabel 4. Uji *t* berpasangan.

Hasil uji	Keterangan
<i>Significance</i> > 0,05	Tidak terdapat perbedaan signifikan antar-kedalaman
<i>Significance</i> < 0,05	Terdapat perbedaan signifikan antar-kedalaman

b. Korelasi antara nitrat, oksigen terlarut, derajat keasaman, dan salinitas terhadap persenutupan substrat dasar

Menurut Anandari (2022), analisis korelasi digunakan untuk mengetahui ada atau tidaknya hubungan antar variabel dan tingkat keeratan hubungannya (Tabel 5). Persamaan analisis korelasi menurut Zuhri (2020) dengan variabel tak bebas (Y) yang bergantung pada variabel bebas (X) dan *n* adalah banyaknya sampel, dengan persamaan:

$$\rho = \frac{n \sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2] [n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

Tabel 5. Uji analisis korelasi pearson.

Koefisien korelasi (ρ)	Keterangan
$ \rho = 100\%$	Sempurna
$75\% \leq \rho < 100\%$	Sangat kuat
$50\% \leq \rho < 75\%$	Kuat
$25\% \leq \rho < 50\%$	Lemah
$0\% < \rho < 25\%$	Sangat lemah
$ \rho = 0\%$	Tidak ada

2.3.4. Uji beda dengan analisis variansi satu arah

Analisis variansi satu arah digunakan untuk melihat ada atau tidaknya perbedaan signifikan rata-rata dari dua kelompok atau lebih yang disebabkan oleh satu faktor (Muhidin 2020) (Tabel 6). Menurut Rahmawati dan Illiyin (2021), analisis variansi satu arah diuji dengan dengan tingkat kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$).

Tabel 6. Uji analisis variansi satu arah.

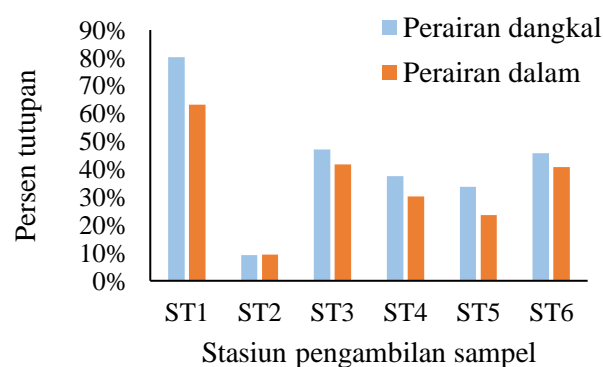
Hasil uji	Keterangan
$Significance > 0,05$	Tidak terdapat perbedaan signifikan
$Significance < 0,05$	Terdapat perbedaan signifikan

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Komposisi komunitas bentik ekosistem terumbu karang

Hasil penelitian yang dilakukan di enam stasiun pengambilan sampel pada kedalaman yang berbeda (perairan dangkal dan dalam) menunjukkan bahwa rata-rata persen tutupan karang hidup memiliki nilai persen tutupan yang lebih tinggi pada perairan dangkal dibanding perairan dalam (Gambar 3). Persen tutupan karang hidup tertinggi terdapat di lokasi ST1 sebesar 80,18% di dangkal dan 63,23% di dalam, diikuti lokasi ST3 sebesar 47,08% di dangkal dan 41,82% di dalam, lokasi ST6 sebesar 45,70% di dangkal dan 40,75% di dalam, lokasi ST4 sebesar 37,62% di dangkal dan 30,33% di dalam, lokasi ST5 sebesar 33,63% di dangkal dan 23,63% di dalam, dan lokasi dengan persen tutupan

karang hidup terendah sebesar 9,23% di dangkal dan 9,45% di dalam pada lokasi ST2.



Gambar 3. Nilai rata-rata persen tutupan karang hidup antara perairan dangkal dan perairan dalam. (ST1) Area Perlindungan Laut; (ST2) Barat Pulau Pramuka; (ST3) Selatan Pulau Panggang; (ST4) Selatan Pulau Pramuka; (ST5) Barat Pulau Sekati; (ST6) Barat Pulau Air.

Perbedaan persen tutupan karang hidup yang rata-rata lebih besar di perairan dangkal dibanding perairan dalam dibuktikan dengan nilai $Sig.<0,05$ (Tabel 7) yang menandakan terdapat perbedaan signifikan antar-kedalaman dengan semakin rendahnya persen tutupan seiring bertambahnya kedalaman. Menurut Suhendar *et al.* (2020), seiring bertambahnya kedalaman maka semakin banyak bahan koloid dan tersuspensi yang akan menghalangi cahaya matahari dan menurunkan kecerahan, seperti lumpur, nutrien, dan mikroorganisme perairan.

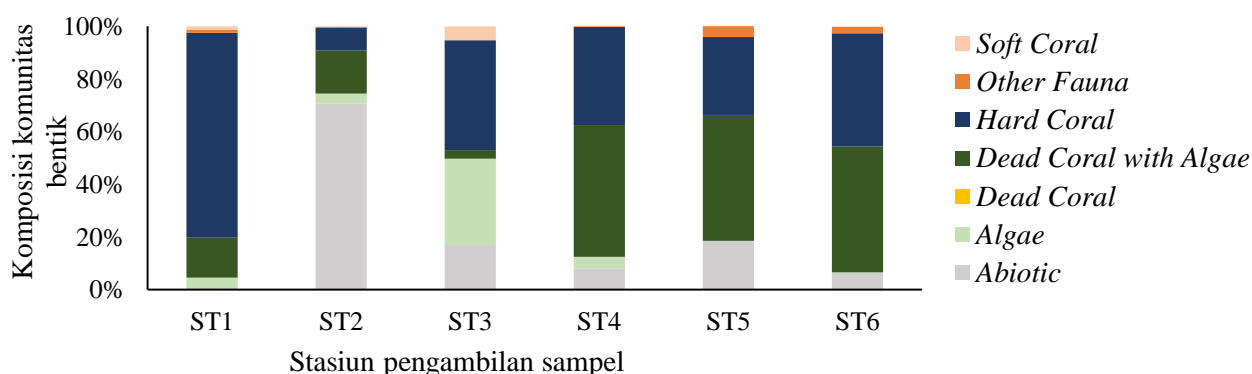
Tabel 7. Hasil uji beda berpasangan persen tutupan antara dua kedalaman.

Kedalaman Perairan	Dangkal	Dalam
Dangkal	****	Sig. = 0,02
Dalam	Sig. = 0,02	****

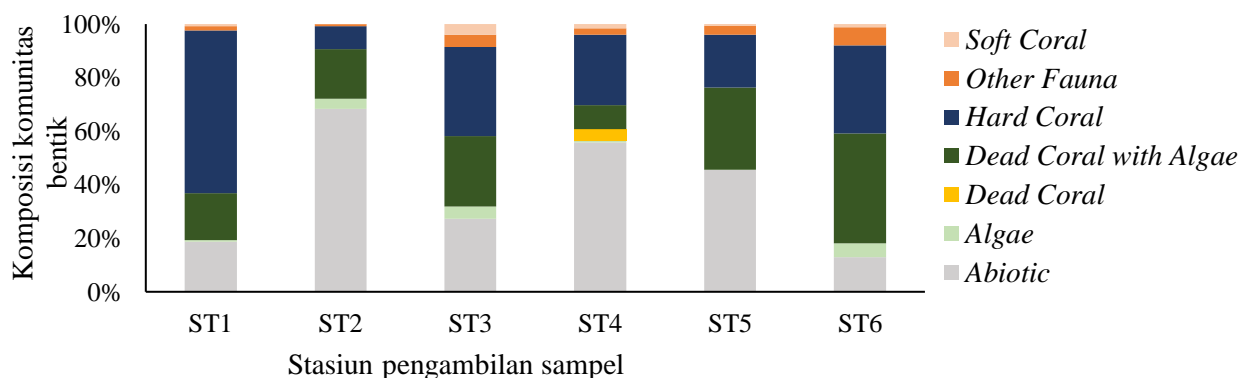
Keterangan:

Sig.>0,05 = tidak berbeda signifikan;

Sig.<0,05 = berbeda signifikan



Gambar 4. Komposisi komunitas bentik perairan dangkal. (ST1) Area Perlindungan Laut; (ST2) Barat Pulau Pramuka; (ST3) Selatan Pulau Panggang; (ST4) Selatan Pulau Pramuka; (ST5) Barat Pulau Sekati; (ST6) Barat Pulau Air.



Gambar 5. Komposisi komunitas bentik perairan dalam. (ST1) Area Perlindungan Laut; (ST2) Barat Pulau Pramuka; (ST3) Selatan Pulau Panggang; (ST4) Selatan Pulau Pramuka; (ST5) Barat Pulau Sekati; (ST6) Barat Pulau Air.

Persentase tutupan karang hidup yang ada di enam stasiun pengambilan sampel di perairan dangkal maupun dalam menunjukkan bahwa kondisi ekosistem terumbu karang terbaik terdapat pada ST1 (Area Perlindungan Laut) dengan persentase tutupan karang hidup senilai 80,18% di perairan dangkal yang tergolong kategori sangat baik dan 63,23% di perairan dalam yang tergolong kategori baik. Stasiun ST1 memiliki persentase tutupan hewan karang tertinggi dan nilai komposisi kategori *abiotic* terendah senilai 0,00% di perairan dangkal dan 18,65% di perairan

dalam (Gambar 4 dan 5). Area Perlindungan Laut sebagai ST1 adalah stasiun yang lebih terlindung dari aktivitas manusia dibanding stasiun pengambilan sampel lainnya. Menurut Utami *et al.* (2021), kegiatan manusia di area ekosistem terumbu karang menjadi salah satu faktor yang dapat menyebabkan rusaknya terumbu karang, hal tersebut menjadikan ST1 memiliki potensi kerusakan yang lebih rendah dibanding lima stasiun pengambilan sampel lainnya.

Stasiun pengambilan sampel dengan ekosistem terumbu karang terburuk

berdasarkan persentase tutupan karang hidupnya adalah ST2 (Barat Pulau Pramuka), dengan persentase tutupan karang hidup terendah, yaitu senilai 9,23% di perairan dangkal dan 9,45% di perairan dalam yang keduanya termasuk dalam kategori sangat buruk, serta nilai komposisi *abiotic* tertinggi senilai 70,47% di perairan dangkal dan 68,28% di perairan dalam (Gambar 4 dan 5). Stasiun pengambilan sampel ST2 adalah stasiun yang paling dekat dengan permukiman dan merupakan jalur transportasi yang bersebelahan dengan dermaga utama Pulau Pramuka, lokasi ini juga menjadi tempat latihan penyelaman dan pengambilan sertifikasi penyelaman, bahkan kegiatan penangkapan juga dilakukan di lokasi ini. Kegiatan antropogenik tersebut menurut Utami dan Anggoro (2021) adalah faktor-faktor yang berpotensi mendegradasi kondisi terumbu karang, yang dicerminkan oleh persen tutupan karang hidup yang rendah di ST2 dengan kategori rusak.

Gambar 4 dan 5 juga menunjukkan keunikan ST3 dibanding stasiun lainnya, yaitu tutupan *soft coral* yang diduga memiliki nilai yang berbeda signifikan dengan stasiun lainnya. Uji beda persen tutupan *soft coral* di enam stasiun pengambilan sampel (Tabel 8) menyatakan bahwa persen tutupan *soft coral* di ST3 tidak berbeda signifikan dengan persen tutupan *soft coral* di ST1, namun berbeda signifikan dengan stasiun sisanya. Hal tersebut menurut Dominique dan Julia (2021) dapat disebabkan karena *soft coral* akan memiliki nilai tutupan yang lebih besar di lokasi yang lebih terlindung dari arus. Tipe geologi ekosistem terumbu karang di ST3 yang bertipe terumbu *Atoll* diduga turut mempengaruhi

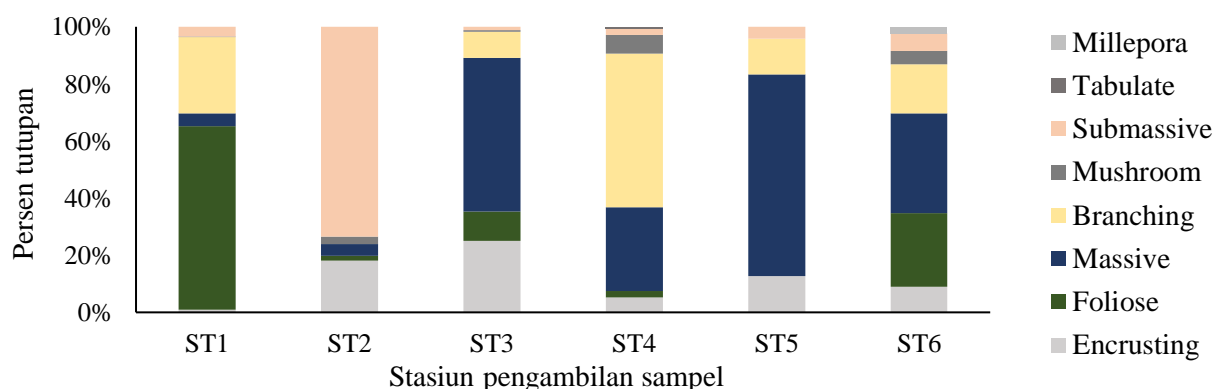
tingginya nilai tutupan *soft coral*. *Atoll* adalah jenis ekosistem terumbu karang yang membentuk cincin karena tumbuh mengelilingi sebuah danau (laguna/ goba), di tengah danau tersebut terkadang ditemukan daratan (pulau) kecil atau tidak terdapat daratan sama sekali (Rositasari 1998). Profil batimetri danau pada *inner reef atoll* Pulau Panggang menunjukkan kedalaman danau yang mencapai 13 m (Agus *et al.* 2012).

Life form (bentuk pertumbuhan) adalah bentuk individu karang, maupun bentuk koloni karang dengan spesies yang sama, bentuk individu/ koloni tersebut tumbuh menyesuaikan kondisi lingkungannya (Barus *et al.* 2018). *Life form* yang ditemukan di enam stasiun pengamatan meliputi Encrusting, Foliose, Massive, Branching, Mushroom, Submassive, Tabulate, dan Millepora. *Life form* yang secara keseluruhan mendominasi di enam stasiun pengamatan pada perairan dangkal adalah Massive dan pada perairan dalam adalah Encrusting (Gambar 6 dan 7). Massive dan Encrusting dapat beradaptasi terhadap kondisi ekstrem seperti arus yang kuat, suhu tinggi, dan sedimentasi (Reskiwati *et al.* 2022). Tutupan *life form* Massive tertinggi ditemukan di ST5 pada perairan dangkal (Gambar 6), sebab stasiun ini berkategori *exposed* yang berhadapan langsung dengan laut lepas dan pada perairan dangkal masih terpengaruh oleh angin permukaan. *Life form* ini berbentuk seperti bongkahan batu dan tahan terhadap arus (Nurma *et al.* 2022). Ketahanan *life form* Massive menjadikan dirinya kompetitor yang lebih unggul dibandingkan *life fom* lainnya di perairan berarus kencang.

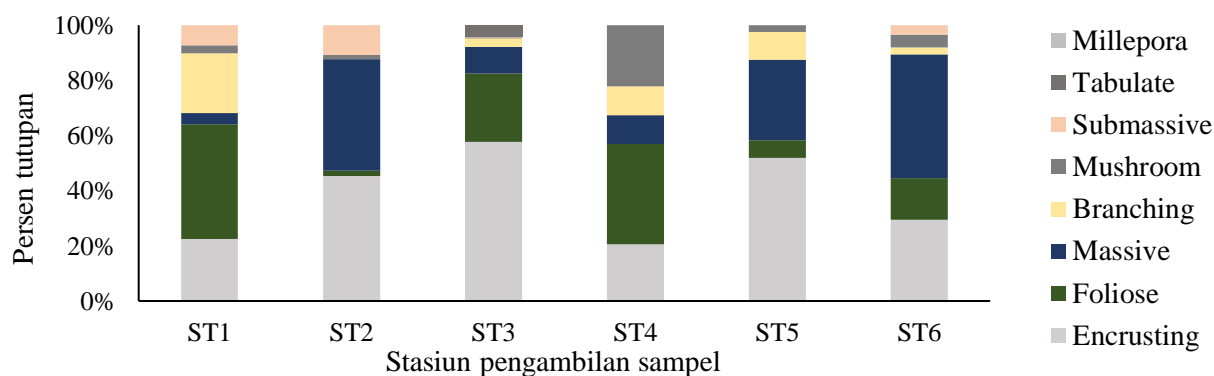
Tabel 8. Uji beda persen tutupan *soft coral* di enam stasiun pengambilan sampel.

Stasiun (I)	Stasiun (J)	Beda rata-rata (I-J)	Standar error	Significance
ST3	ST1	3,52	1,22	0,07
	ST2	4,45		0,04
	ST4	3,86		0,01
	ST5	4,32		0,01
	ST6	3,87		0,04

Keterangan: *Sig.*>0,05= tidak berbeda signifikan; *Sig.*<0,05= berbeda signifikan. (ST1) Area Perlindungan Laut; (ST2) Barat Pulau Pramuka; (ST3) Selatan Pulau Panggang; (ST4) Selatan Pulau Pramuka; (ST5) Barat Pulau Sekati; (ST6) Barat Pulau Air



Gambar 6. Komposisi *life form* karang keras perairan dangkal. (ST1) Area Perlindungan Laut; (ST2) Barat Pulau Pramuka; (ST3) Selatan Pulau Panggang; (ST4) Selatan Pulau Pramuka; (ST5) Barat Pulau Sekati; (ST6) Barat Pulau Air.

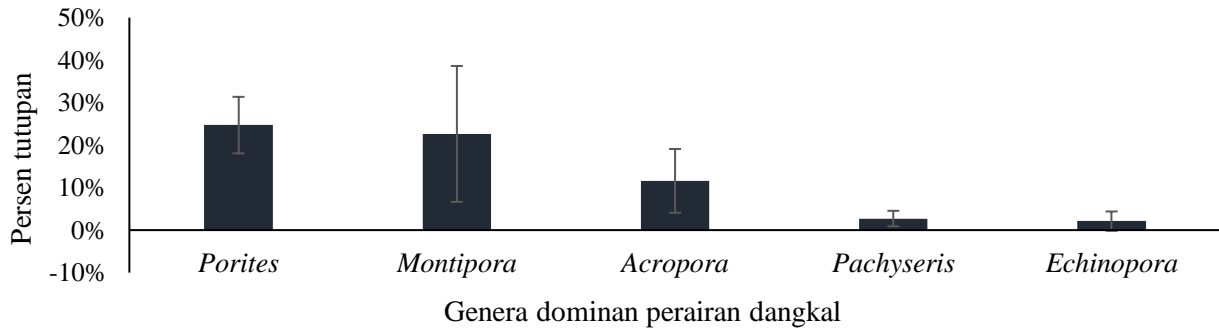


Gambar 7. Komposisi *life form* karang keras perairan dalam. (ST1) Area Perlindungan Laut; (ST2) Barat Pulau Pramuka; (ST3) Selatan Pulau Panggang; (ST4) Selatan Pulau Pramuka; (ST5) Barat Pulau Sekati; (ST6) Barat Pulau Air.

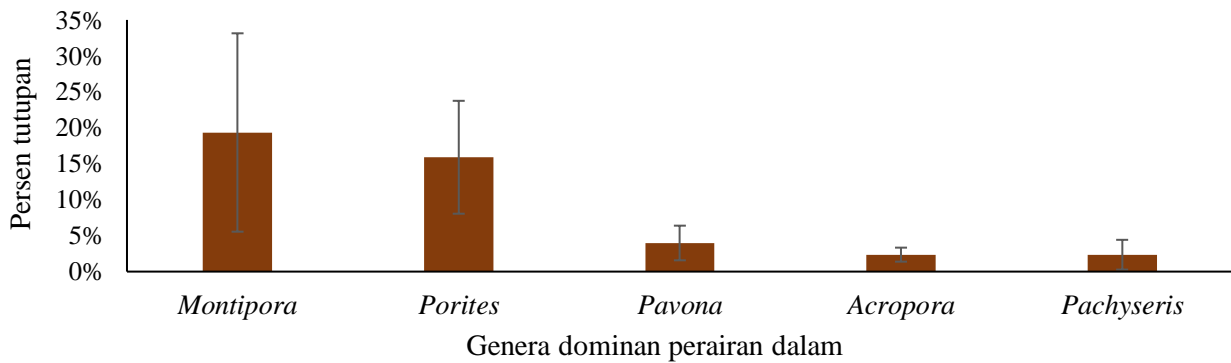
Perairan dalam secara keseluruhan di enam stasiun pengambilan sampel didominasi oleh *life form* Encrusting (Gambar 7). Encrusting memiliki bentuk seperti kerak sehingga dapat beradaptasi menyesuaikan bentuk dan kemiringan substrat (Reskiwati *et al.* 2022). Encrusting dapat beradaptasi terhadap intensitas cahaya yang semakin rendah dengan bertambahnya kedalaman, karang menambah luas permukaan untuk fotosintesis di tempat dengan intensitas cahaya yang lebih rendah salah satunya dengan memiliki bentuk pertumbuhan Encrusting (Thovyan *et al.* 2017).

Genus karang keras diidentifikasi berdasarkan bentuk koralit individu hewan karang (Zurba 2019). Total genus karang keras yang ditemukan di seluruh stasiun pengambilan sampel meliputi *Acropora*, *Anacropora*, *Alveopora*, *Astreopora*,

Coeloseris, *Ctenactis*, *Cycloseris*, *Cyphastrea*, *Diploastrea*, *Echinopora*, *Euphyllia*, *Favia*, *Favites*, *Fungia*, *Galaxea*, *Gardineroseris*, *Goniastrea*, *Goniopora*, *Herpolitha*, *Hydnophora*, *Leptastrea*, *Leptoria*, *Leptoseris*, *Lithophyllon*, *Lobophyllia*, *Merulina*, *Montastrea*, *Montipora*, *Pachyseris*, *Pavona*, *Pectinia*, *Pocillopora*, *Porites*, *Seriatoropora*, *Symphyllia*, *Turbinaria*. Berdasarkan pengamatan di enam stasiun pengambilan sampel pada perairan dangkal (Gambar 8), didapatkan hasil bahwa lima genus teratas yang mendominasi di seluruh stasiun pengambilan sampel adalah *Porites* di urutan pertama dengan persentase sebesar 24,71%, diikuti *Montipora* dengan persentase sebesar 22,63%, *Acropora* dengan persentase sebesar 11,59%, *Pachyseris* dengan persentase sebesar 2,72%, dan *Echinopora* dengan persentase sebesar 2,11%.



Gambar 8. Nilai rata-rata persenutupan tertinggi genera karang keras yang mendominasi di perairan dangkal.



Gambar 9. Nilai rata-rata persenutupan tertinggi genera karang keras yang mendominasi di perairan dalam.

Pengamatanutupan pada perairan dalam di enam stasiun pengambilan sampel menunjukkan hasil bahwa lima genus teratas yang mendominasi (Gambar 9), yaitu *Montipora* di urutan pertama dengan persentase sebesar 19,34%, diikuti *Porites* dengan persentase sebesar 15,90%, *Pavona* dengan persentase sebesar 3,98%, *Acropora* dengan persentase sebesar 2,36%, dan *Pachyseris* dengan persentase sebesar 2,35%.

Genera karang yang mendominasi perairan dangkal maupun dalam di seluruh stasiun pengambilan sampel pada dua peringkat teratas adalah *Porites* dan *Montipora*. *Porites* dan *Montipora* termasuk dalam jenis genera karang keras yang paling mendominasi di seluruh dunia (Henley *et al.* 2022). Dominasi *Porites* dan *Montipora* dapat disebabkan oleh keunggulan reproduksi *brooding* mereka (Alam *et al.* 2022). *Brooding* adalah proses reproduksi karang, yaitu mulai dari telur dibuahi sampai berkembang menjadi embrio dan larva terjadi di dalam karang, larva kemudian dilepaskan oleh karang dan dapat segera melekat ke substrat. Karang yang bereproduksi secara *brooding* lebih tahan

terhadap gangguan dibanding karang yang bereproduksi secara *spawning* (Rani 2002). Larva dari reproduksi *brooding* sudah memiliki septa dan zooxanthellae untuk menunjang kebutuhan energi bagi larva selama proses penempelan ke substrat (Lasano *et al.* 2015).

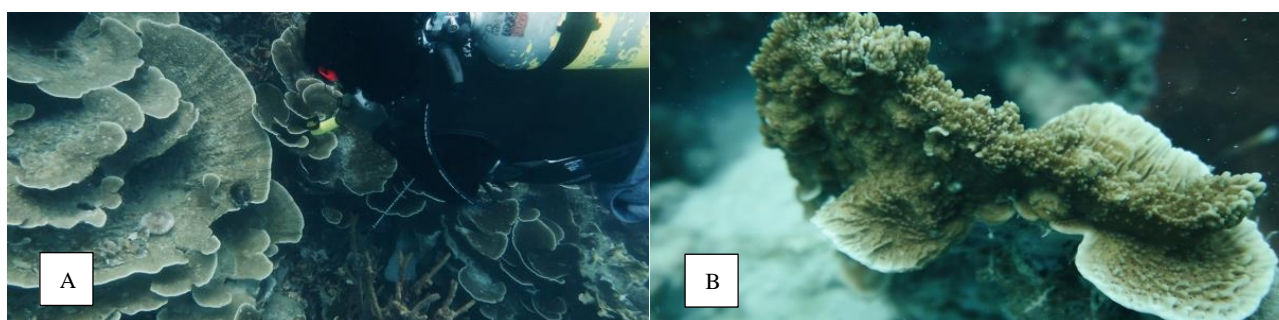
Porites dan *Montipora* termasuk ke dalam genera yang memiliki tingkat toleransi yang lebih tinggi terhadap kondisi lingkungan dibanding kebanyakan genera lainnya. *Porites* dapat beradaptasi terhadap kondisi substrat yang kurang memadai untuk menempelnya larva, kualitas air yang tidak sesuai termasuk tingkat pH yang relatif rendah dengan fluktuasi suhu dan cahaya, serta sedimentasi yang tinggi (Polapa *et al.* 2021). *Porites* (Gambar 11) memanfaatkan gerakan silia untuk membersihkan permukaan dari sedimen (Siringoringo dan Hadi 2013). *Montipora* juga menunjukkan tingkat toleransi yang cukup tinggi terhadap pengasaman laut dan kenaikan suhu dibandingkan dengan kebanyakan jenis karang lainnya (Yoshioka *et al.* 2022).

3.2. Karakteristik Tutupan Karang Perairan Terlindung

Montipora rata-rata mendominasi di seluruh stasiun, namun keberadaannya sangat menonjol pada stasiun ST1, hal tersebut diduga karena stasiun ST1 memiliki ekosistem terumbu karang terbaik sehingga memiliki keunikan dibanding stasiun pengambilan sampel lainnya, keunikan tersebut dibuktikan oleh dominasi yang tinggi genus *Montipora* (Tabel 9) dan *life form* Foliose (Tabel 10) sebagai penciri ST1 yang secara statistik persentasenya berbeda signifikan dibanding stasiun lainnya. Total rata-rata persentase tutupan *Montipora* berbentuk Foliose (Gambar 10) sendiri di ST1 pada perairan dangkal dan perairan dalam adalah sebesar 30,84%, sementara genus dan *life form* penciri lainnya tidak ditemukan di stasiun pengambilan

sampel selain ST1. Genus *Montipora* berbentuk Foliose umumnya mendominasi suatu daerah, pembentukan koloni Foliose tersebut sangat tergantung pada kejernihan suatu perairan karena berkaitan dengan intensitas cahaya (Barus *et al.* 2018).

Life form Foliose berbentuk seperti lembaran-lembaran daun dan biasa mendominasi di perairan yang terlindung (Nurma *et al.* 2022). Stasiun pengambilan sampel ST1 juga termasuk lokasi dengan kategori *semi exposed* sehingga tidak benar-benar berhadapan langsung dengan laut lepas, status konservasi kawasan dengan kategori dilindungi juga ikut andil dalam mempertahankan kualitas air perairan ST1, menjadikan stasiun ini sesuai dengan kondisi lingkungan *life form* Foliose.



Gambar 10. Koloni *Montipora* berbentuk Foliose. (A) Koloni besar; (B) Koloni kecil.

Tabel 9. Uji beda genus *Montipora* di enam stasiun pengambilan sampel.

Stasiun (I)	Stasiun (J)	Beda rata-rata (I-J)	Standar error	Significance
ST1	ST2	36,49	4,45	0,00
	ST3	31,22		0,00
	ST4	33,14		0,00
	ST5	38,42		0,00
	ST6	29,76		0,00

Keterangan: *Sig.*>0,05= tidak berbeda signifikan; *Sig.*<0,05= berbeda signifikan. (ST1) Area Perlindungan Laut; (ST2) Barat Pulau Pramuka; (ST3) Selatan Pulau Panggang; (ST4) Selatan Pulau Pramuka; (ST5) Barat Pulau Sekati; (ST6) Barat Pulau Air

Tabel 10. Uji beda *life form* Foliose di enam stasiun pengambilan sampel.

Stasiun (I)	Stasiun (J)	Beda rata-rata (I-J)	Standar error	Significance
ST1	ST2	36,75	4,72	0,00
	ST3	31,38		0,00
	ST4	32,39		0,00
	ST5	37,02		0,00
	ST6	29,58		0,00

Keterangan: *Sig.*>0,05= tidak berbeda signifikan; *Sig.*<0,05= berbeda signifikan. (ST1) Area Perlindungan Laut; (ST2) Barat Pulau Pramuka; (ST3) Selatan Pulau Panggang; (ST4) Selatan Pulau Pramuka; (ST5) Barat Pulau Sekati; (ST6) Barat Pulau Air

Tabel 11. Hasil uji beda persen tutupan karang hidup antar-stasiun.

Stasiun (I)	Stasiun (J)	Beda rata-rata (I-J)	Significance
ST1	ST2	62,37	0,00
	ST3	27,26	0,00
	ST4	37,73	0,00
	ST5	43,08	0,00
	ST6	28,48	0,00
ST2	ST1	-62,37	0,00
	ST3	-35,11	0,00
	ST4	-24,63	0,00
	ST5	-19,29	0,05
	ST6	-33,88	0,00
ST3	ST1	-27,26	0,00
	ST2	35,11	0,00
	ST4	10,48	0,59
	ST5	15,82	0,17
	ST6	1,22	1,00
ST4	ST1	-37,73	0,00
	ST2	24,63	0,00
	ST3	-10,48	0,59
	ST5	5,34	0,96
	ST6	-9,25	0,71
ST5	ST1	-43,08	0,00
	ST2	19,29	0,05
	ST3	-15,82	0,17
	ST4	-5,34	0,96
	ST6	-14,59	0,24
ST6	ST1	-28,48	0,00
	ST2	33,88	0,00
	ST3	-1,22	1,00
	ST4	9,25	0,71
	ST5	14,59	0,24

Keterangan: Nilai *standar error*= 6,47. *Sig.*>0,05= tidak berbeda signifikan; *Sig.*<0,05= berbeda signifikan. (ST1) Area Perlindungan Laut; (ST2) Barat Pulau Pramuka; (ST3) Selatan Pulau Panggang; (ST4) Selatan Pulau Pramuka; (ST5) Barat Pulau Sekati; (ST6) Barat Pulau Air.

Perbedaan kategori pengelolaan antar-stasiun melahirkan hipotesis bahwa akan terdapat perbedaan signifikan persen tutupan antar-stasiun, maupun antara stasiun yang dikelola oleh Taman Nasional dan stasiun yang tidak dikelola oleh Taman Nasional, sebab Zona Pemanfaatan di Taman Nasional yang dimanfaatkan untuk wisata dan permukiman diduga akan membawa pengaruh terhadap persen tutupan terumbu karang, namun secara statistik (Tabel 11) menunjukkan bahwa hanya ST1 sebagai ekosistem terumbu karang terbaik yang memiliki nilai persen tutupan karang hidup yang berbeda signifikan dibandingkan stasiun lainnya.

3.3. Korelasi dengan parameter fisika dan kimia

Nilai parameter kualitas air antar-stasiun pengambilan sampel tidak menunjukkan pola tertentu terhadap besar persen tutupan (Tabel 12). Kecerahan di enam stasiun pengambilan sampel adalah sebesar 100% menandakan parameter kecerahan di seluruh stasiun pengambilan sampel mendukung kehidupan terumbu karang. Cahaya adalah salah satu faktor terpenting yang mempengaruhi pertumbuhan dan fisiologi terumbu karang karena hubungan simbiosisnya dengan zooxanthellae. Zooxanthellae membutuhkan sinar matahari untuk melakukan fotosintesis (Schutter *et al.* 2012). Nilai nitrat di enam stasiun pengambilan sampel berada pada

rentang 0,08–0,21 mg/L. Simbiosis antara hewan karang dan zooxanthellae hidup di lingkungan oligotrofik, yaitu perairan dengan tingkat kesuburan/ nutrisi yang rendah (Kamil dan Turner 2021). Meskipun nitrat di seluruh stasiun pengambilan sampel menandakan kondisi oligotrofik, namun kondisi nitrat yang lebih dari 0,06 mg/L sudah melewati baku mutu air laut kategori biota laut berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021, hal itu dapat menjawab keberadaan *Dead Coral with Algae* yang sedikit tinggi dengan rata-rata persentase di seluruh stasiun pengambilan sampel sebesar 26,94%. Kadar oksigen terlarut di seluruh stasiun senilai 5,23–6,63 mg/L, yang menurut PP No. 22 Tahun 2021 menandakan kadar oksigen terlarut masuk dalam kriteria perairan yang baik karena bernilai di atas 5 mg/L. Nilai pH yang konstan sebesar 7,49–7,78 disebabkan karena air laut memiliki penyangga alami berupa bikarbonat, karbonat, kalsium, borat, dan hidroksida untuk menyangga kestabilan nilai derajat keasaman (pH) (Nursaiful 2004). Salinitas senilai 32–34 ppt masih sesuai dengan hewan karang yang dapat mentolerir salinitas dalam rentang 25–40 ppt (Sifa *et al.* 2021).

Parameter fisika kimia perairan diduga

memiliki korelasi yang erat terhadap persentase tutupan terumbu karang. Berdasarkan pengamatan di seluruh stasiun pengambilan sampel, diketahui bahwa nilai korelasi tertinggi adalah senilai 46,03% pada parameter oksigen terlarut yang masuk dalam kategori berkorelasi lemah, selanjutnya senilai 35,38% pada parameter salinitas yang masuk dalam kategori lemah, senilai 20,97% pada parameter nitrat yang masuk dalam kategori sangat lemah, senilai 13,92% pada parameter kecerahan yang masuk dalam kategori sangat lemah, sementara nilai korelasi terendah adalah senilai 10,71% pada parameter kecerahan yang masuk dalam kategori berkorelasi sangat lemah (Tabel 13). Rendahnya nilai korelasi antara parameter kualitas air dan persen tutupan dapat disebabkan oleh rentang nilai parameter yang kecil antar-stasiun (Miftahuddin *et al.* 2021). Penyebab lain rendahnya nilai korelasi diduga bukan karena kualitas air yang mempengaruhi persen tutupan karang melainkan kerusakan fisik akibat benturan aktivitas manusia seperti kegiatan wisata yang dikemukakan oleh Farid *et al.* (2018). Contoh aktivitas lainnya adalah kegiatan penangkapan dan transportasi (Sahetapy *et al.* 2017).

Tabel 12. Nilai parameter kualitas air di seluruh stasiun pengambilan sampel.

Stasiun	Kecerahan (%)	Nitrat (mg/L)	DO (mg/L)	pH	Salinitas (ppt)	Persen tutupan (%)
ST1	100	0,09	5,30	7,67	34	71,71
ST3	100	0,21	6,63	7,60	34	44,45
ST6	100	0,08	5,23	7,90	32	43,22
ST4	100	0,09	6,80	7,78	34	33,98
ST5	100	0,11	6,46	7,49	33	28,63
ST2	100	0,13	6,46	7,63	33	9,34

Keterangan: Stasiun diurutkan berdasarkan persen tutupan karang hidup tertinggi ke terendah. (ST1) Area Perlindungan Laut; (ST2) Barat Pulau Pramuka; (ST3) Selatan Pulau Panggang; (ST4) Selatan Pulau Pramuka; (ST5) Barat Pulau Sekati; (ST6) Barat Pulau Air.

Tabel 13. Nilai korelasi antara kualitas air dan persen tutupan karang hidup.

Parameter kualitas air	Korelasi (%)	Kategori
Oksigen terlarut	46,03	Lemah
Salinitas	35,38	Lemah
Derajat keasaman	20,97	Lemah
Nitrat	13,92	Sangat lemah
Kecerahan	10,71	Sangat lemah

4. Kesimpulan

Perbedaan kedalaman berpengaruh nyata terhadap persen tutupan karang hidup. Kategori pemanfaatan yang berbeda antar-stasiun pengambilan sampel tidak berpengaruh nyata terhadap persen tutupan karang hidup, kecuali pada stasiun berkategori dilindungi. Korelasi antara parameter kualitas air dan persen tutupan terumbu karang antar-stasiun pengambilan sampel tergolong lemah dan sangat lemah, penyebab utama yang mempengaruhi persen tutupan terumbu karang antar-stasiun pengambilan sampel adalah status zonasi konservasi area yang diduga berhubungan dengan tingkat kerusakan fisik akibat benturan secara langsung dari aktivitas manusia.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Fisheries Diving Club FPIK IPB University, Sudin KPKP Kepulauan Seribu, TNKpS, Sea Pearl, Terangi, Yayasan Karang Lestari Indonesia, Mazu Dive, Lab MOBA PSP FPIK IPB University, Lab MSTDS ITK FPIK IPB University, Wildlife Conservation Society, Indocarbon Nusantara, para *reviewer* serta semua pihak yang berkontribusi atas dukungan moril dan materil sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan sangat baik.

Daftar Pustaka

- Agus SB, Siregar VP, Bengen DG, Hanggono A. 2012. Profil batimetri habitat pemijahan ikan terumbu hasil integrasi data inderaja satelit dan akustik: studi kasus perairan sekitar Pulau Panggang, Kepulauan Seribu. *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan*. 3(1):45–61.
- Alam FA, Wijayanti DP, Munasik. 2022. Rekrutmen juvenil karang terumbu pasca tertabrak kapal Di Perairan Ujung Gelam, Taman Nasional Karimunjawa. *Buletin Oseanografi Marina*. 11(1):41–50. doi: 10.14710/buloma.v11i1.38199.
- Ali MNF, Rondonuwu AB, Pratasik SB, Wantasen AS, Bataragoa NE, Kusen JD. 2022. Komposisi dan kondisi terumbu karang di Tanjung Dudepo, Kabupaten Bolaang Mongondow Selatan, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*. 10(1):179–187.
- Anandari AA. 2022. Analisis korelasi sektor pertanian terhadap persentase tingkat kemiskinan dan ketimpangan di Kabupaten Jepara. *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*. 20(1):53–64.
- Arief M. 2013. Pengembangan metode lyzenga untuk deteksi terumbu karang di Kepulauan Seribu dengan menggunakan data satelit AVNIR-2. *Statistika*. 13(2):55–64.
- Arisandi A, Tamam B, Fauzan A. 2018. Profil terumbu karang Pulau Kangean, Kabupaten Sumenep, Indonesia. *Jurnal Ilmiah Perikanan Dan Kelautan*. 10(2):76–83.
- Barus BS, Prartono T, Soedarma D. 2018. Pengaruh lingkungan terhadap bentuk pertumbuhan terumbu karang di Perairan Teluk Lampung. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 10(3):699–709. doi: <http://dx.doi.org/10.29244/jitkt.v10i3.21516>.
- Baum G, Kusumanti I, Breckwoldt A, Sebastian CA, Ferse, Glasser M, Dwiyitno, Adrianto L, Wulp SVD, Kunzmann A. 2016. Under pressure: Investigating marine resource-based livelihoods in Jakarta Bay and the Thousand Islands. *Marine Pollution Bulletin* 110 (2016) 778–789. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.05.032>.
- Cleary, D.F.R., A.R.M. Polónia, W. Renema, B.W. Hoeksema, P.G. Rachello-Dolmen, R.G. Moolenbeek, A. Budiyo, Yahmantoro, Y. Tuti, Giyanto, S.G.A. Draisma, W.F. Prud'homme van Reine, R. Hariyanto, A. Gittenberger, M.S. Rikoh, N.J. de Voog. 2016. Variation in the composition of corals, fishes, sponges, echinoderms, ascidians, molluscs, foraminifera and macroalgae across a pronounced in-to-offshore environmental gradient in the Jakarta Bay–Thousand Islands coral reef complex. *Marine Pollution Bulletin* 110 (2016) 701–717. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.04.042>.

- Damar A, Ervinia A, Kurniawan F, Rudianto BY. 2021. Eutrophication in a tropical estuary: Is it good or bad? IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 744 (2021) 012010. IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/744/1/012010
- Dominique GM, Julia KB. 2021. Impacts of heat stress on soft corals, an overlooked and highly vulnerable component of coral reef ecosystems, at a central equatorial Pacific atoll. *Biological Conservation*. 262(109328):1–10.
- English S, Wilkinson C, Baker V. 1997. *Survey Manual for Tropical Marine Resources*. Townsville (AU): Australian Institute of Marine Science.
- Fabricius K, Alderslade P. 2001. *Soft Corals and Sea Fans*. Townsville (AU): Australian Institute of Marine Science.
- Farid M, Wahyu P, Supriharyono. 2018. Perubahan tutupan terumbu karang ditinjau dari banyaknya wisatawan di Tanjung Gelam Kepulauan Karimunjawa menggunakan citra satelit landsat 8 oli. *Journal of Maquares*. 7(1):18–27.
- Fisher NA. 1993. *Volunteer Estuary Monitoring: A Methods Manual*. Washington (US): United States Environmental Protection Agency.
- Hadi TA, Giyanto, Prayudha B, Hafizt M, Budiyanto A, Suharsono. 2018. *Status Terumbu Karang Indonesia 2018*. Jakarta: Pusat Penelitian Oseanografi LIPI.
- Henley EM, Quinn M, Bouwmeester J, Daly J, Lager C, Zuchowicz N, Bailey DW, Hagedorn M. 2022. Contrasting reproductive strategies of two Hawaiian Montipora corals. *Scientific Reports*. 12(12255). doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-16032-6>.
- Kamil TFKTM, Turner JR. 2021. Response of scleractinian corals to nitrate enrichment in high and ambient seawater temperatures. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 736.
- [KKP] Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2023. Kewenangan Pengelolaan. Direktorat Konservasi dan Keanekaragaman Hayati Laut. [diakses 2023 Mei 4]. http://sidakokkhl.kkp.go.id/sidako/index#p_ortpolio.
- [Kepgub] Keputusan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 601 Tahun 2019 Tentang Lokasi Daerah Perlindungan Laut Sebagai Kawasan Konservasi Di Kabupaten Administrasi Kepulauan Seribu. 2019.
- [Kepmen] Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 4 Tahun 2001 Tentang Kriteria Baku Kerusakan Terumbu Karang. 2001.
- Lasano WF, Kaligis FG, Kusen JD. 2015. Distribusi vertikal karang batu (scleractinia) di Perairan Desa Kalasey, Kabupaten Minahasa. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*. 1(1):20–24.
- Magdalena R, Krisanti MA. 2019. Analisis penyebab dan solusi rekonsiliasi finished goods menggunakan hipotesis statistik dengan metode pengujian independent sample t-test di PT.Merck, Tbk. *Jurnal Tekno*. 16(1):35–48.
- Malatesta S, Friedberg MSD, Zubair S, Bowen D. 2021. *Atolls of the Maldives: Nissology and Geography*. London (UK): Rowman & Littlefield.
- Miftahuddin, Pratama A, Setiawan I. 2021. Analisis hubungan antara kelembaban relatif dengan beberapa variabel iklim dengan pendekatan korelasi pearson di Samudera Hindia. *Jurnal Siger Matematika*. 2(1):25–33.
- Muhidin A. 2020. *Skripsi Sarjana Kependidikan: Pendekatan Kuantitatif dan Kualitatif*. Jakarta: Mardika Press.
- Nurma N, Putra A, Rauf A, Yusuf K, Larasati RF, Hawati, Jaya MM, Suriadin H, Aini S, Nurlaela E. 2022. Identifikasi bentuk pertumbuhan karang keras (*hard coral*) di Perairan Pulau Jinato Kawasan Taman Nasional Takabonerate, Kepulauan

- Selayar. *Fisheries of Wallacea Journal*. 3(1):1–13.
- Nursaiful A. 2004. *Akuarium Laut*. Depok: Penebar Swadaya.
- Podung TT, Roeroe KA, Paruntu CP, Ompi M, Schaduw JNW, Rondonuwu AB. 2022. Kondisi terumbu karang di Perairan Bahowo Tongkaina Manado Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*. 10(1):70–76.
- Polapa FS, Werorilangi S, Ali SM, Jompa J. 2021. Physiological responses of scleractinian corals in marginal habitat. *Biodiversitas*. 22(9):4011–4018.
- [PP] Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. 2021.
- Rahmawati I, Illiyin R. 2021. Pengaruh motivasi, persepsi dan sikap konsumen terhadap keputusan pembelian hp oppo. *Jurnal Ilmiah Hospitality*. 10(1).
- Rani C. 2002. Reproduksi seksual karang: suatu peluang dan tantangan dalam penelitian biologi laut di Indonesia. *Hayati*. 9(2):62–66.
- Reskiwati, Ompi M, Rembet UNWJ, Mantiri ROSE, Sumilat DA. 2022. Vertical distribution and effect of the depth on growth form and genus of hard coral on coral reef in Bunaken Island, North Sulawesi, Indonesia. *Aquatic Science & Management*. 10(1):1–7. doi: <https://doi.org/10.35800/jasm.v10i1.35238>.
- Rositasari R. 1998. Aspek geologi dan sejarah terbentuknya terumbu karang. *Oseana*. 23(3–4):1–9.
- Runtuwene SM, Manembu IS, Mamangkey NGF, Rumengan AP, Paransa DSJ, Sambali H. 2020. Laju pertumbuhan karang *acropora formosa* yang ditranplantasi pada media tempel dan media gantung. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*. 8(1):98–105.
- Sahetapy D, Widayati S, Sangadji M. 2017. Dampak aktivitas masyarakat terhadap ekosistem terumbu karang di Perairan Pesisir Dusun Katapang Kabupaten Seram Bagian Barat. *Jurnal Triton*. 13(2):105–114.
- Sari SN, Fretes MSD. 2021. Pengembangan pariwisata dalam upaya pembangunan ekonomi masyarakat di Pulau Pari Kepulauan Seribu. *Jurnal Abiwara*. 2(2):6–12.
- Schutter M, Ven RMVD, Janse M, Verreth JAJ, Wijffels RH, Osinga R. 2012. Light intensity, photoperiod duration, daily light flux and coral growth of *Galaxea fascicularis* in an aquarium setting: a matter of photons. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*: 1–10. doi: 10.1017/S0025315411000920.
- Sifa ZF, Purnomo PW, Ayuningrum D. 2021. Pelepasan densitas zooxanthellae karang *Acropora* sp. pada beberapa tingkat salinitas. *Saintek Perikanan: Indonesian Journal of Fisheries Science and Technology*. 17(2):151–156.
- Siringoringo RM, Hadi TA. 2013. Kondisi dan distribusi karang batu (scleractinia corals) di Perairan Bangka. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 5(2):273–285. 5(2):273–285.
- Suhendar DT, Sachoemar SI, Zaidy AB. 2020. Hubungan kekeruhan terhadap materi partikulat tersuspensi (MPT) dan kekeruhan terhadap klorofil dalam tambak udang. *Journal of Fisheries and Marine Research*. 4(3):332–338.
- Suhery N, Damar A, Effendi H. 2017. Indeks kerentanan ekosistem terumbu karang terhadap tumpahan minyak: kasus Pulau Pramuka dan Pulau Belanda di Kepulauan Seribu. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 9(1):67–90.
- [SK] Surat Keputusan Direktorat Jenderal Konservasi Sumberdaya Alam dan Ekosistem Nomor 386 Tahun 2016 Tentang Penataan Zonasi Taman Nasional Kepulauan Seribu. 2016.
- Thovyan A, Sabariah V, Parenden D. 2017. Persentase tutupan terumbu karang di Perairan Pasir Putih Kabupaten

- Manokwari. *Jurnal Sumberdaya Akuatik Indopasifik*. 1(1):67-80. doi: <https://dx.doi.org/10.30862/jsaifpikunipa>. 2017. Vol.1.No.1.22.
- Utami M, Arthana IW, Ernawati NM. 2021. Laju pertumbuhan karang transplantasi *Acropora* sp. di Pantai Pandawa, Bali. *Current Trends in Aquatic Science*. 4(2):205–211.
- Utami RT, Anggoro A. 2021. Status kondisi terumbu karang di Perairan Bengkulu dan Kepulauan Seribu, Jakarta. *Jurnal Enggano*. 6(1):188–200. doi: <https://doi.org/10.31186/jenggano.6.1>.
- Veron JEN, Stafford-Smith M. 2000. *Corals of The World*. Townsville (AU): Australian Institute of Marine Science.
- Wibawa IGNA, Luthfi OM. 2017. Kualitas air pada ekosistem terumbu karang di Selat Sempu, Sendang Biru, Malang. *Jurnal Segara*. 13(1):25–35.
- Yi X, Jing Z, Hui H, Xiangcheng Y, Junxiao Z, Jianzhong G. 2022. Coral symbiosis carbon flow: a numerical model study spanning cellular to ecosystem levels. *Frontiers in Marine Science*. 9(749921):1–19.
- Yoshioka Y, Suzuki G, Zayasu Y, Yamashita H, Shinzato C. 2022. Comparative genomics highlight the importance of lineage-specific gene families in evolutionary divergence of the coral genus, *Montipora*. *BMC Ecology and Evolution*. 22(71):1–16.
- Zuhri. 2020. Analisis regresi linier dan korelasi menggunakan pemrograman Visual Basic. *Jurnal Ilmu Manajemen*. 8(2):42–50.
- Zurba N. 2019. *Pengenalan Terumbu Karang, Sebagai Pondasi Utama Laut Kita*. Lhokseumawe: Unimal Press.