Jurnal Ilmiah PLATAX 14(2) (2026) 895-903

Tersedia daring di Portal Jurnal UNSRAT

Jurnal Ilmiah PLATAX

Beranda jurnal: https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/platax

e-ISSN 2302-3589

ARTIKEL PENELITIAN / RESEARCH ARTICLE

Kajian Potensi dan Daya Dukung Ekosistem Terumbu Karang Pendukung Wisata Selam Berkelanjutan di Minahasa Utara

Study on the Potential and Carrying Capacity of Coral Reef Ecosystems to Support Sustainable Dive Tourism in North Minahasa

Judul singkat (running title): Daya dukung wisata selam Minahasa Utara

Wantah Efra D.L.[a], Winda M. Mingkid[b], Ari B. Rondonuwu[c], Antonius P. Rumengan[d], Sandra O. Tilaar[d],

[a]*Program Studi Ilmu Perairan, Program Magister Program Pascasarjana, Universitas Sam Ratulangi-Manado*
[b]*Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi-Manado*
[c]*Program Studi Manajemen Sumber Daya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi-Manado*
[c]*Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi-Manado*

Abstract

Diving tourism in North Minahasa—designated as both a National Tourism Strategic Area (KSPN) and a marine conservation area—has expanded rapidly, increasing the risk of physical damage to coral reefs. This study assesses the suitability and carrying capacity for diving tourism in three villages classified as advanced tourism villages: Pulisan, Bahoi, and Darunu. Field data were collected from April to July 2026 across six biophysical parameters—coral community cover, hard coral growth forms, reef fish diversity, water clarity, reef depth, and current velocity—using the Underwater Photo Transect method (analyzed via CPCe), Underwater Visual Census, Secchi disk, dive computer, and drifting float. Suitability and carrying capacity were calculated using Yulianda's (2019) scoring matrix. Coral community cover reached 63.8% in Pulisan, 61.5% in Darunu, and 38.8% in Bahoi, while reef fish species richness was recorded at 143, 137, and 123 species, respectively. All three locations fell into the "Suitable" category, with Tourism Suitability Index (TSI) scores of 2.49 for Pulisan, 2.49 for Darunu, and 2.12 for Bahoi. The maximum carrying capacity was 199 divers/day for Pulisan, 145 for Darunu, and 85 for Bahoi. Bahoi received the lowest score primarily due to low coral cover, coupled with high proportions of dead coral (24.7%) and abiotic substrate (25.4%), indicating stress on the coral reef. These figures provide a quantitative basis for establishing daily diving quotas per location and support a rotational open-closed scheme for Bahoi within the management framework of the North Minahasa Marine Tourism Park.

Keywords: C*arrying capacity; coral reef; diver quota; dive tourism; North Minahasa; tourism suitability index*

Abstrak

Wisata selam di Minahasa Utara—yang ditetapkan sebagai Kawasan Strategis Pariwisata Nasional (KSPN) sekaligus kawasan konservasi perairan—telah berkembang pesat, sehingga meningkatkan risiko kerusakan fisik pada terumbu karang. Studi ini mengkaji kesesuaian dan daya dukung untuk wisata selam di tiga desa yang diklasifikasikan sebagai desa wisata maju: Pulisan, Bahoi, dan Darunu. Data lapangan dikumpulkan dari bulan April hingga Juli 2026 berdasarkan enam parameter biofisik—tutupan komunitas karang, bentuk pertumbuhan karang keras, keanekaragaman ikan karang, kecerahan air, kedalaman terumbu, dan kecepatan arus—menggunakan metode *Underwater Photo Transect* (dianalisis melalui CPCe), *Underwater Visual Census*, piringan Secchi, komputer selam, dan pelampung hanyut (*drifting float*). Kesesuaian dan daya dukung dihitung menggunakan matriks penilaian Yulianda (2019). Tutupan komunitas karang mencapai 63,8% di Pulisan, 61,5% di Darunu, dan 38,8% di Bahoi, sementara kekayaan spesies ikan karang tercatat masing-masing sebanyak 143, 137, dan 123 spesies. Ketiga lokasi tersebut masuk dalam kategori "Sesuai", dengan skor Indeks Kesesuaian Wisata (IKW) sebesar 2,49 untuk Pulisan, 2,49 untuk Darunu, dan 2,12 untuk Bahoi. Daya dukung maksimum adalah 199 penyelam/hari untuk Pulisan, 145 untuk Darunu, dan 85 untuk Bahoi. Bahoi memperoleh skor terendah terutama karena rendahnya tutupan karang, ditambah dengan tingginya proporsi karang mati (24,7%) dan substrat abiotik (25,4%), yang mengindikasikan adanya tekanan pada terumbu karang. Angka-angka ini memberikan dasar kuantitatif untuk menetapkan kuota harian penyelam di setiap lokasi serta mendukung skema buka-tutup secara bergilir bagi Bahoi dalam kerangka pengelolaan Taman Wisata Perairan Minahasa Utara.

Kata kunci: *Daya Dukung Kawasan; Indeks Kesesuaian Wisata; Kuota Penyelam; Minahasa Utara; Terumbu Karang; Wisata Selam*

1. Pendahuluan

Indonesia memiliki peran penting sebagai pusat kawasan Coral Triangle dengan keanekaragaman hayati laut tertinggi di dunia, mencakup sekitar 18% dari total terumbu karang global seluas 39.583 km^2. Ekosistem ini merupakan episentrum biodiversitas yang menjadi habitat bagi sedikitnya 590 spesies karang batu dan

Diterima (Received): 22 Juli 2026 Direvisi (Revised): 2 Agustus 2026 Disetujui (Accepted): 2 Agustus 2026
***Penulis korespondensi (Corresponding author): Winda M. Mingkid**
Program Studi Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi, Manado, 95115, Indonesia
Tel: +62 81356399888, E-mail: wmingkid@unsrat.ac.id

https://doi.org/10.35800/jip.v14i2.69075
Artikel ini merupakan artikel Open Access yang didistribusikan di bawah ketentuan Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/), yang mengizinkan penggunaan, distribusi, dan reproduksi non-komersial dalam media apa pun, selama karya asli disitasi dengan benar.
Hak Cipta © 2026 Penulis. Diterbitkan oleh Jurnal Ilmiah PLATAX, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi.

2.200 spesies ikan karang (Giyanto *et al*., 2017). Menurut Mangidi (2025), ekosistem terumbu karang dapat meningkatkan pendapatan negara melalui industri wisata bahari serta menyediakan banyak lapangan kerja. Pariwisata berbasis terumbu karang telah mengalami perkembangan pesat (Musa *et al*., 2006; Zhang, 2016), khususnya scuba diving yang dianggap berdampak rendah dan memberi alternatif ekonomi bagi masyarakat (Rangkuti *et al*., 2017). Indonesia sangat diminati sebagai destinasi wisata selam karena memiliki keindahan bawah laut yang unik dengan terumbu karang, ikan, dan moluska yang sulit ditemukan di negara lain (Yulius *et al*., 2018).

Pemerintah Indonesia secara aktif mendukung pengembangan kepariwisataan ini, salah satunya dengan menetapkan Kabupaten Minahasa Utara dan Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Likupang sebagai Kawasan Strategis Pariwisata Nasional (KSPN) melalui Peraturan Pemerintah No. 50 Tahun 2011 (Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50, 2011) dan diperkuat oleh Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 16 Tahun 2024 (Peraturan Presiden Nomor 16 Tahun 2024, 2024) adalah aturan mengenai Rencana Induk Destinasi Pariwisata Nasional (RIDPN) Manado-Likupang Tahun 2023-2044. Selain pariwisata, perairan Minahasa Utara juga telah ditetapkan sebagai Kawasan Konservasi Perairan di Sulawesi Utara melalui Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan No. 128 Tahun 2023 (Indonesia. Kementerian Kelautan dan Perikanan, 2023)karena keunikan alamnya yang berdaya tarik tinggi untuk menunjang pariwisata berkelanjutan.

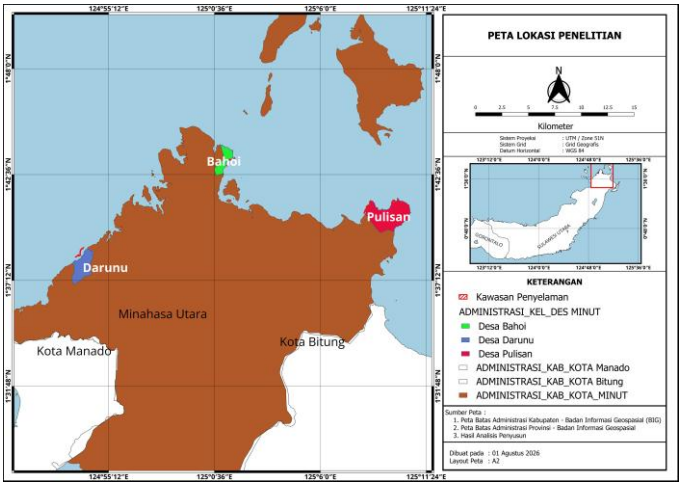
Di tingkat daerah, dukungan tersebut diwujudkan dengan penetapan desa wisata oleh Pemerintah Kabupaten Minahasa Utara. Terdapat tiga desa dengan status "desa wisata maju" yang memiliki potensi besar sebagai tujuan wisata selam berbasis terumbu karang, yaitu Desa Darunu, Desa Bahoi, dan Desa Pulisan. Pengembangan potensi ini berbanding lurus dengan tren kunjungan wisatawan ke Kabupaten Minahasa Utara yang terus berekspansi pada periode 2023–2025, di mana total kunjungan melonjak signifikan mencapai 91.921 orang pada tahun 2025.

Meskipun memberikan keuntungan ekonomi yang signifikan, kegiatan wisata seperti selam juga memberikan kontribusi terhadap perubahan kondisi ekosistem terumbu karang (Zurba, 2019). Oleh karena itu, kesesuaian sumber daya untuk wisata perairan perlu dihitung untuk setiap kegiatannya (Yulianda, 2019) guna memberikan gambaran seberapa sesuai suatu daerah dijadikan lokasi wisata selam (Pratiwi *et al*., 2021). Pendekatan Indeks Kesesuaian Wisata (IKW) telah banyak diterapkan pada kajian-kajian terkini di berbagai perairan Indonesia untuk menilai kelayakan lokasi wisata bahari (Fikri *et al*., 2024; Panalaran & Pamungkas, 2024). Salah satu cara efektif untuk mengatasi dampak negatif dari perkembangan pariwisata adalah dengan penentuan daya dukung lingkungan, yaitu jumlah maksimum wisatawan yang dapat ditampung tanpa merusak lingkungan dan mengurangi pengalaman pengunjung (Mingkid, 2020). Penilaian daya dukung penyelam kini menjadi instrumen kunci dalam pengelolaan wisata selam berkelanjutan di berbagai kawasan terumbu karang, karena perilaku dan kepadatan penyelam berpengaruh nyata terhadap integritas fisik terumbu (Hadiyanti *et al*., 2024; Rico Fernández & Rivera, 2024). Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesesuaian dan menghitung kapasitas daya dukung kegiatan wisata selam di Minahasa Utara, khususnya di Desa Darunu, Bahoi, dan Pulisan.

2. Bahan dan Metode

2.1. Lokasi penelitian

Lokasi penelitian berada di 3 lokasi yaitu Desa Darunu kecamatan Wori, Desa Bahoi kecamatan Likupang Barat dan Desa Pulisan kecamatan Likupang Timur (Gambar 1). Waktu yang diperlukan dalam melaksanakan penelitian, kurang lebih 4 bulan, yaitu dari bulan April-Juli 2026.

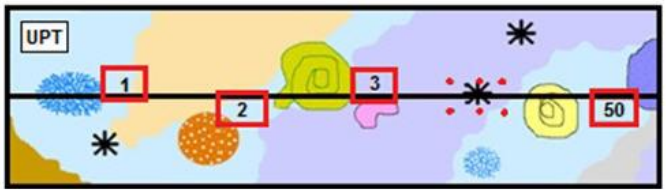


Gambar 1. Peta lokasi penelitian

2.2. Pengambilan data

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif serta menggunakan jenis data primer dari pengukuran langsung dilapangan. Setiap desa yang menjadi lokasi penelitian akan dilakukan 3 kali pengambilan data. Adapun 6 parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah: tutupan komunitas karang, kategori bentuk pertumbuhan karang, jenis ikan karang, kecerahan perairan, kedalaman terumbu karang dan kecepatan arus.

Pengambilan sampel untuk menilai persentase tutupan dan kesehatan terumbu karang menggunakan metode Underwater Photo Transect (UPT) (Giyanto, 2012a, 2012b; Giyanto et al., 2010, 2017). Metode ini difokuskan pada pemotretan kuantitatif menggunakan kamera digital bawah air. Prosedur pengumpulan data dilakukan dengan membentangkan pita transek sepanjang 50 meter sejajar garis pantai pada kedalaman 3–10 meter. Pemotretan dilakukan menggunakan bingkai kuadran berukuran 58 x 44 cm yang diletakkan secara zigzag setiap jarak 1 meter; angka ganjil pada skala meter ditempatkan di sisi kiri/atas pita, sedangkan angka genap di sisi kanan/bawah pita (Gambar 2). Sebanyak 50 foto sampel yang dihasilkan kemudian dianalisis menggunakan perangkat lunak CPCe (Coral Point Count with Excel extensions) untuk menghitung persentase tutupan karang dan mengidentifikasi jenis *life form* (Kohler & Gill, 2006). Tutupan komunitas karang dievaluasi mengikuti kriteria Yulianda (2007), sedangkan jenis *life form* komponen penyusun terumbu karang merujuk pada Giyanto et al. (2017).

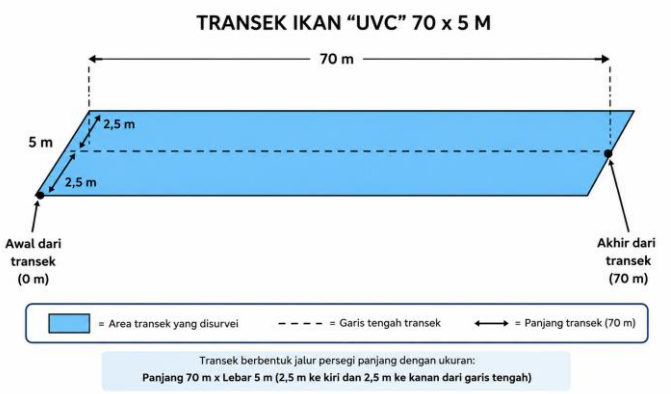


Gambar 2. Ilustrasi penarikan sampel dengan metode transek foto bawah air (UPT). (Sumber : Giyanto et al., 2017)

Struktur komunitas ikan karang dianalisis menggunakan metode Underwater Visual Census (UVC), sebuah teknik pengamatan yang dinilai efektif, akurat, dan ramah lingkungan (English et al., 1997; Green & Bellwood, 2009; Obura & Grimsditch, 2009; Suharti et al., 2017). Pengambilan data diawali dengan membentangkan pita rol meter sepanjang 70 meter sejajar dengan garis pantai, di mana titik nol dimulai dengan posisi pulau di sebelah kiri pengamat. Kedalaman pengamatan dijaga konstan pada rentang 7–10 meter (Gambar 3). Sebelum pencatatan dimulai, penyelam melakukan jeda selama 5–15 menit untuk membiarkan ikan yang menghindar kembali ke area pengamatan. Sensus dilakukan dengan mencatat semua jenis ikan karang yang melintasi area berjarak 2,5 meter di sisi kiri dan kanan garis transek, mencakup total luasan pengamatan sebesar 350 m^2. Pengambilan dokumentasi foto atau video juga dilakukan guna

 https://doi.org/10.35800/jip.v14i2.69075

membantu re-identifikasi spesies yang sulit dikenali secara langsung melalui literatur terkait (Heemstra & Randall, 1993; Humann & DeLoach, 2002; Kuiter & Tonozuka, 2001).



Gambar 3. Transek ikan UVC. (Sumber : Modifikasi dari Suharti et al., 2017)

Kecerahan perairan diukur secara in-situ menggunakan *Secchi disk* yang diikatkan pada tali berskala meter, mengikuti Hutagalung *et al.* (1997). Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali ulangan pada setiap stasiun. Piringan diturunkan perlahan sampai pola hitam-putih tidak lagi terlihat, dan kedalamannya diukur dari permukaan air sebagai D_1. Piringan kemudian ditarik perlahan sampai pola hitam-putih mulai terlihat kembali, dan kedalamannya diukur dari permukaan air sebagai D_2. Kedalaman perairan pada titik pengukuran (Z) diukur sampai piringan menyentuh dasar. Persentase kecerahan (K) dihitung dengan persamaan berikut:

$$K\ (\%) = \left(\frac{\boldsymbol{D_1 + D_2}}{\mathbf{2}}\right) \div \boldsymbol{Z}\ \times \mathbf{100} \qquad (1)$$

Dimana:

K : Kecerahan perairan (%)

D_1 : Jarak antara permukaan air sampai hilangnya warna hitam putih pada *secchi disk* (m)

D_2 : Kedalaman dari permukaan air saat pola hitam-putih pada *Secchi disk* mulai terlihat kembali ketika ditarik perlahan (m)

Z : Kedalaman perairan, yaitu saat *secchi disk* menyentuh dasar perairan (m).

Pengukuran kedalaman air di dalam area ekosistem terumbu karang dilakukan menggunakan komputer selam. Instrumen ini digunakan selama pengumpulan data karena kemampuannya untuk mengukur kedalaman dengan presisi dan akurasi, sekaligus memantau durasi penyelaman, suhu air, dan batas tanpa dekompresi. Pencatatan mengikuti panduan pemantauan terumbu karang pada kedalaman maksimal 10 meter (Giyanto et al., 2017), sehingga kedalaman yang digunakan dalam penilaian kesesuaian dibatasi sampai 10 meter.

Kecepatan arus diukur menggunakan pelampung apung yang diikatkan pada tali sepanjang 5 meter. Waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak 5 meter ini dicatat sebagai nilai waktu (t), dan kecepatan arus dihitung menggunakan rumus yang relevan (Hutagalung *et al.*, 1997; Sahri, 2022).

$$\mathbf{V} = \frac{\boldsymbol{l}}{\boldsymbol{t}} \qquad (2)$$

Dimana :

V : Kecepatan arus (m/s)

l : panjang (m)

t : waktu (s)

2.3. Analisis data

Analisis data menggunakan metode matriks kesesuaian dan perhitungan matematis untuk menilai daya dukung kawasan wisata. Setiap parameter sumber daya perairan dievaluasi dan diberi skor berdasarkan kondisi aktual guna menentukan tingkat kesesuaian lokasi untuk wisata selam.

Rumus yang digunakan untuk menghitung indeks kesesuaian wisata selam mengikuti rumus indeks kesesuaian wisata perairan oleh Yulianda (2019) adalah:

$$\mathbf{IKW} = \sum_{\boldsymbol{i=1}}^{\boldsymbol{n}} (\boldsymbol{Bi\ X\ Si}) \qquad (3)$$

Dimana :

N = Banyaknya parameter kesesuaian

Bi = Bobot parameter ke-i

Si = Skor parameter ke-i

Kriteria :

Sangat sesuai : IKW ≥ 2,5

Sesuai : 2,0≤ IKW <2,5

Tidak sesuai : 1≤ IKW <2,0

Sangat tidak sesuai : IKW <1

Adapun parameter kesesuaian wisata selam dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Matriks kesesuaian sumber daya untuk ekowisata bahari kategori wisata selam

Table 1. Suitability matrix of resources for marine ecotourism, diving category.

No	Parameter	Bobot	Kategori	Skor
1	Tutupan komunitas karang (%)	0,375	>75	3
			>50-75	2
			25-50	1
			<25	0
2	Kecerahan perairan (%)	0,150	>80	3
			50-80	2
			20-<50	1
			<20	0
3	Kedalaman terumbu karang	0,150	6-15	3
			>15-20;3-<6	2
			>20-30	1
			>30;<3	0
4	Jenis *life form*	0,135	>12	3
			<7-12	2
			4-7	1
			<4	0
5	Jenis ikan karang	0,120	>100	3
			50-100	2
			20-<50	1
			<20	0
6	Kecepatan arus (cm/detik)	0,070	0-15	3
			>15-30	2
			>30-50	1
			>50	0

Sumber : Yulianda (2019)

Kapasitas tampung suatu kawasan wisata selam sebagian besar ditentukan oleh potensi ekologisnya (K), yang merupakan batas dampak maksimum yang dapat ditoleransi untuk ekosistem terumbu karang. Menurut peraturan selam internasional, aktivitas ini harus dilakukan berpasangan (dua orang) dengan kapasitas pasokan udara rata-rata 1 jam penyelaman. Selama durasi ini, pergerakan penyelam diperkirakan sepanjang 200 meter dan lebar 10 meter. Oleh karena itu, potensi ekologis (K) ditetapkan pada 2 orang untuk setiap 2.000 m^2 area. Total waktu kunjungan (Wp) untuk satu kali penyelaman adalah 2 jam, yang meliputi 1 jam penyelaman dan 1 jam untuk persiapan dan perjalanan perahu (Tabel 2 & 3).

Dalam pemanfaatannya, area terumbu karang yang dapat digunakan (Lp) untuk wisata selam harus disesuaikan secara proporsional dengan persentase tutupan komunitas karang di lokasi tersebut. Misalnya, jika suatu area memiliki tutupan karang 76%, hanya 76% dari total tutupan karang yang dapat dimanfaatkan. Untuk menghitung daya dukung harian, waktu aktivitas pengunjung (Wp) kemudian dibandingkan dengan waktu operasional area (Wt) yang beroperasi rata-rata selama 8 jam sehari. Kombinasi Wt = 8 jam dan Wp = 2 jam menghasilkan empat kali trip penyelaman dalam satu hari, sebagaimana ditetapkan Yulianda (2019). Angka ini merupakan asumsi operasional standar yang mengacu pada jam kerja efektif penyedia jasa selam, bukan batas mutlak. Pengelola kawasan dapat menyesuaikannya

menurut kondisi setempat — misalnya jumlah trip berkurang apabila cuaca membatasi waktu operasional atau jarak tempuh menuju titik selam lebih jauh — dan penyesuaian tersebut akan mengubah nilai daya dukung secara proporsional.

Tabel 2. Prediksi waktu yang dibutuhkan untuk kegiatan wisata selam

Jenis Kegiatan	Waktu yang dibutuhkan Wp-(jam)	Total waktu 1 hari Wt-(jam)
Selam	2	8

Sumber : Yulianda (2019)

Tabel 3. Potensi ekologis pengunjung (K) dan luas atau panjang area kegiatan (Lt)

Jenis kegiatan	Σ Pengunjung (Orang)	Unit Area (Lt)	Keterangan
Selam	2	2.000 m^2	setiap 2 orang dalam 200 x 10 m

Sumber : Yulianda (2019)

Rumus perhitungan daya dukung kawasan wisata (DDK) menurut Yulianda (2019):

$$DDK = K\ x \frac{Lp}{Lt}\ x\ \frac{Wt}{Wp} \quad \text{.....(4)}$$

Dimana :

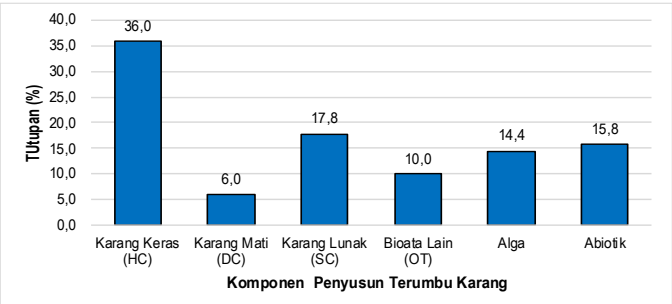
DDK = Daya dukung kawasan wisata (orang/hari)
K = Potensi ekologis pengunjung persatuan unit area
Lp = Luas area atau panjang area yang dapat dimanfaatkan
Lt = Unit area untuk kategori tertentu
Wt = Waktu yang disediakan kawasan untuk kegiatan wisata dalam satu hari (jam)
Wp = Waktu yang dihabiskan pengunjung untuk satu kali kegiatan (jam)

3. Hasil dan Pembahasan

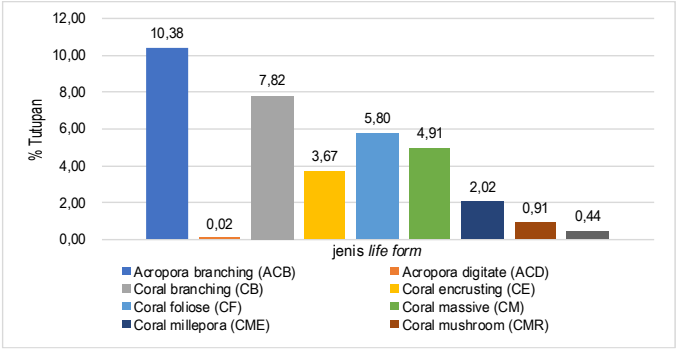
3.1. Kesesuaian dan daya dukung wisata selam Desa Pulisan

Desa Pulisan, yang terletak di pesisir Kecamatan Likupang Timur, merupakan kawasan pusat Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) Pariwisata Likupang. Statusnya sebagai desa wisata yang berkembang membutuhkan studi khusus mengenai daya dukung dan kesesuaian ekologisnya untuk memastikan keberlanjutan kegiatan wisata bahari.

Perairan Desa Pulisan memiliki tipe terumbu karang tepi dengan karakteristik topografi berupa lereng dan dinding. Komposisi penutup dasar perairan didominasi oleh komunitas karang, yang mencapai 63,8%, terdiri dari 36,0% karang keras, 17,8% karang lunak, dan 10% biota lainnya (Gambar 4). Nilai tutupan ini menempatkan kondisi terumbu karang Pulisan dalam kategori sedang. Komponen lainnya termasuk alga (14,4%), abiotik (15,8%), dan karang mati (6%). Terdapat 9 jenis bentuk kehidupan karang keras yang telah diidentifikasi (Gambar 5) dimana dominasi tertinggi Acropora bercabang (10,38%) dan karang bercabang (7,82%), sehingga parameter ini termasuk dalam kategori sedang (skor 2). Kondisi tutupan karang dalam kategori sedang ini sejalan dengan status terumbu karang di sejumlah perairan Sulawesi Utara yang bervariasi dari sedang hingga baik (Podung *et al.*, 2022).

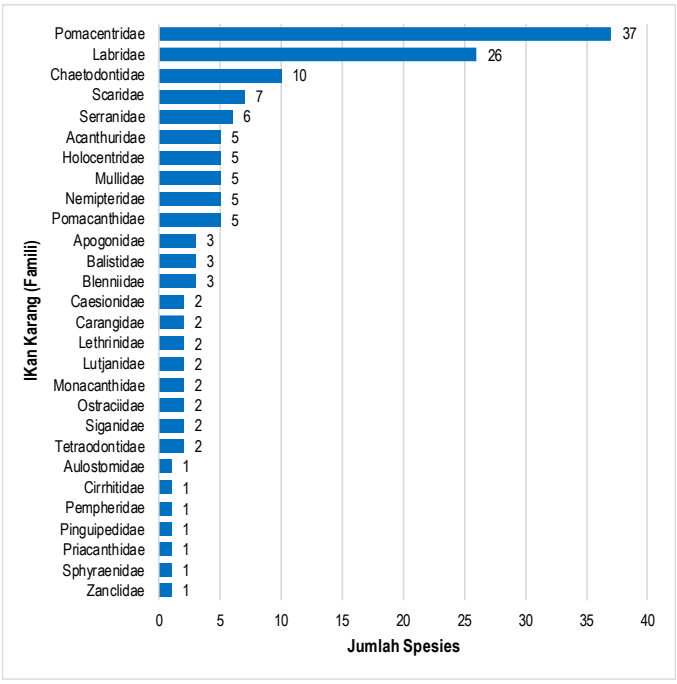


Gambar 4. Persentase tutupan komponen penyusun terumbu karang di Desa Pulisan



Gambar 5. Jenis life form di Desa Pulisan

Berdasarkan tiga pengukuran, tingkat kecerahan perairan mencapai 100%. Dasar perairan terlihat pada kedalaman rata-rata 9 meter. Nilai absolut ini mengkategorikan parameter kecerahan air sebagai sangat baik, dengan skor tertinggi (3). Variasi kedalaman yang relatif konsisten pada tiga titik pengamatan: 9,8 meter, 8,8 meter, dan 8,4 meter. Rata-rata, kedalaman terumbu karang di Desa Pulisan adalah 9 meter, yang ideal untuk menyelam (skor 3).



Gambar 6. Jumlah jenis ikan berdasarkan famili di Desa Pulisan

Perairan Pulisan memiliki keanekaragaman hayati ikan karang yang kaya. Sebanyak 143 spesies dari 28 famili telah tercatat menghuni daerah tersebut (Gambar 6). Tiga famili utama yang mendominasi adalah Pomacentridae (37 spesies), Labridae (26 spesies), dan Chaetodontidae (10 spesies). Jumlah spesies yang tinggi ini menempatkan parameter ikan karang dalam kategori sangat baik (skor 3). Dominasi famili Pomacentridae, Labridae, dan Chaetodontidae konsisten dengan struktur komunitas ikan karang yang dilaporkan di perairan terumbu karang Sulawesi Utara, termasuk di Kecamatan Likupang Timur, Kabupaten Minahasa Utara (Rondonuwu *et al.*, 2019), serta dalam penelitian famili Pomacentridae di perairan Minahasa (Rondonuwu *et al.*, 2013).

Waktu rata-rata yang dibutuhkan pelampung untuk menempuh jalur 5 meter mengikuti arah arus adalah 44 detik. Berdasarkan perhitungan, kecepatan arus permukaan di Desa Pulisan adalah 12 cm/detik. Nilai ini menunjukkan bahwa arus permukaan relatif lemah, sehingga menciptakan kondisi aman dan nyaman untuk kegiatan menyelam. Oleh karena itu, parameter kecepatan arus mendapat nilai maksimal (3) menurut kriteria penilaian kesesuaian wisata menyelam.

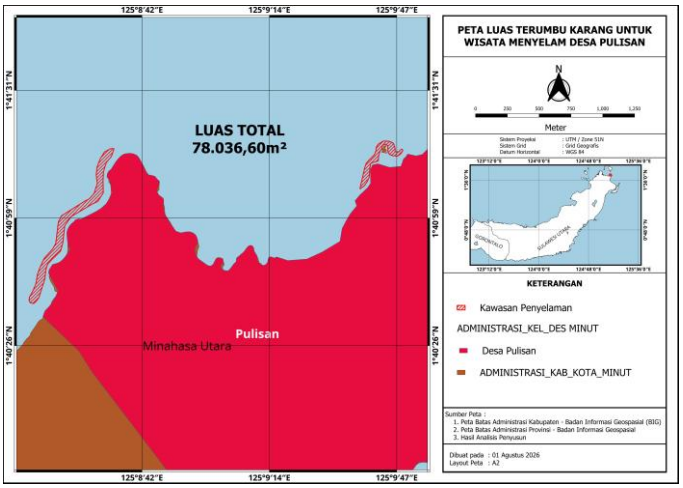
 https://doi.org/10.35800/jip.v14i2.69075

Perhitungan kumulatif dari enam parameter biofisik air menghasilkan Indeks Kesesuaian wisata (IKW) sebesar 2,49. Nilai ini menempatkan perairan Desa Pulisan dalam kategori "Sesuai" untuk pengembangan sebagai destinasi wisata selam terkemuka (Tabel 4). Penerapan matriks Indeks Kesesuaian Wisata (IKW) ini konsisten dengan berbagai studi pariwisata bahari terkini di Indonesia, yang juga memperoleh kategori sesuai hingga sangat sesuai, termasuk di Pulau Pahawang, Lampung (Panalaran & Pamungkas, 2024) dan kawasan Pantai Padang, Sumatera Barat (Fikri *et al.*, 2024). Khusus untuk wisata selam dan snorkeling, hasil serupa dilaporkan dalam studi kesesuaian dan daya dukung di Pantai Jemeluk, Bali (Hadiyanti *et al.*, 2024). Rincian kontribusi nilai per parameter adalah: tutupan karang (0,75); kecerahan (0,45); kedalaman (0,45); spesies ikan (0,36); bentuk kehidupan (0,27); dan kecepatan arus (0,21).

Tabel 4. Indeks Kesesuaian Wisata Selam Desa Pulisan

No	Parameter	Bobot	Kategori	Skor	IKW
	Tutupan komunitas karang (%)	0,375	63,8	2	0,75
	Kecerahan perairan (%)	0,150	100	3	0,45
	Kedalaman terumbu karang (m)	0,150	9	3	0,45
	Jenis *life form*	0,135	8	2	0,27
	Jenis ikan karang	0,120	143	3	0,36
	Kecepatan arus (cm/detik)	0,070	12	3	0,21
	Hasil				**2,49**
	IKW				**Sesuai**

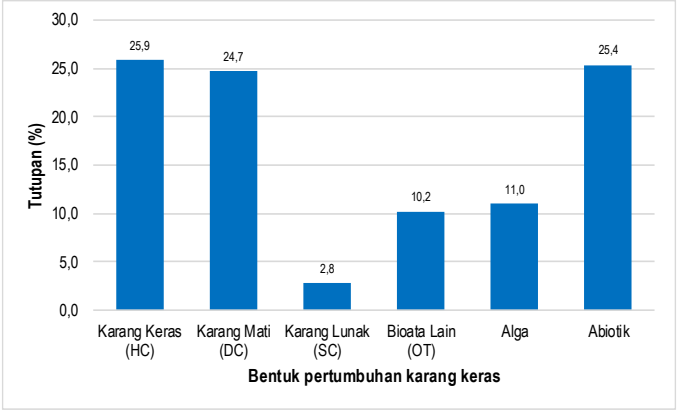
Berdasarkan analisis spasial, total luas terumbu karang di Desa Pulisan mencapai 78.036 m^2 (Gambar 7). Dengan mempertimbangkan persentase tutupan karang sebesar 63,8%, luas area yang dapat dimanfaatkan secara efektif adalah 49.786 m^2. Dengan menggunakan luas unit penyelaman standar sebesar 2.000 m^2, area ini memiliki kapasitas 24,89 unit penyelaman per hari. Dengan potensi ekologis 2 orang per unit dan dengan empat kali trip penyelaman per hari (Wt/Wp = 8/2), Kapasitas Daya dukung Area (DDK) maksimum di Desa Pulisan ditetapkan pada 199 penyelam per hari. Penetapan ambang batas penyelaman ini penting untuk mencegah degradasi terumbu karang akibat tekanan pariwisata, seperti yang ditekankan dalam studi kapasitas daya dukung penyelaman di daerah lain, yang menunjukkan bahwa kapasitas antar lokasi penyelaman dapat bervariasi secara signifikan, sehingga memerlukan pengelolaan adaptif (Hadiyanti *et al.*, 2024; Rico Fernández & Rivera, 2024).



Gambar 7. Luas Area Terumbu Karang Wisata Selam Desa Pulisan

3.2. Kesesuaian dan daya dukung wisata selam Desa Bahoi

Desa Bahoi terletak di pesisir Kecamatan Likupang Barat, di dalam kawasan konservasi Taman Wisata Laut (TWP) Minahasa Utara. Perairannya yang relatif tenang, terlindungi oleh pulau-pulau di sekitarnya dan terletak di dalam teluk, menjadikannya lokasi yang ideal untuk menyelam, terutama bagi penyelam pemula. Pengukuran menunjukkan kecepatan arus rata-rata 59 detik per 5 meter, setara dengan sekitar 8 cm/detik. Berdasarkan kriteria kesesuaian untuk wisata selam, kecepatan arus ini dikategorikan baik dan mendapat skor 3, sehingga mendukung pengembangan wisata selam di perairan Desa Bahoi.



Gambar 8. Persentase Tutupan Komunitas Karang di Desa Bahoi

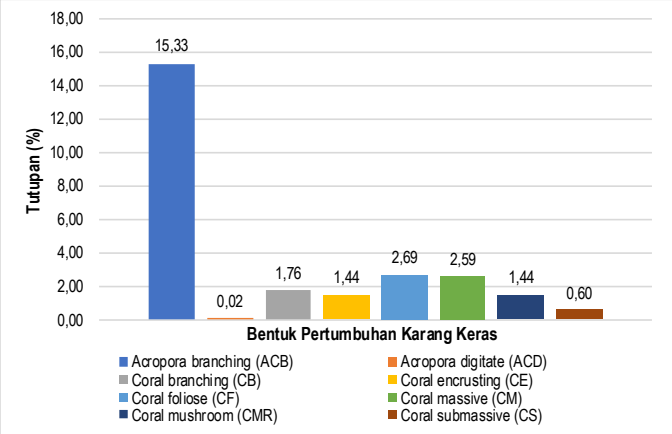
Tutupan bentik didominasi oleh karang keras (25,9%), diikuti oleh komponen abiotik (25,4%) dan karang mati (24,7%). Sementara itu, alga (11,0%) dan biota lainnya (10,2%) memiliki persentase sedang, sedangkan karang lunak (2,8%) merupakan komponen dengan tutupan terendah (Gambar 8). Komposisi ini menunjukkan bahwa meskipun karang hidup masih mendominasi, tutupan karang mati dan substrat abiotik yang tinggi mengindikasikan adanya stres atau gangguan yang memengaruhi kondisi ekosistem terumbu karang. Komposisi tutupan di Desa Bahoi perlu dicermati lebih lanjut karena proporsi karang mati (24,7%) dan substrat abiotik (25,4%) hampir setara dengan tutupan karang keras (25,9%). Pola semacam ini mengindikasikan terumbu pernah mengalami kematian karang dalam skala luas dan belum sepenuhnya pulih. Penelitian ini tidak dirancang untuk menetapkan penyebabnya, sehingga penjelasan berikut bersifat dugaan yang masih memerlukan pengujian melalui pemantauan berkala.

Dua kelompok faktor patut dipertimbangkan. Pertama, faktor alam berupa pemutihan karang akibat anomali suhu permukaan laut, yang telah tercatat menurunkan tutupan karang di berbagai perairan Indonesia (Hadi *et al.*, 2018). Posisi Desa Bahoi di dalam teluk dan terlindung pulau-pulau di sekitarnya menciptakan sirkulasi air yang relatif tertahan, sehingga tekanan termal maupun sedimentasi cenderung bertahan lebih lama dibandingkan perairan terbuka seperti Pulisan dan Darunu. Kedua, faktor antropogenik berupa kontak fisik penyelam, jangkar perahu, dan aktivitas perikanan pesisir. Perilaku dan kepadatan penyelam berpengaruh nyata terhadap integritas fisik terumbu (Zhang *et al.*, 2015; Rico Fernández & Rivera, 2024), dan kerusakan mekanis cenderung terakumulasi pada perairan dangkal yang menjadi titik masuk penyelam pemula — karakteristik yang tepat menggambarkan perairan Desa Bahoi.

Kondisi ini tidak menggugurkan kelayakan Desa Bahoi sebagai lokasi wisata selam, tetapi menuntut pengelolaan yang lebih berhati-hati dibandingkan dua lokasi lainnya. Langkah mitigasi yang dapat diterapkan mencakup penetapan zona inti yang tertutup bagi kegiatan wisata pada hamparan dengan tutupan karang terbaik agar berfungsi sebagai sumber larva bagi pemulihan alami; pemasangan tambat perahu permanen untuk menghilangkan kerusakan akibat jangkar; pembatasan kunjungan pada angka daya dukung 85 penyelam per hari disertai pembagian kuota antaroperator; serta rehabilitasi terumbu pada substrat abiotik yang stabil, dengan catatan bahwa transplantasi hanya efektif apabila penyebab kematian karang telah dikendalikan lebih dahulu. Pelaksanaan pemantauan rutin dapat melibatkan Kelompok Sadar Wisata setempat, mengingat pengelolaan berbasis masyarakat terbukti efektif dalam konservasi terumbu

karang di kawasan wisata (Nurhayu et al., 2025; WWF-Indonesia, 2021).

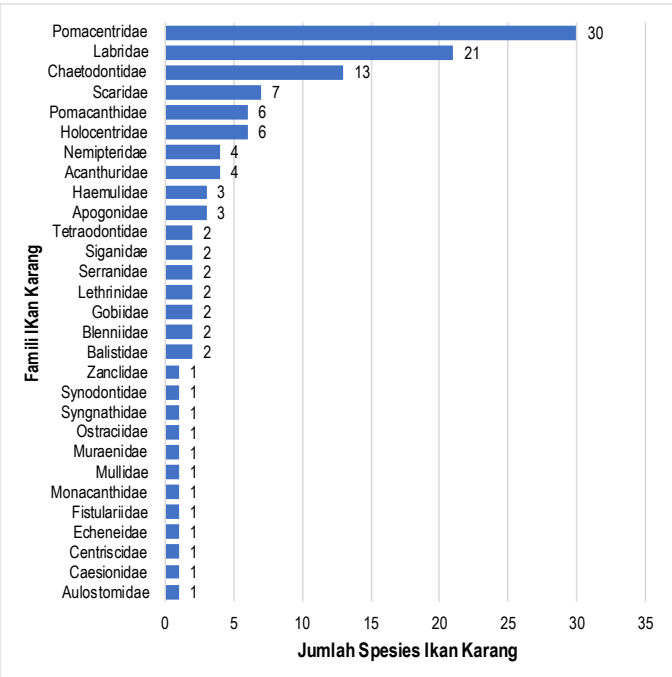
Berdasarkan hasil pengamatan, ditemukan 8 jenis bentuk kehidupan karang, yaitu Acropora bercabang (ACB), Acropora digitate (ACD), Karang bercabang (CB), Karang kerak (CE), Karang foliose (CF), Karang masif (CM), Karang jamur (CMR) dan Karang submasif (CS). Dari 8 jenis bentuk kehidupan karang di Desa Bahoi, ACB mendominasi pertumbuhan, mencapai 15,33%, yang jauh di atas jenis bentuk kehidupan lainnya (Gambar 9). Jumlah jenis *lifeform* di Desa Bahoi berada pada kategori 2.



Gambar 9. Jenis life form di Desa Bahoi

Kecerahan air diukur di Desa Bahoi menunjukkan persentase kecerahan 100%. Hal ini karena *Secchi disk* masih terlihat jelas hingga dasar, dengan kedalaman rata-rata 9,6 meter. Dalam menentukan kesesuaian untuk wisata selam, nilai kecerahan di Desa Bahoi dikategorikan tinggi, dengan skor 3. Sementara itu, kedalaman terumbu karang di Desa Bahoi masing-masing 9,9 meter, 9,9 meter, dan 8,9 meter, dengan rata-rata 9,6 meter. Nilai ini dikategorikan tinggi, dengan skor 3.

Teridentifikasi 123 spesies ikan karang dari 29 famili. Gambar 9 menunjukkan tiga famili ikan dengan jumlah spesies terbanyak: famili Pomacentridae dengan 30 spesies, famili Labridae dengan 21 spesies, dan famili Chaetodontidae dengan 13 spesies (Gambar 10). Dalam penilaian kesesuaian untuk wisata selam, 123 spesies ikan karang yang tercatat di Desa Bahoi termasuk dalam kategori tinggi dengan skor 3.



Gambar 10. Jumlah Jenis Ikan berdasarkan Famili di Desa Bahoi

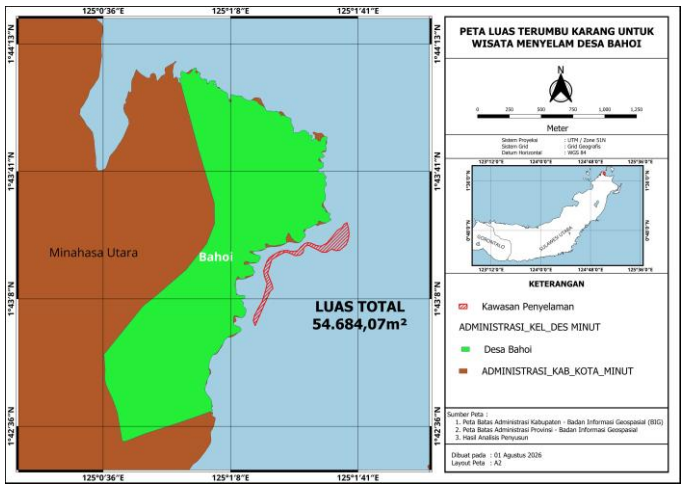
Hasil pengukuran kecepatan arus rata-rata di Desa Bahoi adalah 59 detik per 5 meter yang dikonversi sama dengan 8 sentimeter per detik yang mana nilai ini memiliki skor 3 dalam penentuan kesesuaian wisata selam di Desa Bahoi. Hasil penghitungan 6 parameter kesesuaian wisata selam di Desa Bahoi diperoleh nilai indeks kesesuaian wisata selam (Tabel 5). Parameter tutupan komunitas karang memiliki nilai 0,375, kecerahan perairan 0,45, kedalaman terumbu karang 0,45, jenis life form 0,27, jenis ikan karang 0,36 dan kecepatan arus 0,21. Jumlah dari nilai 6 parameter ini diperoleh hasil indeks kesesuaian wisata selam di Desa Bahoi adalah 2,12 dan masuk dalam kategori sesuai.

Tabel 5. Indeks Kesesuaian Wisata Selam Desa Bahoi

Table 5. Dive Tourism Suitability Index of Bahoi Village.

No	Parameter	Bobot	Kategori	Skor	IKW
1.	Tutupan komunitas karang (%)	0,375	38,8	1	0,38
2.	Kecerahan perairan (%)	0,150	100	3	0,45
3.	Kedalaman terumbu karang (m)	0,150	9,6	3	0,45
4.	Jenis *life form*	0,135	8	2	0,27
5.	Jenis ikan karang	0,120	123	3	0,36
6.	Kecepatan arus (cm/detik)	0,070	8	3	0,21
	Hasil				**2,12**
	IKW				**Sesuai**

Luas area terumbu karang yang bisa dimanfaatkan untuk wisata selam di Desa Bahoi adalah 54.684,07 m^2 dengan persentase tutupan komunitas karang sebesar 38,8%. Jika dikalikan luas area karang dan persentase tutupan karang diperoleh luas efektif yaitu 21.217 m^2 (Gambar 11). Luas efektif kemudian dibagi dengan unit area kategori selam yaitu 2000 m^2 dan diperoleh nilai kapasitas ruang per hari yaitu 10,6 unit. Diketahui Potensi ekologis pengunjung per satuan unit area untuk wisata selam adalah 2 orang dan kapasitas waktu selam per hari adalah 4 trip. Perkalian antara nilai kapasitas ruang perhari dengan potensi ekologis pengunjung dan kapasitas waktu selam diperoleh nilai daya dukung (DDK) kawasan untuk wisata selam di desa bahoi adalah 85 orang atau penyelam per hari.



Gambar 11. Luas Area Terumbu Karang Untuk Wisata Selam di Desa Bahoi

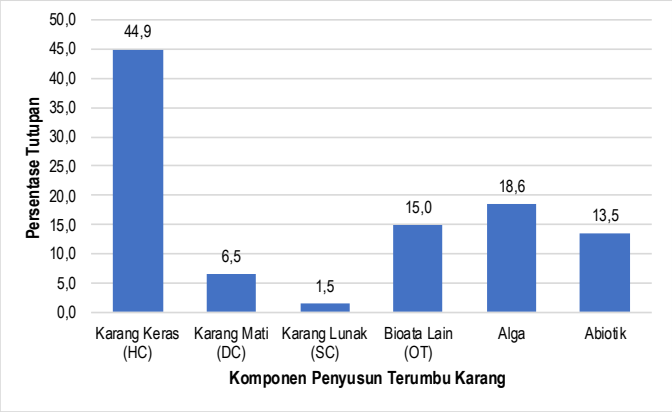
3.3. Kesesuaian dan daya dukung wisata selam Desa Darunu

Darunu adalah salah satu desa wisata yang berada di pesisir di Kecamatan Wori, Oleh pemerintah kabupaten Minahasa Utara desa ini ditetapkan sebagai desa wisata kategori maju karena potensi wisata yang ada di desa. Desa Darunu menjadi lokasi wisata strategis karena lokasinya yang dekat dengan Kota Manado dan berbatasan dengan Taman Nasional Bunaken (TNB). Pada tahun 2024 darunu berhasil masuk dalam 500 besar Anugerah Desa Wisata Indonesia (ADWI) oleh Kementerian Pariwisata. Desa ini juga masuk ke dalam wilayah konservasi taman wisata perairan

 https://doi.org/10.35800/jip.v14i2.69075

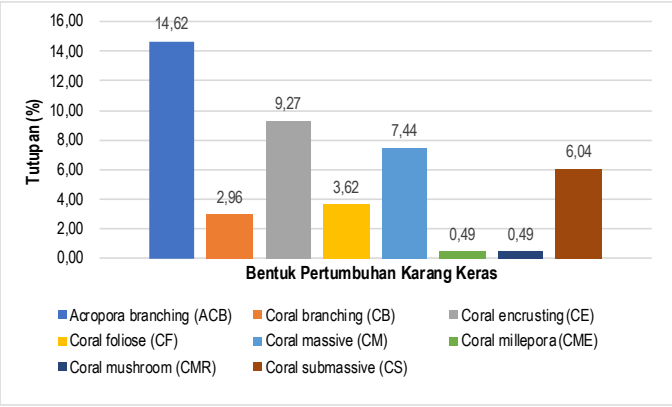
(TWP) Minahasa Utara. Kajian tentang kesesuaian dan daya dukung wisata selam menjadi penting bagi masyarakat dan turis dalam menunjang kegiatan pariwisata di Minahasa Utara.

Tipe terumbu karang di Desa Darunu adalah terumbu karang tepi atau *fringing reef* dengan topografi slope (lereng). Kondisi terumbu karang di desa Darunu memiliki persentase tutupan karang keras sebesar 44,9%, karang lunak 1,5% dan biota lainnya 15% (Gambar 12). Kombinasi dari 3 komponen ini menghasilkan nilai tutupan komunitas karang sebagai bagian penting dari analisis kesesuaian wisata selam di desa Darunu. Jumlah persentase dari 3 komponen ini adalah 61,5% dimana nilai ini termasuk kategori sedang dengan skor 2. Variasi kondisi tutupan karang antar-lokasi seperti ini juga teramati pada beberapa perairan lain di Sulawesi Utara (Balumpapung *et al.*, 2022). Adapun komponen lain yang terdata adalah karang mati (DC) sebesar 6,5%, alga 18,6% dan abiotik 13,5%.



Gambar 12. Persentase Tutupan Komunitas Karang di Desa Darunu

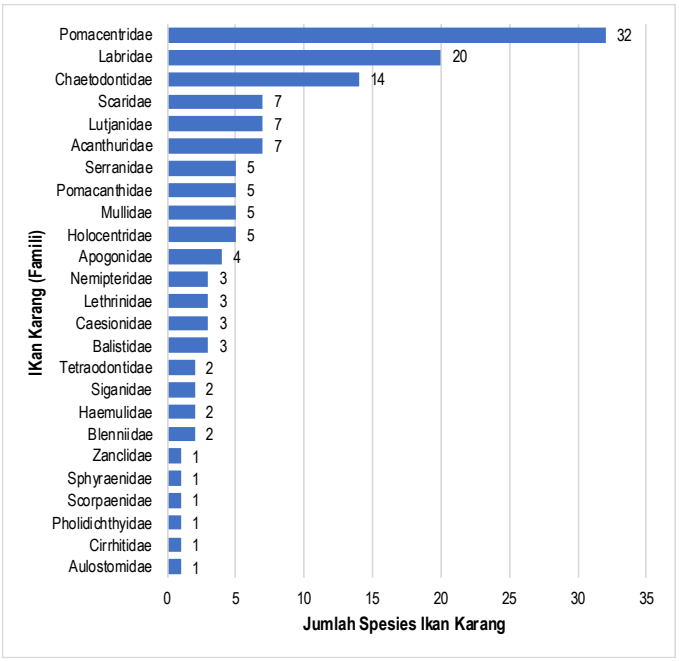
Terdapat 8 jenis life form karang dari total 44,9% karang keras yang ditemukan di desa Darunu. 8 jenis life form karang tersebut adalah Acropora branching (ACB), Coral branching (CB), Coral encrusting (CE), Coral foliose (CF), Coral massive (CM), Coral millepora, Coral mushroom (CMR) dan Coral submassive (CS). Persentase tertinggi didominasi oleh Acropora branching (ACB) sebesar 14,62% (Gambar 13).



Gambar 13. Jenis Life Form Karang di Desa Darunu

Berdasarkan hasil pengukuran kecerahan di semua titik diperoleh kecerahan sebesar 100%. Hal ini dikarenakan *secchi disk* masih terlihat jelas sampai di dasar perairan dengan rata-rata kedalaman 14 meter. Dalam penentuan kesesuaian wisata selam nilai kecerahan di Desa Bahoi termasuk kategori tinggi dengan skor 3. Pengukuran kedalaman terumbu karang, area terumbu karang di desa ini masih bisa dijumpai sampai di kedalaman lebih dari 10 meter. Dalam penentuan kesesuaian wisata selam nilai ini masuk kategori tinggi dengan skor 3.

Dari hasil pengamatan di perairan Desa Darunu terdapat 137 jenis ikan karang dari 25 famili yang berhasil terdata. Tiga famili ikan yang memiliki jumlah jenis terbanyak adalah pomacentridae memiliki jumlah jenis terbanyak yaitu 32 jenis, Labridae 20 jenis dan famili ikan Chaetodontidae 14 jenis (Gambar 14). Dalam penilaian kesesuaian wisata selam, 137 jenis ikan karang yang terdata di Desa Darunu masuk kedalam kategori tinggi dengan skor 3.



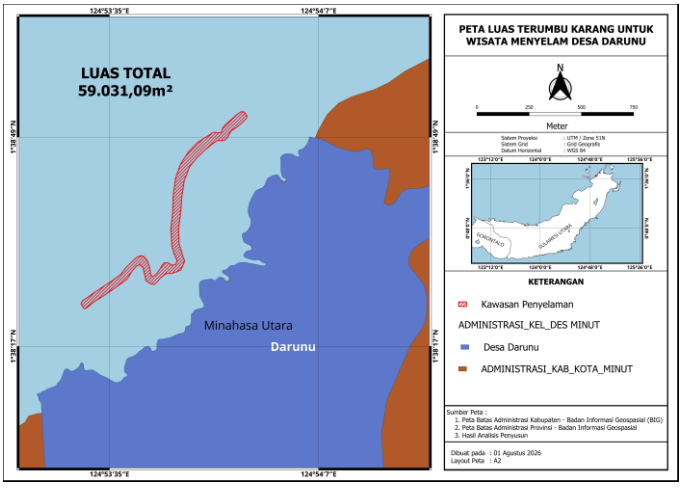
Gambar 14. Jumlah Jenis Ikan berdasarkan Famili di Desa Darunu

Hasil pengukuran rata-rata kecepatan arus adalah 82 detik/5 meter (6 cm/detik) dimana nilai ini memiliki skor 3 dalam penentuan kesesuaian wisata selam di Desa Darunu. Hasil penghitungan 6 parameter kesesuaian wisata selam di Desa Darunu diperoleh nilai indeks kesesuaian wisata selam (Tabel 6).. Parameter tutupan komunitas karang memiliki nilai 0,75 kemudian kecerahan perairan 0,45, kedalaman terumbu karang 0,45, jenis life form 0,27, jenis ikan karang 0,36 dan kecepatan arus 0,21. Jumlah dari nilai 6 parameter ini diperoleh hasil indeks kesesuaian wisata selam di Desa Darunu adalah 2,49 yang mana nilai ini masuk kedalam kategori sesuai untuk wisata selam.

Tabel 6. Indeks Kesesuaian Wisata Selam Desa Darunu

No	Parameter	Bobot	Kategori	Skor	IKW
1.	Tutupan komunitas karang (%)	0,375	61,5	2	0,75
2.	Kecerahan perairan (%)	0,150	100	3	0,45
3.	Kedalaman terumbu karang (m)	0,150	10	3	0,45
4.	Jenis *life form*	0,135	8	2	0,27
5.	Jenis ikan karang	0,120	137	3	0,36
6.	Kecepatan arus (cm/detik)	0,070	6	3	0,21
	Hasil				**2,49**
	IKW				**Sesuai**

Luas area terumbu karang yang bisa dimanfaatkan untuk wisata selam di Desa Darunu adalah 59.031,09 m^2 dengan persentase tutupan komunitas karang sebesar 61,5% (Gambar 15). Jika dikalikan luas area karang dan persentase tutupan karang diperoleh luas efektif yaitu 36.304 m^2. Luas efektif kemudian dibagi dengan unit area kategori selam yaitu 2000 m^2 dan diperoleh nilai kapasitas ruang per hari yaitu 18,1 unit. Diketahui Potensi ekologis pengunjung per satuan unit area untuk wisata selam adalah 2 orang dan kapasitas waktu selam per hari adalah 4 trip. Perkalian antara nilai kapasitas ruang perhari dengan potensi ekologis pengunjung dan kapasitas waktu selam diperoleh nilai daya dukung (DDK) kawasan untuk wisata selam di desa Darunu adalah 145 orang atau penyelam per hari.



Gambar 15. Luas Area Terumbu Karang Untuk Wisata Selam di Desa Darunu

4. Simpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketiga kawasan wisata selam yang dikaji — Desa Pulisan, Bahoi, dan Darunu — berada dalam kategori "sesuai" untuk pengembangan wisata selam, dengan nilai Indeks Kesesuaian Wisata (IKW) berturut-turut sebesar 2,49; 2,12; dan 2,49. Daya dukung kawasan (DDK) untuk aktivitas wisata selam ditetapkan sebesar 199 penyelam/hari di Desa Pulisan, 85 penyelam/hari di Desa Bahoi, dan 145 penyelam/hari di Desa Darunu.

Berdasarkan temuan tersebut, disarankan penerapan sistem buka-tutup kawasan pada periode waktu tertentu untuk memberikan kesempatan pemulihan ekosistem perairan, terutama di Desa Bahoi yang memiliki nilai IKW terendah di antara ketiga lokasi. Selain itu, diperlukan kajian lanjutan mengenai daya dukung maksimal penyelam di lokasi wisata selam yang tidak mengandalkan pemandangan terumbu karang, seperti *muck dive*.

Konflik kepentingan (Competing interests)

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan yang relevan dengan artikel ini.

Sumber dana (Funding sources)

[Tidak berlaku / Not applicable — atau sebutkan lembaga pemberi dana dan nomor kontrak.]

Ucapan terima kasih (Acknowledgements)

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kelompok Sadar Wisata (Pokdarwis) Desa Darunu, Desa Bahoi, dan Desa Pulisan atas dukungan logistik dan akses lokasi selama pengambilan data lapangan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Dinas Pariwisata Kabupaten Minahasa Utara atas penyediaan data kunjungan wisatawan yang digunakan dalam penelitian ini. Artikel ini merupakan bagian dari tesis untuk memperoleh gelar Magister (M.Si.) di Program Studi Ilmu Perairan, Pascasarjana, Universitas Sam Ratulangi.

Kontribusi penulis (Authors' contributions)

E.D.L. Wantah: konseptualisasi, metodologi, investigasi, analisis formal, penulisan draf awal. ***W.M. Mingkid:*** konseptualisasi, supervisi, validasi, penulisan — telaah & penyuntingan. ***A.B. Rondonuwu:*** metodologi, supervisi, penulisan — telaah & penyuntingan. ***A.P. Rumengan:*** validasi, penulisan — telaah & penyuntingan. ***S.O. Tilaar:*** validasi, penulisan — telaah & penyuntingan. Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi akhir naskah.

Ketersediaan data (Availability of data and materials)

Dataset yang mendukung hasil penelitian ini tersedia dari penulis korespondensi berdasarkan permintaan yang wajar.

Persetujuan etik (Ethics approval and consent to participate)

[Tidak berlaku / Not applicable.]

ORCID

Efra D.L. Wantah : https://orcid.org/0009-0004-9618-8577

Winda M. Mingkid : https://orcid.org/0009-0007-8795-8498

Ari B. Rondonuwu : https://orcid.org/0000-0002-8064-2796

Antonius P. Rumengan : https://orcid.org/0000-0003-4203-4172

Sandra O. Tilaar : https://orcid.org/0000-0003-4998-3899

Daftar Pustaka

Balumpapung, J., Roeroe, K. A., Paruntu, C. P., Kusen, J. D., Wagey, B. T., & Wantasen, A. S. (2022). Status Terumbu Karang Di Pantai Malalayang Dua, Kota Manado, Sulawesi Utara. *Jurnal Pesisir Dan Laut Tropis*, 10(1), 31–37. https://doi.org/10.35800/jplt.10.1.2022.54978

English, S., Wilkinson, C., & Baker, V. (Eds.). (1997). *Survey manual for tropical marine resources* (2nd ed.). Australian Institute of Marine Science.

Fikri, I., Riani, E., & Nedi, S. (2024). Marine Tourism Suitability Index In The Padang Beach Tourism Area, West Sumatra. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(3), 1281–1291. https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i3.5109

Giyanto. (2012a). Kajian tentang panjang transek dan jarak antar pemotretan pada penggunaan metode transek foto bawah air. Oseanologi dan Limnologi di Indonesia, 38(1), 1–18.

Giyanto. (2012b). Penilaian kondisi terumbu karang dengan metode transek foto bawah air. Oseanologi dan Limnologi di Indonesia, 38(3), 377–390.

Giyanto, Abrar, M., Manuputty, A. E., Siringoringo, R. M., Tuti, Y., & Ulfianita, D. (2017). Panduan pemantauan kesehatan terumbu karang (Edisi ke-2). Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

Giyanto, Iskandar, B. H., Soedharma, D., & Suharsono. (2010). Efisiensi dan akurasi pada proses analisis foto bawah air untuk menilai kondisi terumbu karang. Oseanologi dan Limnologi di Indonesia, 36(1), 111–130.

Green, A. L., & Bellwood, D. R. (2009). *Monitoring functional groups of herbivorous reef fishes as indicators of coral reef resilience: A practical guide for coral reef managers in the Asia Pacific region* (IUCN Resilience Science Group Working Paper Series No. 7). IUCN. https://iucn.org/content/monitoring-functional-groups-herbivorous-reef-fishes-indicators-coral-reef-resilience

Hadi, T. A., Giyanto, Prayudha, B., Hafizt, M., Budiyanto, A., & Suharsono. (2018). *Status Terumbu Karang Indonesia 2018*. Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

Hadiyanti, A. R., Wiyanto, D. B., & Darmendra, P. Y. (2024). Suitability And Carrying Capacity Analysis Of Diving And Snorkeling Tourism Areas In Jemeluk Beach, Karangasem, Bali. *Rekayasa*, 17(3), 508–525. https://doi.org/10.21107/rekayasa.v17i3.27498

Heemstra, P. C., & Randall, J. E. (1993). FAO Species Catalogue. Vol. 16. Groupers of the World (Family Serranidae, Subfamily Epinephelinae): An Annotated and Illustrated Catalogue of the Grouper, Rockcod, Hind, Coral Grouper, and Lyretail Species Known to Date. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). https://www.fao.org/3/t0540e/t0540e00.htm

Humann, P., & DeLoach, N. (2002). Reef Fish Identification: Florida, Caribbean, Bahamas (3, Ed.). New World Publications.

Hutagalung, H. P., Setiapermana, D., & Riyono, S. H. (Eds.). (1997). *Metode analisis air laut, sedimen dan biota* (Buku 2). Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

Kementerian Pariwisata Republik Indonesia. (2016). *Peraturan Menteri Pariwisata (Permenpar) No. 14 Tahun 2016 Tentang Pedoman Destinasi Pariwisata Berkelanjutan.*

Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2023). Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 128 Tahun 2023 tentang Kawasan Konservasi di Perairan di Wilayah Minahasa Utara Provinsi Sulawesi Utara. https://jdih.kkp.go.id/

Kohler, K. E., & Gill, S. M. (2006). Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): A Visual Basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. Computers & Geosciences, 32(9), 1259–1269. https://doi.org/10.1016/j.cageo.2005.11.009

Kuiter, R. H., & Tonozuka, T. (2001). Pictorial Guide to: Indonesian Reef Fishes. . Part 3: Jawfishes – Sunfishes(opistognathidae – Molidae) (1st ed., Vol. 3).

Mangidi, S. S., Sadarun, B., & Ketjulan, R. (2025). Potensi Terumbu Karang Dan Daya Dukung Pulau Wawosunggu Sebagai Kawasan Ekowisata. *Jurnal Sains Dan Inovasi Perikanan / Journal Of Fishery Science And Innovation*, 9(1), 90–103.

Mingkid, W. M. (2020). *Potensi Dan Daya Dukung Pariwisata Kabupaten Minahasa Utara.* Laporan Akhir Kajian.

Musa, G., Kadir, S. L. S. A., & Lee, L. (2006). Layang Layang: An empirical study on scuba divers' satisfaction. *Tourism in Marine Environments*, 2(2), 89–102. https://doi.org/10.3727/154427306779436273

Nurhayu, F., Wardiatno, Y., & Adrianto, L. (2025). Community-Based Coral Reef Conservation In Pahawang Island, Indonesia. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 11(2). https://doi.org/10.29303/jppipa.v11i2.9272

Obura, D. O., & Grimsditch, G. (2009). *Resilience assessment of coral reefs: Assessment protocol for coral reefs, focusing on coral bleaching and thermal stress*. IUCN

Panalaran, S., & Pamungkas, R. J. (2024). Analisis Kesesuaian Wisata Di Pulau Pahawang, Kabupaten Pesawaran Berdasarkan Parameter Oseanografi.

Jurnal Kelautan Tropis, 27(2), 269–276. https://doi.org/10.14710/jkt.v27i2.22438

Pemerintah Kabupaten Minahasa Utara. (2024). *Keputusan Bupati Minahasa Utara Nomor 357 Tahun 2024 Tentang Perubahan Ketiga Atas Keputusan Bupati Nomor 64 Tahun 2021 Tentang Penetapan Desa Wisata Di Kabupaten Minahasa Utara.*

Podung, Th. T., Roeroe, K. A., Paruntu, C. P., Ompi, M., Schaduw, J. N. W., & Rondonuwu, A. B. (2022). Kondisi Terumbu Karang Di Perairan Bahowo, Tongkaina, Manado, Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*, 10(1), 70–76. https://doi.org/10.35800/jip.v10i1.37239

Pratiwi, M.A., Ernawati, N. M., & Wijayanti, N. P. P. (2021). Kesesuaian Ekosistem Terumbu Karang Untuk Kegiatan Wisata Selam Di Nusa Lembongan, Bali. *Ecotrophic: Jurnal Ilmu Lingkungan (Journal of Environmental Science)*, 15(1), 1. https://doi.org/10.24843/ejes.2021.v15.i01.p01

Rangkuti, A. M., Cordova, M. R., Rahmawati, A., Yulma, & Adimu, H. E. (2017). *Ekosistem Pesisir & Laut Indonesia* (Cet. 1). Bumi Aksara.

Republik Indonesia. (2011). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 50 Tahun 2011 tentang Rencana Induk Pembangunan Kepariwisataan Nasional Tahun 2010–2025. https://peraturan.bpk.go.id/

Republik Indonesia. (2024). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 16 Tahun 2024 tentang Rencana Induk Destinasi Pariwisata Nasional Manado–Likupang Tahun 2023–2044*. https://peraturan.bpk.go.id/Details/277765/perpres-no-16-tahun-2024

Rico Fernández, P., & Rivera, A. (2024). SCUBA Diver Behavior, Diver Carrying Capacity And Its Implications For Sustainable Reef Management. *Marine Policy*, 165, 106199. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106199

Rondonuwu, A. B., Tombokan, J. L., & Rembet, U. N. W. J. (2013). Distribusi Dan Kelimpahan Ikan Karang Famili Pomacentridae Di Perairan Terumbu Karang Desa Poopoh, Kecamatan Tombariri, Kabupaten Minahasa. *Jurnal Ilmiah Platax*, 1(2), 87–92. https://doi.org/10.35800/jip.1.2.2013.1250

Rondonuwu, A. B., Moningkey, R. D., & Tombokan, J. L. (2019). Ikan Karang Di Wilayah Terumbu Karang, Desa Likupang Kampung Ambong, Kecamatan Likupang Timur, Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Ilmiah Platax*, 7(1), 90–97. https://doi.org/10.35800/jip.7.1.2019.21885

Sahri, M. H., Pangemanan, P. A., & Saroinsong, F. B. (2022). Analisis Kesesuaian Ekowisata Pantai Dan Bahari Di Pesisir Perairan Tanjung Kelapa Desa Poopoh Taman Nasional Bunaken. *Agri-Sosioekonomi*, 18(3), 751–758. https://doi.org/10.35791/agrsosek.v18i3.44715

Suharti, S. R., Wibowo, K., Edrus, I. N., & Fahmi. (2017). *Panduan Pemantauan Ikan Terumbu Karang* (2nd ed.). Pusat Penelitian Oseanografi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

WWF-Indonesia Marine, dan Fisheries Program. (2021). *BMP: Panduan Daya Dukung Wisata Bahari (A5) Tanpa Barcode* (2021 ed.). WWF-Indonesia.

Yulianda, F. (2007). *Ekowisata bahari sebagai alternatif pemanfaatan sumberdaya pesisir berbasis konservasi* [Makalah]. Seminar Sains, Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 21 Februari 2007.

Yulianda, F. (2019). *Ekowisata Perairan: Suatu Konsep Kesesuaian Dan Daya Dukung Wisata Bahari Dan Wisata Air Tawar.* Bogor: IPB Press.

Yulius, R., Kadarwati, U. R., Ramdhan, M., Khairunnisa, T., Saepuloh, D., Subandriyo, J., & Tussadiah, A. (2018). *Buku Panduan Kriteria Penetapan Zona Ekowisata Bahari* (F. Yulianda, H. A. Susanto, R. Ardiwidjaja, & E. Widjanarko, Eds.). IPB Press.

Zhang, L.-Y., Chung, S., & Qiu, J. (2016). Ecological Carrying Capacity Assessment Of Diving Site: A Case Study Of Mabul Island, Malaysia. *Journal Of Environmental Management*, 183, 253–259. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.08.075

Zhang, L.-Y., Qiu, J.-W., & Chung, S.-S. (2015). Assessing Perceived Crowding Of Diving Sites In Hong Kong. *Ocean & Coastal Management*, 116, 177–184. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.07.025

Zurba, N. (2019). *Pengenalan Terumbu Karang, Sebagai Pondasi Utama Laut Kita.* Lhokseumawe: Unimal Press.