



Struktur Komunitas dan Biomassa Ikan Target pada Terumbu Karang KKLD Misool Selatan, Papua Barat Daya

Frederik Rijoly¹, Stefano Markus Anthony Rijoly², Kedswin Gerson Hehanussa^{3*}

¹Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

²Jurusan Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

³Jurusan Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu kelautan, Universitas Pattimura, Ambon, Indonesia

Email: ¹frederik.rijoly@lecturer.unpatti.ac.id, ²stefanno.rijoly@lecturer.unpatti.ac.id, ^{3*}kedswinhehanussa@gmail.com

Abstract

Coral reef ecosystems are among the most biodiverse marine ecosystems and play a crucial role in supporting tropical fisheries productivity and the sustainability of coastal resources. Monitoring the biomass of target fish is an important indicator for assessing ecosystem condition and the effectiveness of marine protected area management. This study aimed to analyze species richness and the biomass structure of target fish in the Food Security and Tourism Sub-Zone of the Regional Marine Conservation Area (KKLD) of South Misool, Southwest Papua. Data were collected from May 8 to 16, 2025, at 12 sites using the Underwater Visual Census (UVC) method at depths of 5 m and 12 m. The results recorded 80 species belonging to 15 families, with species richness ranging from 22 to 43 species per site. The total biomass of target fish reached 1665.62 tons/km², ranging from 24.97 to 640.03 tons/km², with the highest biomass observed at Magic Mountain and the lowest at Fyabya. Biomass distribution was strongly influenced by the presence of large-bodied and schooling species. Correlation analysis indicated no significant relationship between species richness and fish biomass ($p > 0.05$), suggesting that biomass is primarily driven by body size and the dominance of particular species rather than species number. Overall, the target fish community in this area is considered to be in good condition and supports sustainable coral reef ecosystem management.

Keywords: Coral Reef, Fish Biomass, Marine Protected Area, South Misool, Spesies Target.

Abstrak

Ekosistem terumbu karang merupakan salah satu ekosistem laut dengan tingkat keanekaragaman hayati tinggi dan berperan penting dalam mendukung produktivitas perikanan tropis serta keberlanjutan sumber daya pesisir. Pemantauan biomassa ikan target menjadi indikator penting dalam menilai kondisi ekosistem dan efektivitas pengelolaan kawasan konservasi laut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kekayaan spesies dan struktur biomassa ikan target pada Sub Zona Ketahanan Pangan dan Pariwisata di Kawasan Konservasi Laut Daerah (KKLD) Misool Selatan, Papua Barat Daya. Pengambilan data dilakukan pada 8–16 Mei 2025 di 12 lokasi menggunakan metode Underwater Visual Census (UVC) pada kedalaman 5 m dan 12 m. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ditemukan 80 spesies dari 15 famili dengan jumlah spesies berkisar antara 22–43 spesies per lokasi. Total biomassa ikan target mencapai 1665,62 ton/km² dengan kisaran 24,97–640,03 ton/km², di mana biomassa tertinggi ditemukan di Magic Mountain dan terendah di Fyabya. Distribusi biomassa dipengaruhi oleh keberadaan ikan berukuran besar dan spesies berkelompok. Analisis korelasi menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan signifikan antara jumlah spesies dan biomassa ($p > 0,05$), yang mengindikasikan bahwa biomassa lebih dipengaruhi oleh ukuran tubuh dan dominasi spesies tertentu. Secara keseluruhan, komunitas ikan target di kawasan ini tergolong baik dan mendukung pengelolaan ekosistem terumbu karang secara berkelanjutan.

Kata Kunci: Biomassa Ikan, Ikan Target, Kawasan Konservasi Laut, Misool Selatan, Terumbu Karang.

1. PENDAHULUAN

Ekosistem terumbu karang merupakan salah satu ekosistem laut dengan tingkat keanekaragaman hayati tertinggi di dunia dan berperan penting dalam menjaga stabilitas ekologi serta keberlanjutan sumber daya perikanan tropis. Terumbu karang menyediakan habitat, tempat pemijahan, daerah mencari makan, serta perlindungan bagi berbagai organisme laut, khususnya ikan karang yang memiliki nilai ekologis dan ekonomis tinggi (Sobha et al., 2023; Harahap et al., 2025). Selain itu, terumbu karang juga berfungsi sebagai pelindung alami garis pantai dari abrasi dan gelombang, serta berkontribusi terhadap sektor pariwisata bahari yang bernilai ekonomi tinggi. Dengan berbagai fungsi tersebut, keberadaan ekosistem terumbu karang menjadi sangat krusial baik dari sisi ekologi maupun sosial-ekonomi masyarakat pesisir.

Salah satu komponen penting dalam ekosistem terumbu karang adalah ikan target, yaitu kelompok ikan yang secara langsung dimanfaatkan oleh masyarakat pesisir sebagai sumber pangan dan ekonomi. Kelompok ikan ini umumnya terdiri dari famili seperti Acanthuridae, Lutjanidae, Scaridae, Serranidae, Carangidae, dan Caesionidae yang memiliki peran penting dalam struktur trofik ekosistem karang serta produktivitas perikanan (Khairunisak et al., 2024; Kolibongso et al., 2025; Moazzam & Osmany, 2025). Ikan-ikan tersebut tidak hanya berfungsi sebagai komoditas perikanan, tetapi juga memiliki peran ekologis yang signifikan, seperti mengontrol pertumbuhan alga (ikan herbivora), menjaga keseimbangan populasi organisme lain (ikan predator), serta berperan dalam aliran energi dalam ekosistem (ikan planktivora). Dalam konteks ekologi, struktur komunitas ikan karang mencerminkan kondisi kesehatan ekosistem terumbu karang secara keseluruhan. Perubahan dalam komposisi spesies, kelimpahan, maupun ukuran individu ikan dapat menjadi indikator adanya tekanan lingkungan, baik yang berasal dari aktivitas manusia seperti penangkapan berlebih (*overfishing*), penggunaan alat tangkap destruktif, maupun faktor alami seperti perubahan iklim dan pemutihan karang. Oleh karena itu, pemahaman mengenai struktur komunitas ikan target menjadi sangat penting dalam upaya pengelolaan sumber daya perikanan yang berkelanjutan.

Biomassa ikan karang sering digunakan sebagai indikator penting untuk menilai kondisi ekosistem terumbu karang serta efektivitas pengelolaan kawasan konservasi laut. Nilai biomassa yang tinggi umumnya mencerminkan kondisi habitat yang baik serta tekanan penangkapan yang relatif rendah, sedangkan biomassa yang rendah dapat mengindikasikan adanya degradasi habitat atau eksploitasi berlebih terhadap sumber daya ikan (Huang & Han, 2025; Flandrin et al., 2026). Selain itu, biomassa ikan juga memberikan gambaran mengenai struktur ukuran populasi ikan, yang berhubungan erat dengan produktivitas dan kapasitas reproduksi dalam suatu ekosistem. Pemantauan biomassa ikan target juga menjadi salah satu indikator utama dalam evaluasi keberhasilan kawasan konservasi laut (*marine protected areas/MPAs*). Kawasan konservasi yang dikelola dengan baik umumnya menunjukkan peningkatan biomassa ikan, terutama pada spesies target yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Hal ini terjadi karena adanya pembatasan aktivitas penangkapan serta perlindungan habitat penting yang memungkinkan ikan tumbuh hingga ukuran optimal dan bereproduksi secara alami. Dengan demikian, analisis biomassa tidak hanya penting dari sisi ekologi, tetapi juga sebagai dasar dalam perencanaan kebijakan pengelolaan perikanan berbasis ekosistem.

Indonesia merupakan bagian dari Coral Triangle, wilayah dengan keanekaragaman hayati laut tertinggi di dunia (Suba & Marzaman, 2024). Kawasan ini dikenal sebagai pusat biodiversitas global dengan ribuan spesies ikan karang dan karang keras yang tersebar di berbagai wilayah. Berbagai studi di wilayah Coral Triangle

menunjukkan bahwa biomassa ikan karang sangat bervariasi tergantung pada tingkat perlindungan kawasan, tekanan penangkapan, serta kondisi habitat. Kawasan dengan perlindungan ketat seperti no-take zones umumnya memiliki biomassa yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan zona pemanfaatan terbatas atau kawasan terbuka (Campbell et al., 2018; Strain et al., 2019). Namun demikian, pada beberapa kawasan konservasi yang memiliki tekanan pemanfaatan, nilai biomassa cenderung lebih fluktuatif dan menunjukkan heterogenitas spasial yang tinggi. Salah satu wilayah yang memiliki biodiversitas ikan karang sangat tinggi adalah Raja Ampat, termasuk kawasan KKLD Misool Selatan yang dikenal sebagai pusat keanekaragaman ikan karang global (Tubaiy et al., 2021; Qodir et al., 2023). Tingginya keanekaragaman hayati di wilayah ini menjadikannya sebagai salah satu kawasan prioritas dalam konservasi laut dunia, namun informasi komparatif mengenai biomassa ikan target pada zona pemanfaatan di dalam kawasan ini masih terbatas dibandingkan wilayah Coral Triangle lainnya.

Kawasan Konservasi Laut Daerah (KKLD) Misool Selatan memiliki sistem zonasi pengelolaan yang mencakup zona inti, zona pemanfaatan terbatas, serta sub-zona ketahanan pangan dan pariwisata. Sub-zona ketahanan pangan dan pariwisata merupakan area yang memperbolehkan aktivitas pemanfaatan sumber daya secara terbatas, seperti perikanan tradisional dan kegiatan wisata bahari. Namun, aktivitas tersebut berpotensi memberikan tekanan terhadap ekosistem apabila tidak dikelola secara berkelanjutan. Dalam beberapa tahun terakhir, peningkatan aktivitas perikanan skala kecil serta intensifikasi pariwisata bahari di kawasan Raja Ampat juga berpotensi meningkatkan tekanan terhadap sumber daya ikan karang, terutama pada kelompok ikan target yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Selain itu, fenomena perubahan iklim seperti peningkatan suhu permukaan laut dan kejadian pemutihan karang juga berpotensi mempengaruhi struktur komunitas ikan melalui perubahan kondisi habitat. Oleh karena itu, diperlukan informasi ilmiah yang memadai mengenai kondisi komunitas ikan target pada zona ini sebagai dasar dalam pengelolaan yang adaptif.

Meskipun kawasan Misool Selatan telah ditetapkan sebagai kawasan konservasi laut dengan beberapa zonasi pengelolaan, termasuk sub-zona ketahanan pangan dan pariwisata, informasi mengenai struktur komunitas dan biomassa ikan target pada zona pemanfaatan tersebut masih relatif terbatas. Padahal, sebagian besar studi sebelumnya di kawasan Coral Triangle lebih banyak berfokus pada zona inti atau kawasan dengan tingkat perlindungan tinggi, sehingga pemahaman mengenai dinamika biomassa pada zona pemanfaatan masih belum komprehensif. Keterbatasan data ini menjadi celah pengetahuan (knowledge gap) yang penting, mengingat zona pemanfaatan merupakan area interaksi langsung antara aktivitas manusia dan ekosistem. Kurangnya data pada zona ini dapat menghambat upaya monitoring jangka panjang serta evaluasi efektivitas kebijakan konservasi yang telah diterapkan. Selain itu, dinamika komunitas ikan karang yang dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kompleksitas habitat, tekanan penangkapan, serta kondisi lingkungan perairan memerlukan pendekatan penelitian yang komprehensif. Analisis struktur komunitas yang mencakup kekayaan spesies, komposisi famili, serta distribusi biomassa menjadi penting untuk memahami kondisi aktual ekosistem terumbu karang. Informasi ini juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi area yang memiliki nilai konservasi tinggi maupun area yang memerlukan upaya rehabilitasi.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis struktur komunitas dan biomassa ikan target pada ekosistem terumbu karang di Sub Zona Ketahanan Pangan dan Pariwisata KKLD Misool Selatan, Papua Barat Daya. Penelitian ini secara khusus berupaya mengisi kesenjangan informasi mengenai kondisi biomassa ikan target pada zona pemanfaatan di kawasan konservasi laut, serta memberikan gambaran komparatif terhadap kondisi umum di wilayah Coral Triangle. Hasil penelitian ini

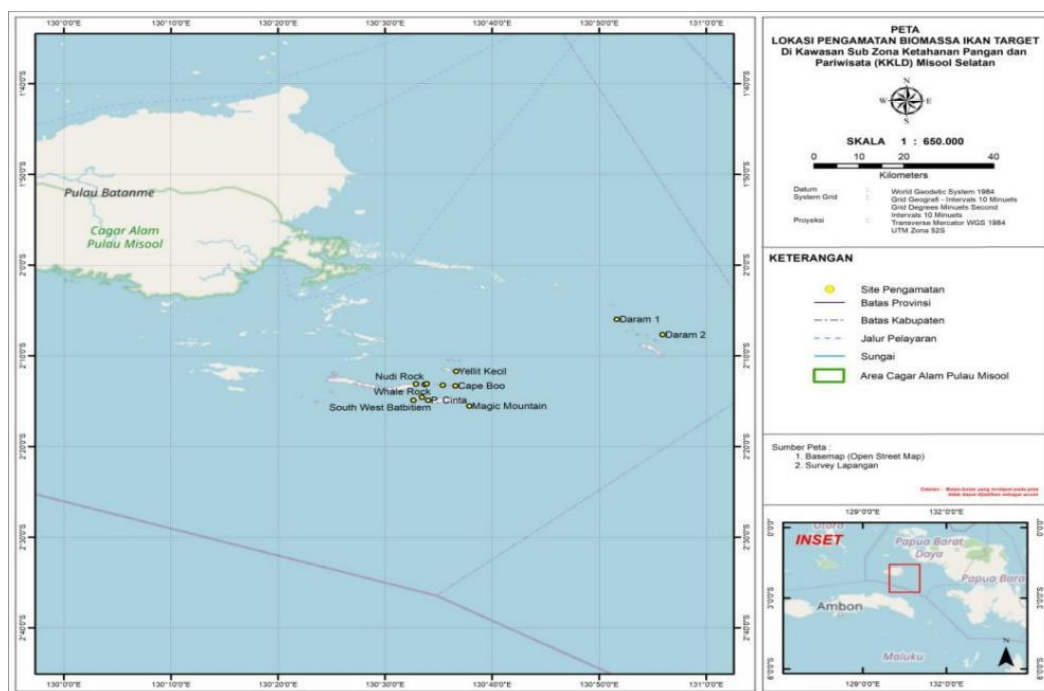
diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai kondisi komunitas ikan target serta menjadi dasar dalam pengelolaan sumber daya perikanan dan konservasi ekosistem terumbu karang secara berkelanjutan. Selain itu, hasil penelitian ini juga diharapkan dapat berkontribusi dalam pengembangan kebijakan pengelolaan kawasan konservasi laut berbasis data ilmiah, serta mendukung upaya pelestarian keanekaragaman hayati laut di wilayah Raja Ampat secara khusus dan Indonesia secara umum.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 8–16 Mei 2025 di kawasan Sub Zona Ketahanan Pangan dan Pariwisata Kawasan Konservasi Laut Daerah (KKLD) Misool Selatan, Papua Barat Daya. Wilayah ini merupakan bagian dari kawasan konservasi laut Raja Ampat yang dikenal memiliki keanekaragaman hayati terumbu karang yang tinggi.

Pengamatan dilakukan pada 12 lokasi (site) pengamatan yang tersebar di kawasan penelitian, yaitu Cape Boo, Daram 2, Daram 1, Yellit Kecil, Fyabya, Whale Rock, Misool Resort House Reef, Magic Mountain, Nudi Rock, Boo Chain Selat 3, Pulau Cinta, dan South West Batbitiem. Lokasi pengamatan dipilih berdasarkan titik monitoring yang telah digunakan pada penel Site Pengamatan Biomassa ikan target di kawasan Sub Zona Ketahanan Pangan dan Pariwisata KKLD Misool Selatan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Tahapan penelitian merupakan rangkaian proses sistematis yang dilakukan untuk memperoleh data dan informasi yang akurat terkait struktur komunitas dan biomassa ikan target pada ekosistem terumbu karang. Penelitian ini dirancang dengan pendekatan monitoring berbasis ekosistem serta mengacu pada metode yang telah digunakan dalam studi sebelumnya, sehingga memungkinkan dilakukan analisis komparatif secara temporal. Secara umum, tahapan penelitian ini terdiri atas lima tahap utama, yaitu tahap persiapan, perancangan penelitian, pengambilan data lapangan, validasi data, serta pengolahan dan analisis data.

1. Tahap Persiapan

Tahap awal penelitian meliputi studi literatur yang berkaitan dengan ekosistem terumbu karang dan biomassa ikan target, serta penelaahan data monitoring sebelumnya (2013–2024). Pada tahap ini juga dilakukan koordinasi dengan pihak pengelola kawasan konservasi, yaitu Yayasan Misool Ekosistem Regenerasi (YMER), untuk memperoleh izin penelitian serta informasi teknis mengenai lokasi penelitian. Selain itu, dilakukan persiapan alat dan bahan penelitian, termasuk peralatan selam (SCUBA), transek, serta alat pencatatan bawah air.

2. Tahap Perancangan Penelitian

Tahap ini mencakup penentuan desain sampling berdasarkan metode Underwater Visual Census (UVC) yang mengacu pada penelitian sebelumnya (Allen, 2013). Penentuan lokasi pengamatan dilakukan pada site monitoring tetap yang telah digunakan dalam penelitian sebelumnya, dengan penambahan satu lokasi yaitu Magic Mountain. Desain penelitian juga mempertimbangkan integrasi dengan pengambilan data ekosistem lain seperti komunitas bentik, megabenthos, dan penyakit karang untuk memperoleh gambaran ekosistem secara menyeluruh.

3. Tahap Pengambilan Data Lapangan

Pengumpulan data dilakukan melalui survei langsung di lapangan menggunakan metode UVC pada dua kedalaman, yaitu 5 m dan 12 m. Pada setiap lokasi dipasang transek sepanjang 50 m dengan lebar pengamatan 10 m (luas 500 m²), serta dilakukan tiga kali ulangan. Data yang dikumpulkan meliputi jenis ikan target, jumlah individu, serta estimasi panjang total ikan (≥ 15 cm). Pengamatan dilakukan menggunakan peralatan SCUBA untuk memastikan akurasi dan cakupan area pengamatan.

4. Tahap Validasi dan Identifikasi Data

Data hasil pengamatan diverifikasi melalui identifikasi spesies berdasarkan karakter morfologi. Spesies yang belum teridentifikasi secara langsung di lapangan didokumentasikan dalam bentuk foto atau deskripsi, kemudian dianalisis menggunakan literatur taksonomi ikan karang. Tahap ini bertujuan untuk meningkatkan keakuratan data serta meminimalkan kesalahan identifikasi spesies.

5. Tahap Pengolahan dan Analisis Data

Data yang telah dikumpulkan kemudian diolah untuk menghitung kekayaan spesies, komposisi komunitas, serta biomassa ikan target menggunakan pendekatan hubungan panjang–berat (length-weight relationship). Selanjutnya dilakukan analisis deskriptif dan komparatif untuk mengevaluasi kondisi komunitas ikan antar lokasi serta membandingkannya dengan hasil monitoring sebelumnya. Selain itu, dilakukan analisis statistik korelasi untuk menguji hubungan antara jumlah spesies dan biomassa ikan target pada setiap lokasi pengamatan. Uji korelasi dilakukan menggunakan metode Pearson apabila data berdistribusi normal, atau Spearman apabila data tidak memenuhi asumsi normalitas. Seluruh analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak IBM SPSS Statistics versi terbaru dengan tingkat signifikansi $\alpha = 0,05$.

2.2 Metode Penelitian

Metode penelitian dalam studi ini dirancang untuk menjawab permasalahan terkait keterbatasan informasi mengenai struktur komunitas dan biomassa ikan target pada zona pemanfaatan di kawasan konservasi laut. Pendekatan yang digunakan adalah survei lapangan berbasis metode Underwater Visual Census (UVC), yang merupakan metode standar dalam penelitian ekologi ikan karang karena mampu memberikan estimasi langsung terhadap komposisi spesies, kelimpahan, dan ukuran individu di habitat alaminya.

Pengambilan data ikan terumbu karang dilakukan menggunakan metode *Underwater Visual Census* (UVC) yang mengacu pada prosedur yang dikembangkan oleh Cheal et al. (2021) serta Rolim et al. (2022), dengan beberapa penyesuaian sesuai kondisi lapangan. Metode ini diterapkan secara sistematis melalui beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Penentuan Desain Sampling

Pengamatan dilakukan menggunakan peralatan selam SCUBA pada dua kedalaman berbeda, yaitu 5 meter dan 12 meter, untuk merepresentasikan variasi habitat terumbu karang pada zona yang berbeda. Pemilihan dua kedalaman ini bertujuan untuk menangkap variasi komunitas ikan yang dipengaruhi oleh gradien kedalaman dan kondisi lingkungan. Secara ekologis, kedalaman 5 m merepresentasikan zona *reef flat* hingga upper reef slope yang umumnya memiliki intensitas cahaya tinggi dan kompleksitas karang yang relatif tinggi, sedangkan kedalaman 12 m merepresentasikan zona reef slope yang lebih dalam dengan karakteristik komunitas ikan yang berbeda, terutama terkait distribusi ikan herbivora dan planktivora. Pemilihan kedua kedalaman ini juga mengacu pada pendekatan umum dalam studi ekologi terumbu karang yang bertujuan untuk menggambarkan variasi vertikal komunitas ikan karang secara representatif.

2. Penempatan Transek dan Luas Area Pengamatan

Pada setiap lokasi pengamatan dipasang garis transek sepanjang 50 meter sejajar dengan kontur terumbu karang. Area pengamatan ikan ditentukan selebar 10 meter, yaitu masing-masing 5 meter di sisi kiri dan kanan garis transek, sehingga luas total area pengamatan pada setiap transek adalah 500 m². Untuk meningkatkan akurasi dan representativitas data, pada setiap lokasi dilakukan tiga kali ulangan transek.

3. Pengumpulan Data Ikan Target

Selama penyelaman, setiap individu ikan yang berada dalam area transek dicatat jumlahnya serta diestimasi panjang totalnya (total length) secara visual menggunakan papan pencatatan bawah air (underwater slate). Estimasi ukuran dilakukan oleh pengamat yang telah terlatih untuk meminimalkan kesalahan pengukuran di lapangan.

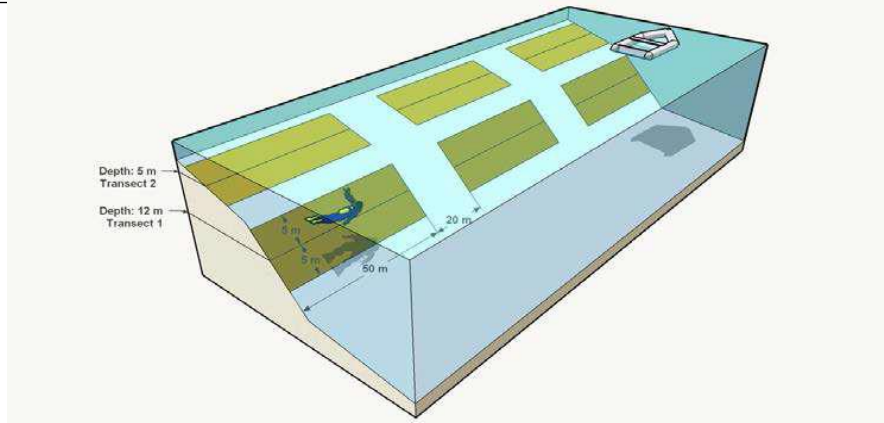
4. Kriteria dan Batasan Ikan Target

Ikan yang diamati dalam penelitian ini adalah ikan target, yaitu kelompok ikan yang memiliki nilai ekonomi dan menjadi target utama kegiatan penangkapan oleh nelayan. Dalam penelitian ini hanya ikan dengan ukuran ≥ 15 cm panjang total yang dicatat sebagai ikan target, sehingga data yang diperoleh lebih relevan dalam analisis biomassa dan pemanfaatan perikanan.

5. Identifikasi dan Validasi Spesies

Identifikasi spesies ikan dilakukan secara langsung di lapangan berdasarkan karakter morfologi. Untuk memastikan keakuratan data, identifikasi dikonfirmasi menggunakan literatur identifikasi ikan karang seperti Mostafa et al. (2023) dan Santanumurti et al. (2024). Spesies yang belum teridentifikasi secara pasti di lapangan didokumentasikan dalam bentuk foto atau deskripsi untuk dianalisis lebih lanjut.

Melalui tahapan metode yang sistematis ini, data yang dihasilkan diharapkan mampu memberikan gambaran yang akurat mengenai struktur komunitas dan biomassa ikan target pada ekosistem terumbu karang. Selain itu, pendekatan ini juga memungkinkan evaluasi kondisi ekosistem serta efektivitas pengelolaan kawasan konservasi secara lebih komprehensif. Ilustrasi metode pengambilan data ikan target dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Ilustrasi metode pengambilan data ikan target

2.3 Analisis Data

2.3.1 Kekayaan Spesies

Kekayaan spesies ikan target dihitung berdasarkan jumlah spesies yang ditemukan pada setiap lokasi pengamatan. Data spesies kemudian dikelompokkan berdasarkan famili untuk mengetahui komposisi komunitas ikan target pada ekosistem terumbu karang.

2.3.2 Estimasi Biomassa Ikan

Biomassa ikan target dihitung menggunakan hubungan panjang-berat (length-weight relationship) yang dinyatakan dengan persamaan:

$$W = aL^b \quad (1)$$

dimana:

W = berat ikan (gram)

L = panjang total ikan (cm)

a dan b = konstanta spesifik spesies

Nilai konstanta a dan b diperoleh dari database FishBase dan literatur Humphries et al., (2023). Berat individu ikan yang diperoleh kemudian dijumlahkan untuk mendapatkan biomassa total pada setiap transek. Nilai biomassa selanjutnya dikonversi ke satuan ton per kilometer persegi (ton/km^2) untuk memudahkan perbandingan antar lokasi penelitian.

2.3.3 Analisis Komposisi Biomassa

Analisis biomassa dilakukan pada tiga tingkat analisis yaitu:

1. Biomassa per lokasi pengamatan
2. Biomassa per spesies
3. Biomassa per famili

Analisis ini digunakan untuk mengidentifikasi kelompok ikan yang paling berkontribusi terhadap total biomassa ikan target di kawasan penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kekayaan Jenis Ikan Target

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa selama penelitian ditemukan 80 spesies ikan target yang tergolong dalam 15 famili pada 12 lokasi pengamatan di kawasan Sub Zona Ketahanan Pangan dan Pariwisata KKLD Misool Selatan. Jumlah spesies yang ditemukan pada setiap lokasi pengamatan berkisar antara 22–43 spesies, dengan rata-

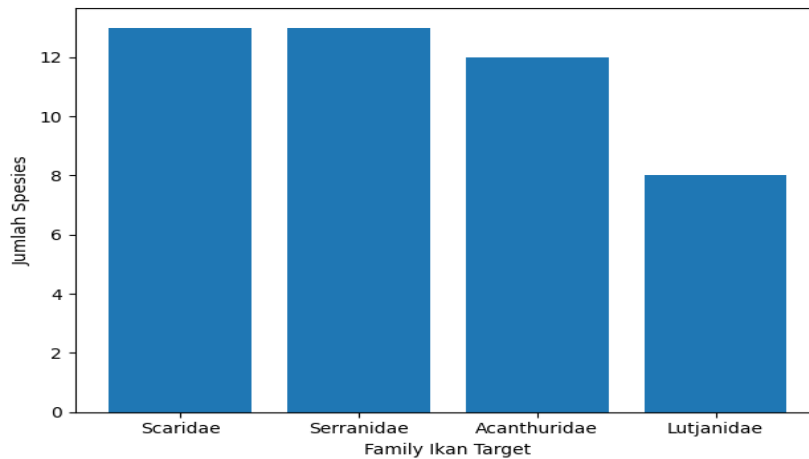
rata $34,42 \pm 1,45$ spesies per lokasi. Variasi jumlah spesies antar lokasi menunjukkan adanya heterogenitas kondisi habitat terumbu karang pada masing-masing site pengamatan. Lokasi Nudi Rock memiliki jumlah spesies tertinggi yaitu 43 spesies, sedangkan lokasi Fyabya memiliki jumlah spesies terendah yaitu 22 spesies. Perbedaan ini dapat dipengaruhi oleh kompleksitas struktur habitat, kondisi tutupan karang hidup, serta tingkat tekanan antropogenik pada masing-masing lokasi. Secara ekologis, kompleksitas struktur terumbu karang memiliki hubungan positif dengan keanekaragaman ikan karang karena menyediakan ruang perlindungan, sumber makanan, dan tempat pemijahan bagi berbagai spesies ikan (Helder et al., 2022; Kambrey et al., 2024). Terumbu karang dengan struktur yang kompleks cenderung mampu mendukung komunitas ikan yang lebih beragam dibandingkan habitat dengan struktur sederhana. Jumlah spesies yang dijumpai pada tiap site pengamatan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah spesies yang dijumpai pada tiap site pengamatan.

No.	Nama Site	$\sum S$	Rangking
1	Cape Boo	33	8
2	Daram 2	37	3
3	Daram 1	33	9
4	Yellit Kecil	35	4
5	Fyabya	22	12
6	Whale Rock	40	2
7	House Reef	33	10
8	Magic Mountain	32	11
9	Nudi Rock	43	1
10	Boo Chain Selat 3	35	5
11	P. Cinta	35	6
12	South West Batbitiem	35	7
Mean		34,42	
Standard error		1,45	

$\sum S = \text{jumlah spesies}$

Komposisi famili ikan target dalam penelitian ini didominasi oleh famili Scaridae dan Serranidae, masing-masing dengan 13 spesies, diikuti oleh Acanthuridae dan Lutjanidae. Dominasi kelompok ini menunjukkan bahwa komunitas ikan target di kawasan penelitian didominasi oleh ikan herbivora dan karnivora tingkat menengah yang memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem terumbu karang. Famili Scaridae (ikan kakatua) berperan penting dalam proses bioerosi dan pengendalian pertumbuhan alga pada permukaan karang, sehingga berkontribusi dalam menjaga kesehatan ekosistem terumbu karang. Sementara itu, famili Serranidae merupakan kelompok predator yang berperan dalam mengontrol struktur trofik komunitas ikan karang (Putra et al., 2024; Zarco et al., 2025). Selain itu, penelitian ini juga menemukan tiga spesies ikan target yang tidak tercatat dalam monitoring sebelumnya, yaitu *Gnathodentex aurolineatus*, *Lethrinus harak*, dan *Cephalopholis sonnerati*. Kemunculan spesies baru dalam survei ini dapat mengindikasikan adanya dinamika komunitas ikan karang atau peningkatan intensitas pengamatan yang memungkinkan deteksi spesies yang sebelumnya tidak tercatat. Dominan family ikan target dengan jumlah spesies terbanyak pada kawasan Sub Zona Ketahanan Pangan dan Pariwisata KKLD Misool Selatan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 3. Dominan family ikan target dengan jumlah spesies terbanyak pada kawasan Sub Zona Ketahanan Pangan dan Pariwisata KKLK Misool Selatan.

3.2 Biomassa Ikan Target

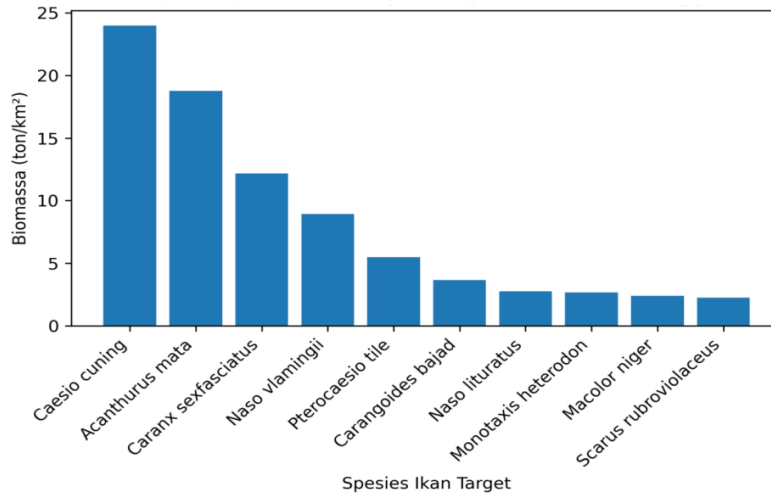
Total biomassa ikan target yang diperoleh dari seluruh lokasi pengamatan mencapai 1665,62 ton/km², dengan nilai biomassa pada masing-masing lokasi berkisar antara 24,97 hingga 640,03 ton/km². Nilai rata-rata biomassa ikan target yang diperoleh adalah 137,97 ± 47,73 ton/km² per lokasi pengamatan. Lokasi Magic Mountain memiliki nilai biomassa tertinggi yaitu 640,03 ton/km², sedangkan biomassa terendah ditemukan pada lokasi Fyabya dengan nilai 24,97 ton/km². Tingginya biomassa pada lokasi Magic Mountain diduga berkaitan dengan keberadaan kawasan ikan pelagis karang yang berukuran besar seperti *Caranx sexfasciatus*, *Acanthurus mata*, *Naso vlamingii*, dan *Pterocaesio tile* yang ditemukan dalam jumlah individu yang besar. Jumlah biomassa ikan target (ton/km²) yang dijumpai pada tiap site pengamatan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah biomassa ikan target (ton/km²) yang dijumpai pada tiap site pengamatan.

No	Nama Site	Biomassa (ton/km ²)	Rangking
1	Cape Boo	66,56	8
2	Daram 2	37,70	11
3	Daram 1	44,32	10
4	Yellit Kecil	145,97	4
5	Fyabya	24,97	12
6	Whale Rock	176,30	2
7	House Reef	152,65	3
8	Magic Mountain	640,03	1
9	Nudi Rock	99,74	6
10	Boo Chain Selat 3	87,54	7
11	P. Cinta	118,01	5
12	South West Batbitiem	61,81	9
Mean		137,968	
Standard error		47,730	

Fenomena ini menunjukkan bahwa biomassa ikan tidak hanya ditentukan oleh jumlah spesies yang ditemukan tetapi lebih dipengaruhi oleh ukuran tubuh dan jumlah individu dalam suatu populasi. Spesies yang hidup berkelompok (*schooling species*) dapat memberikan kontribusi biomassa yang sangat besar walaupun jumlah spesies pada suatu lokasi relatif lebih sedikit. Hal ini sejalan dengan Delecambre et al., (2026) yang menyatakan bahwa struktur biomassa ikan karang sangat dipengaruhi oleh distribusi ukuran tubuh dan kelimpahan individu pada masing-masing spesies.

Menariknya, hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah spesies tidak selalu berbanding lurus dengan nilai biomassa. Sebagai contoh, lokasi Nudi Rock memiliki jumlah spesies tertinggi namun biomassa yang diperoleh hanya berada pada peringkat menengah, sedangkan Magic Mountain memiliki jumlah spesies yang relatif lebih rendah tetapi menghasilkan biomassa tertinggi. Perbedaan ini menunjukkan bahwa struktur komunitas ikan karang pada suatu lokasi tidak hanya ditentukan oleh keanekaragaman spesies, tetapi juga oleh komposisi ukuran individu dan dinamika populasi ikan. Spesies ikan target dengan biomassa tertinggi dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 4. Spesies ikan target dengan biomassa tertinggi

Analisis biomassa berdasarkan spesies menunjukkan bahwa nilai biomassa ikan target berkisar antara 0,005 hingga 23,987 ton/km². Spesies dengan kontribusi biomassa terbesar adalah *Caesio cuning*, *Acanthurus mata*, dan *Caranx sexfasciatus*. Sepuluh spesies dengan biomassa tertinggi menyumbang sekitar 70,20% dari total biomassa ikan target di kawasan penelitian. Untuk memperkuat analisis tersebut, dilakukan uji korelasi antara jumlah spesies dan biomassa ikan target pada setiap lokasi pengamatan. Hasil analisis menunjukkan bahwa tidak terdapat hubungan yang signifikan antara jumlah spesies dan biomassa ikan (Pearson, $r = -0,006$; $p = 0,986$; Spearman, $\rho = 0,125$; $p = 0,698$). Nilai koefisien korelasi yang sangat rendah menunjukkan bahwa peningkatan jumlah spesies tidak diikuti oleh peningkatan biomassa. Hal ini mengindikasikan bahwa biomassa komunitas ikan lebih dipengaruhi oleh keberadaan spesies tertentu dengan ukuran tubuh besar dan kelimpahan individu yang tinggi dibandingkan dengan jumlah spesies secara keseluruhan. Temuan ini memperkuat bahwa struktur komunitas ikan karang tidak hanya ditentukan oleh keanekaragaman spesies, tetapi juga oleh distribusi ukuran tubuh dan dominasi spesies tertentu dalam komunitas.

Dominasi biomassa oleh sejumlah kecil spesies menunjukkan adanya pola skewed biomass distribution yang umum ditemukan pada komunitas ikan karang. Spesies seperti *Caesio cuning* dan *Acanthurus mata* dikenal sebagai ikan yang hidup berkelompok dalam jumlah besar sehingga mampu memberikan kontribusi biomassa yang signifikan dalam suatu ekosistem. Menurut Palendeng et al. (2021), keberadaan ikan schooling dalam jumlah besar merupakan indikator penting dari kondisi ekosistem yang relatif sehat dan produktif. Fenomena ini menunjukkan bahwa biomassa komunitas ikan lebih dipengaruhi oleh ukuran tubuh individu dan kelimpahan populasi spesies tertentu, terutama spesies yang hidup berkelompok seperti dari famili Carangidae, Acanthuridae, dan Caesionidae. Struktur trofik komunitas ikan target di kawasan penelitian didominasi oleh kelompok ikan herbivora dan planktivora, yang memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem terumbu karang. Ikan

herbivora seperti Scaridae dan Acanthuridae berfungsi mengontrol pertumbuhan alga sehingga mendukung proses rekrutmen karang, sedangkan ikan planktivora seperti Caesionidae berperan dalam transfer energi dari kolom air ke ekosistem terumbu karang.

Tingginya biomassa pada lokasi Magic Mountain diduga tidak hanya berkaitan dengan keberadaan kawanan ikan pelagis karang yang berukuran besar, tetapi juga dipengaruhi oleh kondisi oseanografi lokal. Secara ekologis, lokasi ini dikenal sebagai area dengan dinamika arus yang kuat serta potensi terjadinya upwelling yang membawa nutrisi dari lapisan perairan yang lebih dalam ke permukaan. Kondisi ini meningkatkan produktivitas primer dan ketersediaan plankton sehingga mendukung keberadaan ikan planktivora dalam jumlah besar yang selanjutnya menarik predator tingkat lebih tinggi. Selain itu, kompleksitas substrat terumbu karang pada lokasi ini yang relatif tinggi juga menyediakan habitat yang optimal bagi berbagai kelompok ikan, baik sebagai tempat berlindung maupun area mencari makan. Sebaliknya, rendahnya biomassa pada lokasi Fyabya diduga berkaitan dengan kondisi habitat yang lebih sederhana, rendahnya kompleksitas struktur karang, serta kemungkinan adanya tekanan antropogenik yang lebih tinggi. Perbedaan kondisi oseanografi dan kompleksitas habitat ini menunjukkan bahwa variasi biomassa ikan target sangat dipengaruhi oleh interaksi antara faktor lingkungan fisik dan tekanan pemanfaatan sumber daya.

3.3 Struktur Biomassa Berdasarkan Famili

Analisis biomassa berdasarkan famili menunjukkan bahwa struktur biomassa ikan target di kawasan penelitian didominasi oleh beberapa famili utama. Famili Acanthuridae menunjukkan nilai biomassa tertinggi sebesar 39,236 ton/km², diikuti oleh Caesionidae sebesar 34,898 ton/km², serta Carangidae sebesar 18,513 ton/km². Sementara itu, famili Scaridae dan Ephippidae juga memberikan kontribusi biomassa yang cukup besar dengan masing-masing nilai sebesar 10,378 ton/km² dan 10,148 ton/km². Biomassa berdasarkan famili ikan target yang dominan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Jumlah Biomasa Ikan target berdasarkan Famili

No	Famili	Biomassa (ton/km ²)
1	Acanthuridae	39.236
2	Caesionidae	34.898
3	Carangidae	18.513
4	Scaridae	10.378
5	Ephippidae	10.148

Dominasi biomassa oleh famili-famili tersebut menunjukkan bahwa komunitas ikan target pada kawasan penelitian memiliki struktur komunitas yang didominasi oleh kelompok ikan herbivora, planktivora, dan predator pelagis yang memiliki ukuran tubuh relatif besar serta sering ditemukan dalam agregasi populasi yang tinggi. Dominasi biomassa oleh famili Acanthuridae mengindikasikan pentingnya kelompok ikan herbivora dalam menjaga stabilitas ekosistem terumbu karang. Ikan dari famili ini, seperti *Acanthurus mata* dan *Naso vlamingii*, memiliki peran penting dalam mengontrol pertumbuhan alga pada substrat karang melalui aktivitas herbivori. Aktivitas ini membantu menjaga keseimbangan antara karang dan alga sehingga mendukung proses regenerasi dan pertumbuhan karang. Studi yang dilakukan oleh Donovan et al., (2023) menunjukkan bahwa ikan herbivora merupakan komponen kunci dalam mempertahankan ketahanan ekosistem terumbu karang terhadap perubahan lingkungan.

Famili Caesionidae merupakan kelompok ikan planktivora yang umumnya hidup dalam agregasi besar di kolom air di atas terumbu karang. Tingginya biomassa kelompok ini menunjukkan tingginya produktivitas perairan di kawasan penelitian,

yang memungkinkan tersedianya sumber makanan berupa plankton dalam jumlah cukup besar. Menurut Siquera et al., (2021), kelompok ikan planktivora memainkan peran penting dalam mentransfer energi dari plankton ke tingkat trofik yang lebih tinggi dalam ekosistem terumbu karang. Famili Carangidae merupakan kelompok predator yang memiliki mobilitas tinggi dan sering ditemukan dalam kelompok besar. Kehadiran predator dengan biomassa yang relatif tinggi dalam suatu ekosistem menunjukkan bahwa struktur trofik komunitas ikan masih relatif lengkap dan seimbang. Hal ini juga dapat menjadi indikator kondisi ekosistem yang relatif sehat serta tekanan penangkapan yang tidak terlalu tinggi.

Famili Scaridae, yang dikenal sebagai ikan kakatua, memiliki peran ekologis penting dalam proses bioerosi serta pengendalian pertumbuhan alga pada permukaan substrat karang. Aktivitas makan ikan kakatua membantu membersihkan substrat karang sehingga meningkatkan peluang rekrutmen larva karang. Menurut Aziz et al., (2025), keberadaan ikan kakatua dalam jumlah yang cukup besar sangat penting dalam mempertahankan dominasi karang pada ekosistem terumbu karang. Sementara itu, famili Ehippidae juga memberikan kontribusi biomassa yang cukup signifikan, meskipun jumlah spesiesnya relatif lebih sedikit dibandingkan famili lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran tubuh individu yang relatif besar dapat memberikan kontribusi biomassa yang tinggi meskipun jumlah spesiesnya tidak banyak.

Distribusi biomassa yang terkonsentrasi pada beberapa famili utama merupakan pola yang umum pada ekosistem terumbu karang tropis. Studi global yang dilakukan oleh Mihalitis et al., (2022) menunjukkan bahwa komunitas ikan terumbu karang yang sehat umumnya ditandai dengan dominasi biomassa oleh kelompok herbivora, planktivora, dan predator pelagis. Secara keseluruhan, struktur biomassa berdasarkan famili dalam penelitian ini menunjukkan bahwa komunitas ikan target di kawasan KKLD Misool Selatan masih memiliki struktur trofik yang relatif lengkap dan stabil. Kondisi ini menunjukkan bahwa pengelolaan kawasan konservasi laut di wilayah tersebut berperan penting dalam menjaga keberlanjutan sumber daya ikan karang serta mempertahankan fungsi ekologis ekosistem terumbu karang.

Nilai biomassa ikan target yang diperoleh dalam penelitian ini tergolong cukup tinggi dibandingkan dengan beberapa kawasan terumbu karang tropis lainnya. Studi global yang dilakukan oleh Watson et al., (2023) menunjukkan bahwa biomassa ikan karang pada kawasan terumbu karang yang dikelola dengan baik dalam sistem kawasan konservasi laut dapat mencapai lebih dari 100 ton km⁻². Nilai biomassa yang ditemukan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa beberapa lokasi pengamatan, seperti Magic Mountain dan Whale Rock, memiliki kondisi komunitas ikan yang relatif produktif. Tingginya biomassa pada beberapa lokasi pengamatan juga menunjukkan efektivitas pengelolaan kawasan konservasi laut di Misool Selatan. Kawasan konservasi laut yang dikelola dengan baik umumnya mampu meningkatkan kelimpahan dan biomassa ikan karang melalui pengurangan tekanan penangkapan serta perlindungan habitat penting (Agung et al., 2022; Clausius et al., 2025). Selain itu, dominasi biomassa oleh kelompok ikan herbivora dan planktivora dalam penelitian ini menunjukkan bahwa struktur trofik komunitas ikan masih relatif lengkap. Menurut Ferizal et al., (2025), keberadaan kelompok ikan herbivora dalam jumlah yang cukup merupakan faktor penting dalam menjaga ketahanan ekosistem terumbu karang terhadap gangguan lingkungan.

3.4 Implikasi Ekologis dan Pengelolaan Kawasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kawasan KKLD Misool Selatan memiliki biomassa ikan target yang relatif tinggi, terutama pada lokasi seperti Magic Mountain dan Whale Rock. Kondisi ini mengindikasikan bahwa ekosistem terumbu karang masih berada dalam kondisi baik dengan struktur trofik yang relatif lengkap. Dominasi ikan

herbivora, planktivora, dan predator pelagis menunjukkan bahwa proses ekologis seperti aliran energi, kontrol alga, dan keseimbangan rantai makanan masih berjalan optimal. Secara ekologis, tingginya biomassa ikan herbivora seperti Acanthuridae dan Scaridae berperan penting dalam menjaga ketahanan (*resilience*) ekosistem melalui pengendalian makroalga dan peningkatan peluang rekrutmen karang. Keberadaan ikan planktivora (Caesionidae) mencerminkan tingginya produktivitas perairan, sementara keberadaan predator (Carangidae dan Serranidae) menunjukkan struktur trofik yang masih seimbang dan minim tekanan eksploitasi.

Namun, variasi biomassa antar lokasi menunjukkan bahwa kondisi ekosistem bersifat heterogen dan dipengaruhi oleh faktor lokal seperti kompleksitas habitat, tutupan karang, tekanan penangkapan, serta kondisi oseanografi. Lokasi dengan biomassa rendah, seperti Fyabya, mengindikasikan adanya tekanan antropogenik atau kondisi habitat yang kurang optimal, sehingga memerlukan perhatian pengelolaan lebih lanjut. Dari perspektif pengelolaan, hasil ini menegaskan pentingnya pendekatan zonasi yang adaptif dalam kawasan konservasi laut. Sub-zona pemanfaatan perlu dikelola dengan mempertimbangkan daya dukung ekosistem agar keseimbangan antara konservasi dan pemanfaatan tetap terjaga. Tingginya biomassa pada beberapa lokasi juga mengindikasikan potensi efek spillover yang mendukung keberlanjutan perikanan di sekitar kawasan konservasi.

Selain itu, penguatan sistem monitoring berbasis data ilmiah menjadi kunci dalam mendeteksi perubahan ekosistem dan mengevaluasi efektivitas pengelolaan. Integrasi data ekologi dan sosial-ekonomi serta pelibatan masyarakat melalui pendekatan co-management sangat penting untuk mendukung keberlanjutan pengelolaan. Secara keseluruhan, kawasan KKLD Misool Selatan memiliki kondisi ekologis yang baik, namun keberlanjutannya bergantung pada pengelolaan yang adaptif, berbasis data, dan partisipatif.

4.KESIMPULAN

Penelitian ini menegaskan bahwa ekosistem terumbu karang di Sub Zona Ketahanan Pangan dan Pariwisata KKLD Misool Selatan masih berada dalam kondisi yang relatif baik, yang ditunjukkan oleh tingginya kekayaan spesies dan biomassa ikan target. Sebanyak 80 spesies dari 15 famili berhasil diidentifikasi dengan variasi spasial yang mencerminkan heterogenitas kondisi habitat dan tekanan lingkungan pada masing-masing lokasi. Total biomassa sebesar 1665,62 ton/km² menunjukkan bahwa kawasan ini memiliki produktivitas perikanan yang tinggi dan kapasitas ekologis yang masih terjaga. Temuan penting dari penelitian ini adalah bahwa biomassa ikan target tidak secara langsung berkorelasi dengan jumlah spesies, melainkan lebih dipengaruhi oleh struktur ukuran tubuh dan dominasi spesies tertentu, khususnya ikan berukuran besar dan spesies yang hidup berkelompok. Dominasi kelompok herbivora, planktivora, dan predator pelagis mengindikasikan bahwa struktur trofik komunitas masih relatif lengkap dan berfungsi secara optimal dalam menjaga stabilitas ekosistem terumbu karang. Secara manajerial, hasil ini mengonfirmasi efektivitas pengelolaan kawasan konservasi laut di Misool Selatan, namun juga mengungkap adanya variasi kondisi antar lokasi yang memerlukan pendekatan pengelolaan berbasis spasial dan adaptif. Oleh karena itu, integrasi monitoring biomassa secara berkala dengan kebijakan pengelolaan berbasis ekosistem menjadi kunci dalam mempertahankan keberlanjutan sumber daya ikan karang serta fungsi ekologis kawasan konservasi ini di masa yang akan datang.

REFERENCES

- Agung, M. F., Adhuri, D. S., Ferse, S. C., Sualia, I., Andradi-Brown, D. A., Campbell, S. J., ... & Ahmadia, G. N. (2022). Marine conservation beyond MPAs: Towards the recognition of other effective area-based conservation measures (OECMs) in Indonesia. *Marine Policy*, 137, 104939.
- Aziz, C. L. D., Abdillah, N., & Nugraha, Y. (2025). The role of humans in the sustainability of marine ecosystems: A case study on the conservation of parrotfish and its ecological impact. *Bioculture Journal*, 2(2), 91-105.
- Campbell, S. J., Edgar, G. J., Stuart-Smith, R. D., Soler, G., & Bates, A. E. (2018). Fishing-gear restrictions and biomass gains for coral reef fishes in marine protected areas. *Conservation Biology*, 32(2), 401-410.
- Cheal, A. J., Emslie, M. J., Currey-Randall, L. M., & Heupel, M. R. (2021). Comparability and complementarity of reef fish measures from underwater visual census (UVC) and baited remote underwater video stations (BRUVS). *Journal of Environmental Management*, 289, 112375.
- Clausius, E., Edgar, G. J., Phillips, G. A., Mellin, C., Oh, E., & Stuart-Smith, R. (2025). Habitat and local factors influence fish biomass recovery in marine protected areas. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 292(2050).
- Delecambre, Z., Ghilardi, M., R Barneche, D., Adjeroud, M., Brandl, S. J., Casey, J. M., ... & Parravicini, V. (2026). Weak trophic position–body mass relationships undermine simple size-spectrum models for coral reefs. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 293(2064).
- Donovan, M. K., Counsell, C. W., Donahue, M. J., Lecky, J., Gajdzik, L., Marcoux, S. D., ... & Teague, C. (2023). Evidence for managing herbivores for reef resilience. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 290(2012).
- Ferizal, J., Sudarmo, A. P., & Susanto, A. (2025). Potensi Pemulihan Terumbu Karang Dinilai Dari Indeks Kesehatan pada Kawasan Konservasi Tanjung Labu. *Jurnal Ilmu Kelautan Lesser Sunda*, 5(2), 36-48.
- Flandrin, U., Mouquet, N., Loiseau, N., Hauteceur, C., Maire, E., McLean, M., ... & Mouillot, D. (2026). Marine protected areas marginally offset anthropogenic declines in tropical reef fish contributions to nature and people. *Nature Ecology & Evolution*, 1-18.
- Harahap, Z. A., Bengen, D. G., Nurjaya, I. W., Agus, S. B., Naulita, Y., & Siringoringo, R. M. (2025). The role of marine protected areas in enhancing coral cover and reef fish communities. *Global Journal of Environmental Science & Management (GJESM)*, 11(3).
- Helder, N. K., Burns, J. H., & Green, S. J. (2022). Intra-habitat structural complexity drives the distribution of fish trait groups on coral reefs. *Ecological Indicators*, 142, 109266.
- Huang, W., & Han, Y. (2025). Habitat degradation and restoration in aquatic ecosystems: implications for fish populations. *International Journal of Aquaculture*, 15.
- Humphries, A. T., DimArcHopoulou, D., Stergiou, K. I., Tsikliras, A. C., Palomares, M. L. D., Bailly, N., ... & Pauly, D. (2023). Measuring the scientific impact of FishBase after three decades. *Cybium*, 47(3), 213-224.
- Kambrey, H., Pittman, S. J., Bejarano, I., Blanco-Parra, M. D. P., Jabado, R. W., Yagmour, F., & Mateos-Molina, D. (2024). Fish–Seascape Associations Within an Offshore Protected Area in the Arabian Gulf. *Marine Ecology*, 45(6), e12847.
- Khairunisak, K., Morhaban, V. F., Firdus, F., Nasir, M., & Muchlisin, Z. A. (2024). Literatur Review: Tingkat Kelimpahan Ikan Karang di Perairan Indonesia. *Fauna: Jurnal Kajian Ilmu Hewani*, 2(2), 09-21.
- Kolibongso, D., Sitingjak, T., & Bawole, R. (2025). Abundance and Composition of Targeted Reef Fish in an Unprotected Coral Reef Ecosystem: A Case Study of Oransbari Bay. *Buletin Oseanografi Marina*, 14(2), 167-180.

- Mihalitsis, M., Morais, R. A., & Bellwood, D. R. (2022). Small predators dominate fish predation in coral reef communities. *PLoS Biology*, 20(11), e3001898.
- Moazzam, M., & Osmany, H. B. (2025). a Review Of Families Lutjanidae (Snappers) And Caesionidae (Fusiliers)(Order: Perciformis) From Pakistan. *International Journal of Biology and Biotechnology*, 22, 333-368.
- Mostafa, N. A., Abdel-Ghaffar, F., Fayed, H. O., & Hassan, A. A. (2023). Morphological and molecular identification of third-stage larvae of *Anisakis typica* (Nematoda: Anisakidae) from Red Sea coral trout, *Plectropomus areolatus*. *Parasitology Research*, 122(3), 705-715.
- Palendeng, F., Kusen, J. D., & Manembu, I. S. (2021). Struktur Komunitas Ikan Family Chaetodontidae Sebagai Indikator Kondisi Kesehatan Lingkungan Ekosistem Terumbu Karang Di Zona Tradisional Pulau Bunaken Taman Nasional Bunaken. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 9(3), 148-154.
- Putra, R. D., Purnamasari, N. W., Siringoringo, R. M., Abrar, M., Kurniawan, R., Wahyudin, W., ... & Aji, L. P. (2024). Comparative Analysis of the Distribution and Composition of Grouper Fish (Family Serranidae) in the Coral Reef Ecosystems of Batanta and Salawati Islands, Raja Ampat. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 134, p. 06021). EDP Sciences.
- Qodir, F., Maisaroh, D. S., Violando, W. A., Johan, O., & Waspodo, S. (2023). Zoning Effectiveness of Marine Nature Reserve Conservation Areas (SAP) Raja Ampat Islands Against Coral Reef Protection. *Jurnal Biologi Tropis*, 23(1), 420-431.
- Samoilys, M. A., & Carlos, G. (2000). Determining methods of underwater visual census for estimating the abundance of coral reef fishes. *Environmental Biology of Fishes*, 57(3), 289-304.
- Rolim, F. A., Rodrigues, P. F., Langlois, T., Neves, L. M., & Gadig, O. B. (2022). A comparison of stereovideos and visual census methods for assessing subtropical rocky reef fish assemblage. *Environmental Biology of Fishes*, 105(3), 413-429.
- Santanumurti, M. B., Nugraha, M. A. R., Dewi, N. R., Awaluddin, M., Tang, P. W., Pardede, H. I., ... & El-Regal, M. A. A. (2024). Fish diversity assessment through conventional morphological identification and recent advances in Saudi Arabia: A review. *Veterinary World*, 17(10), 2267.
- Siqueira, A. C., Morais, R. A., Bellwood, D. R., & Cowman, P. F. (2021). Planktivores as trophic drivers of global coral reef fish diversity patterns. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(9), e2019404118.
- Sobha, T. R., Vibija, C. P., & Fahima, P. (2023). Coral reef: a hot spot of marine biodiversity. In *Conservation and sustainable utilization of bioresources* (pp. 171-194). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Strain, E. M., Edgar, G. J., Ceccarelli, D., Stuart-Smith, R. D., Hosack, G. R., & Thomson, R. J. (2019). A global assessment of the direct and indirect benefits of marine protected areas for coral reef conservation. *Diversity and Distributions*, 25(1), 9-20.
- Suba, A., & Marzaman, A. P. (2024). Upaya Indonesia Sebagai Negara Di Kawasan Coral Triangle Dalam Konservasi Terumbu Karang Di Wakatobi. *SIGNIFICANT: Journal Of Research And Multidisciplinary*, 3(02), 74-86.
- Tebaiy, S., Mampioer, D. C., Batto, M., Manuputty, A., Tuharea, S., & Clement, K. (2021). The Status of Seagrass Health: Supporting Sustainable Small-Scale Fisheries in Misool Marine Protected Area, Raja Ampat, Indonesia. *ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 26(3).
- Watson, G. J., Kohler, S., Collins, J. J., Richir, J., Arduini, D., Calabrese, C., & Schaefer, M. (2023). Can the global marine aquarium trade (MAT) be a model for sustainable coral reef fisheries?. *Science Advances*, 9(49), eadh4942.
- Zarco-Perello, S., Bennett, S., Goetze, J., Holmes, T. H., Stuart-Smith, R. D., & White, E. R. (2025). Refining the trophic diversity, network structure, and bottom-up importance of prey groups for temperate reef fishes. *Ecosphere*, 16(2), e70193.