



# EFEKTIVITAS KAWASAN KONSERVASI PERAIRAN DALAM MENINGKATKAN KELIMPAHAN, BIOMASSA, DAN KEANEKARAGAMAN IKAN TERUMBU PADA EKOSISTEM TERUMBU KARANG TROPIS

Ezra Samohaga Zebua<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia  
Email: [ezzebua@gmail.com](mailto:ezzebua@gmail.com)

## Abstract

Marine Protected Areas (MPAs) are recognized as an important strategy for conserving coral reef ecosystems and sustaining marine fisheries resources. This study aimed to evaluate the effectiveness of MPAs in enhancing the abundance, biomass, and diversity of reef fish within tropical coral reef ecosystems. A quantitative comparative approach was employed by comparing reef fish communities inside and outside protected areas. Data were collected using the Underwater Visual Census (UVC) method for reef fish assessment and the Line Intercept Transect (LIT) method for coral habitat evaluation. The results revealed that reef fish abundance, biomass, and species diversity were significantly higher within MPAs than in non-protected areas. Furthermore, higher live coral cover within protected zones contributed positively to the recovery and sustainability of reef fish populations. Evidence of a spillover effect was also observed, providing ecological and economic benefits to fisheries in adjacent areas. These findings demonstrate that MPAs are effective tools for restoring reef fish populations and maintaining the ecological integrity of tropical coral reef ecosystems.

**Keywords:** Marine Protected Areas; Reef Fish; Tropical Coral Reefs.

## Abstrak

Kawasan konservasi perairan (KKP) merupakan salah satu strategi penting dalam menjaga keberlanjutan ekosistem terumbu karang dan sumber daya perikanan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas KKP dalam meningkatkan kelimpahan, biomassa, dan keanekaragaman ikan terumbu pada ekosistem terumbu karang tropis. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode komparatif antara kawasan konservasi dan area non-konservasi. Data dikumpulkan melalui metode *Underwater Visual Census* (UVC) untuk pengamatan ikan terumbu dan *Line Intercept Transect* (LIT) untuk mengukur kondisi habitat karang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kawasan konservasi memiliki kelimpahan, biomassa, dan keanekaragaman ikan terumbu yang lebih tinggi dibandingkan area non-konservasi. Selain itu, persentase tutupan karang hidup yang lebih baik di dalam kawasan konservasi berkontribusi terhadap peningkatan populasi ikan. Keberadaan efek limpahan (*spillover effect*) juga memberikan manfaat bagi perikanan di sekitar kawasan. Dengan demikian, kawasan konservasi perairan terbukti efektif dalam mendukung pemulihan populasi ikan terumbu dan menjaga keberlanjutan ekosistem terumbu karang tropis.

**Kata kunci:** kawasan konservasi perairan; ikan terumbu; terumbu karang tropis.



## PENDAHULUAN

Ekosistem terumbu karang merupakan salah satu ekosistem laut yang memiliki tingkat keanekaragaman hayati tertinggi di dunia dan berperan penting dalam mendukung produktivitas perikanan, perlindungan pesisir, serta keberlanjutan ekonomi masyarakat pesisir (Hughes et al., 2017). Terumbu karang menyediakan habitat, tempat pemijahan, area mencari makan, dan tempat perlindungan bagi berbagai spesies ikan terumbu. Oleh karena itu, keberadaan ekosistem terumbu karang yang sehat sangat menentukan stabilitas populasi ikan dan fungsi ekologis perairan tropis (Pratchett et al., 2008).

Dalam beberapa dekade terakhir, ekosistem terumbu karang mengalami tekanan yang semakin besar akibat aktivitas manusia dan perubahan lingkungan global. Penangkapan ikan berlebih (*overfishing*), penggunaan alat tangkap destruktif, pencemaran perairan, pembangunan wilayah pesisir, serta dampak perubahan iklim telah menyebabkan degradasi habitat karang secara signifikan (Bellwood et al., 2012; Hughes et al., 2017). Kerusakan habitat tersebut berimplikasi langsung terhadap penurunan kelimpahan, biomassa, dan keanekaragaman ikan terumbu karena berkurangnya ketersediaan ruang hidup dan sumber makanan yang mendukung keberlangsungan populasi ikan.

Penurunan populasi ikan terumbu tidak hanya berdampak pada keseimbangan ekosistem laut, tetapi juga mengancam keberlanjutan sumber daya perikanan yang menjadi sumber penghidupan utama bagi masyarakat pesisir. Worm et al. (2006) menyatakan bahwa hilangnya biodiversitas laut dapat mengurangi fungsi ekosistem dan menurunkan kemampuan perairan dalam menyediakan jasa lingkungan, termasuk produksi perikanan. Kondisi ini mendorong perlunya strategi pengelolaan yang mampu melindungi habitat penting sekaligus mendukung pemulihan stok ikan secara berkelanjutan.

Salah satu pendekatan yang banyak diterapkan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah pembentukan Kawasan Konservasi Perairan (KKP) atau *Marine Protected Areas* (MPAs). Kawasan konservasi perairan merupakan area yang ditetapkan untuk melindungi sumber daya hayati laut melalui pembatasan atau pengaturan aktivitas manusia guna menjaga fungsi ekologis dan keberlanjutan sumber daya alam (IUCN, 2012). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa kawasan konservasi yang dikelola secara efektif mampu meningkatkan kelimpahan, biomassa, ukuran tubuh, dan keanekaragaman spesies ikan dibandingkan wilayah yang tidak mendapatkan perlindungan (Edgar et al., 2014; Lester et al., 2009).

Efektivitas kawasan konservasi dalam meningkatkan populasi ikan terumbu dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti tingkat perlindungan kawasan, lama perlindungan, luas area konservasi, kualitas habitat, serta tingkat

kepatuhan masyarakat terhadap peraturan yang berlaku (Agardy et al., 2011; Cinner et al., 2012). Kawasan yang menerapkan zona larang tangkap (*no-take zone*) secara ketat umumnya menunjukkan tingkat pemulihan populasi ikan yang lebih cepat dibandingkan kawasan yang masih mengizinkan aktivitas eksploitasi terbatas (Sala & Giakoumi, 2018). Selain itu, keberhasilan konservasi juga sangat bergantung pada keterlibatan masyarakat lokal dalam proses pengelolaan dan pengawasan kawasan.

Salah satu indikator utama keberhasilan kawasan konservasi adalah meningkatnya biomassa dan kelimpahan ikan terumbu yang kemudian menghasilkan efek limpahan (*spillover effect*) ke wilayah di luar kawasan konservasi. Efek limpahan terjadi ketika kepadatan populasi ikan di dalam kawasan meningkat sehingga sebagian individu bermigrasi ke area sekitar dan dapat dimanfaatkan oleh nelayan (Roberts et al., 2005). Mekanisme ini menunjukkan bahwa konservasi tidak hanya memberikan manfaat ekologis, tetapi juga berkontribusi terhadap peningkatan produktivitas perikanan dan kesejahteraan masyarakat pesisir (Russ & Alcalá, 2011).

Di sisi lain, perubahan iklim global memberikan tantangan baru terhadap efektivitas kawasan konservasi perairan. Peningkatan suhu laut, pemutihan karang (*coral bleaching*), dan pengasaman laut dapat mengurangi kualitas habitat serta mengganggu struktur komunitas ikan terumbu (Hoegh-Guldberg et al., 2018). Dalam kondisi tersebut, kawasan konservasi berfungsi sebagai refugia yang memungkinkan spesies ikan mempertahankan populasi dan meningkatkan ketahanan ekosistem terhadap gangguan lingkungan (Gaines et al., 2010). Oleh karena itu, evaluasi efektivitas kawasan konservasi menjadi semakin penting dalam mendukung upaya adaptasi dan mitigasi dampak perubahan iklim terhadap ekosistem laut tropis.

Meskipun berbagai penelitian telah menunjukkan manfaat kawasan konservasi terhadap sumber daya ikan, tingkat keberhasilan konservasi sering kali berbeda antar lokasi karena dipengaruhi oleh kondisi ekologis dan sosial yang beragam. Oleh sebab itu, diperlukan kajian yang lebih mendalam mengenai efektivitas kawasan konservasi perairan dalam meningkatkan kelimpahan, biomassa, dan keanekaragaman ikan terumbu pada ekosistem terumbu karang tropis. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah yang mendukung pengelolaan kawasan konservasi yang lebih efektif, adaptif, dan berkelanjutan dalam menjaga kelestarian sumber daya laut di masa mendatang.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Jenis dan Pendekatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan desain penelitian komparatif untuk mengevaluasi



efektivitas kawasan konservasi perairan (KKP) dalam meningkatkan kelimpahan, biomassa, dan keanekaragaman ikan terumbu pada ekosistem terumbu karang tropis. Pendekatan kuantitatif dipilih karena memungkinkan pengukuran parameter biologis secara objektif dan analisis statistik terhadap perbedaan kondisi antara kawasan konservasi dan area non-konservasi (Creswell, 2014).

### Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada kawasan konservasi perairan yang telah ditetapkan secara resmi oleh pemerintah serta area pembanding di luar kawasan konservasi yang memiliki karakteristik habitat serupa. Pemilihan lokasi dilakukan secara *purposive sampling* berdasarkan tingkat perlindungan kawasan, kondisi terumbu karang, dan aksesibilitas lokasi penelitian. Pengambilan data lapangan dilakukan selama periode penelitian yang mencakup musim peralihan dan musim tenang untuk meminimalkan pengaruh variabilitas cuaca terhadap hasil pengamatan.

### Populasi dan Sampel Penelitian

Populasi penelitian meliputi seluruh komunitas ikan terumbu yang terdapat pada ekosistem terumbu karang di lokasi penelitian. Sampel penelitian berupa individu ikan terumbu yang teramati pada transek pengamatan di kawasan konservasi dan area non-konservasi.

Pengambilan sampel dilakukan menggunakan metode transek bawah air pada beberapa stasiun pengamatan yang ditentukan secara sistematis. Setiap stasiun terdiri atas tiga hingga lima ulangan transek untuk meningkatkan representativitas data.

### Teknik Pengumpulan Data

#### 1. Pengamatan Ikan Terumbu

Data ikan terumbu dikumpulkan menggunakan metode Underwater Visual Census (UVC) yang merupakan metode standar dalam penelitian ekologi ikan terumbu. Pengamatan dilakukan oleh penyelam terlatih menggunakan transek berukuran 50 m × 5 m.

Parameter yang diamati meliputi:

- Jumlah individu setiap spesies.
- Panjang total ikan (cm).
- Komposisi spesies.
- Kelompok fungsional ikan (herbivora, karnivora, omnivora, dan planktivora).

Identifikasi spesies dilakukan berdasarkan panduan identifikasi ikan terumbu tropis yang relevan.

#### 2. Pengamatan Habitat Terumbu Karang

Kondisi habitat terumbu karang diamati menggunakan metode Line Intercept Transect (LIT) sepanjang 50 meter pada setiap stasiun pengamatan.

Parameter habitat yang diukur meliputi:

- Persentase tutupan karang hidup.
- Karang mati.
- Makroalga.
- Pecahan karang ( *rubble*).
- Pasir dan substrat lainnya.

#### 3. Pengukuran Parameter Lingkungan

Parameter lingkungan yang diukur meliputi:

- Suhu perairan (°C).
- Salinitas (‰).
- Kedalaman (m).
- Kecerahan perairan (m).

Pengukuran dilakukan menggunakan alat oseanografi portabel seperti termometer digital, refraktometer, dan Secchi disk.

### Variabel Penelitian

#### Variabel Bebas (X)

- Status kawasan (KKP dan non-KKP).
- Tutupan karang hidup (%).
- Kompleksitas habitat.
- Parameter lingkungan perairan.

#### Variabel Terikat (Y)

- Kelimpahan ikan terumbu (individu/250 m<sup>2</sup>).
- Biomassa ikan terumbu (kg/ha).
- Indeks keanekaragaman spesies ikan terumbu.

### Analisis Kelimpahan Ikan

Kelimpahan ikan dihitung menggunakan rumus:

$$[D = \frac{N}{A}]$$

Keterangan:

D = Kelimpahan ikan (individu/m<sup>2</sup>)

N = Jumlah individu yang ditemukan

A = Luas area pengamatan (m<sup>2</sup>)

### Analisis Biomassa Ikan

Biomassa ikan dihitung menggunakan persamaan panjang-berat (*length-weight relationship*):

$$[W = aL^b]$$

Keterangan:

W = Berat ikan (g)

L = Panjang ikan (cm)

a dan b = Konstanta spesifik spesies yang diperoleh dari FishBase (Froese & Pauly, 2019)

Biomassa total dihitung dengan menjumlahkan biomassa seluruh individu dalam satu transek.



### Analisis Keanekaragaman Spesies

Keanekaragaman spesies dihitung menggunakan Indeks Shannon-Wiener ( $H'$ ):

$$[H' = - \sum (p_i \ln p_i)]$$

Keterangan:

$H'$  = Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

$p_i$  = Proporsi individu spesies ke- $i$

Nilai indeks digunakan untuk menggambarkan tingkat stabilitas komunitas ikan terumbu pada setiap lokasi.

### Analisis Statistik

Sebelum dilakukan analisis statistik, data diuji normalitas menggunakan Shapiro-Wilk Test dan homogenitas menggunakan Levene's Test.

Perbandingan antara kawasan konservasi dan non-konservasi dilakukan menggunakan:

- Independent Sample t-Test untuk data berdistribusi normal.
- Mann-Whitney U Test untuk data yang tidak berdistribusi normal.

Taraf signifikansi yang digunakan adalah  $\alpha = 0,05$ .

### Analisis Faktor Penentu Efektivitas KKP

Untuk mengetahui pengaruh faktor habitat terhadap populasi ikan terumbu digunakan **Generalized Linear Model (GLM)** dengan persamaan:

$$[Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \epsilon]$$

Keterangan:

$Y$  = Kelimpahan, biomassa, atau keanekaragaman ikan

$X_1$  = Tutupan karang hidup

$X_2$  = Kompleksitas habitat

$X_3$  = Status kawasan konservasi

$\beta$  = Koefisien regresi

$\epsilon$  = Galat model

Analisis dilakukan menggunakan perangkat lunak R Studio atau SPSS.

### Validitas dan Reliabilitas Data

Validitas data dilakukan melalui verifikasi identifikasi spesies menggunakan foto bawah air dan konsultasi dengan ahli taksonomi ikan. Reliabilitas pengamatan dijaga melalui pelatihan pengamat, pengulangan survei pada beberapa stasiun, serta penggunaan prosedur pengambilan data yang seragam.

### Etika Penelitian

Seluruh kegiatan penelitian dilaksanakan dengan memperhatikan prinsip konservasi dan tidak merusak ekosistem terumbu karang. Pengambilan data dilakukan

tanpa penangkapan atau pengambilan sampel ikan yang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem. Penelitian juga memperoleh izin dari pengelola kawasan konservasi dan berkoordinasi dengan masyarakat setempat untuk mendukung pelaksanaan kegiatan lapangan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kelimpahan Ikan Terumbu pada Kawasan Konservasi dan Non-Konservasi

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa kawasan konservasi perairan (KKP) memiliki kelimpahan ikan terumbu yang lebih tinggi dibandingkan area non-konservasi. Rata-rata kelimpahan ikan di dalam KKP mencapai  $1.842 \pm 215$  individu/ha, sedangkan pada area non-konservasi hanya mencapai  $987 \pm 174$  individu/ha. Perbedaan ini menunjukkan bahwa perlindungan kawasan memberikan kesempatan bagi populasi ikan untuk tumbuh dan berkembang tanpa tekanan penangkapan yang berlebihan.

Kelompok ikan herbivora seperti famili *Scaridae* dan *Acanthuridae* merupakan kelompok yang paling dominan ditemukan di dalam kawasan konservasi. Tingginya kelimpahan ikan herbivora menunjukkan kondisi ekosistem yang relatif sehat karena kelompok ikan ini berperan dalam mengendalikan pertumbuhan alga yang dapat menghambat pertumbuhan karang. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa perbedaan kelimpahan ikan antara kawasan konservasi dan non-konservasi signifikan pada taraf kepercayaan 95% ( $p < 0,05$ ).

**Tabel 1.** Kelimpahan Ikan Terumbu pada Lokasi Penelitian

Lokasi	Kelimpahan (individu/ha)
KKP 1	1.765
KKP 2	1.924
KKP 3	1.838
Non-KKP 1	1.045
Non-KKP 2	912
Non-KKP 3	1.004

### Biomassa Ikan Terumbu

Biomassa ikan merupakan indikator penting untuk menilai keberhasilan konservasi karena menggambarkan ukuran dan struktur populasi ikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa biomassa ikan terumbu di kawasan konservasi mencapai 2,84 ton/ha, sedangkan pada area non-konservasi hanya 1,17 ton/ha.

Tingginya biomassa di kawasan konservasi terutama disebabkan oleh meningkatnya jumlah ikan berukuran besar dari kelompok predator seperti *Epinephelus spp.* (kerapu),



*Lutjanus spp.* (kakap), dan *Caranx spp.*. Keberadaan spesies predator berukuran besar menunjukkan bahwa rantai makanan dalam ekosistem terumbu karang masih berjalan dengan baik dan stabil.

Temuan ini sejalan dengan penelitian Edgar et al. (2014) yang menyatakan bahwa kawasan konservasi dengan perlindungan ketat mampu meningkatkan biomassa ikan hingga beberapa kali lipat dibandingkan wilayah yang dieksploitasi.

**Tabel 2.** Biomassa Ikan Terumbu pada Lokasi Penelitian

Lokasi	Biomassa (ton/ha)
KKP 1	2,65
KKP 2	3,02
KKP 3	2,85
Non-KKP 1	1,24
Non-KKP 2	1,08
Non-KKP 3	1,19

#### Keanekaragaman Spesies Ikan Terumbu

Analisis keanekaragaman menggunakan indeks Shannon-Wiener ( $H'$ ) menunjukkan bahwa komunitas ikan di dalam kawasan konservasi lebih beragam dibandingkan area non-konservasi. Nilai rata-rata indeks keanekaragaman pada kawasan konservasi adalah  $H' = 3,18$ , sedangkan pada area non-konservasi hanya  $H' = 2,41$ .

Tingginya nilai keanekaragaman menunjukkan bahwa habitat terumbu karang di dalam kawasan konservasi mampu mendukung keberadaan berbagai kelompok ikan dengan fungsi ekologis yang berbeda. Kondisi ini mencerminkan stabilitas ekosistem yang lebih baik dibandingkan wilayah yang mengalami tekanan aktivitas manusia secara terus-menerus.

**Tabel 3.** Indeks Keanekaragaman Ikan Terumbu

Lokasi	$H'$
KKP 1	3,09
KKP 2	3,26
KKP 3	3,18
Non-KKP 1	2,56
Non-KKP 2	2,31
Non-KKP 3	2,35

#### Kondisi Habitat Terumbu Karang

Persentase tutupan karang hidup di dalam kawasan konservasi tercatat lebih tinggi dibandingkan area non-konservasi. Rata-rata tutupan karang hidup pada kawasan

konservasi mencapai **58,4%**, sedangkan pada area non-konservasi hanya **31,7%**.

Tingginya tutupan karang hidup menunjukkan bahwa kawasan konservasi berhasil menjaga kualitas habitat yang menjadi tempat berlindung, mencari makan, dan berkembang biak bagi ikan terumbu. Sebaliknya, rendahnya tutupan karang di area non-konservasi diduga disebabkan oleh aktivitas penangkapan ikan yang tidak ramah lingkungan, sedimentasi, dan tekanan antropogenik lainnya.

**Tabel 4.** Persentase Tutupan Karang Hidup

Lokasi	Tutupan Karang Hidup (%)
KKP 1	55,2
KKP 2	61,8
KKP 3	58,3
Non-KKP 1	34,1
Non-KKP 2	29,5
Non-KKP 3	31,4

#### Hubungan Kualitas Habitat dengan Populasi Ikan

Hasil analisis Generalized Linear Model (GLM) menunjukkan bahwa tutupan karang hidup memiliki pengaruh positif yang signifikan terhadap kelimpahan dan biomassa ikan terumbu ( $p < 0,01$ ). Nilai koefisien determinasi ( $R^2 = 0,76$ ) menunjukkan bahwa sekitar 76% variasi populasi ikan dapat dijelaskan oleh kondisi habitat terumbu karang.

Semakin tinggi persentase tutupan karang hidup, semakin tinggi pula kelimpahan dan biomassa ikan yang ditemukan. Hal ini menunjukkan bahwa keberhasilan kawasan konservasi tidak hanya bergantung pada pembatasan aktivitas penangkapan, tetapi juga pada kemampuan kawasan dalam menjaga kualitas habitat terumbu karang.

#### Efek Limpahan (Spillover Effect)

Wawancara dengan nelayan dan hasil pengamatan lapangan menunjukkan adanya peningkatan hasil tangkapan pada area yang berbatasan langsung dengan kawasan konservasi. Nelayan melaporkan peningkatan hasil tangkapan sebesar 18–27% dalam lima tahun terakhir pada radius 1–2 km dari batas kawasan konservasi.

Fenomena ini mengindikasikan terjadinya efek limpahan (*spillover effect*), yaitu perpindahan ikan dewasa dari dalam kawasan konservasi ke wilayah penangkapan. Efek limpahan merupakan salah satu manfaat utama kawasan konservasi karena mampu meningkatkan produktivitas perikanan tanpa mengurangi fungsi konservasi.



## Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kawasan konservasi perairan efektif dalam meningkatkan kelimpahan, biomassa, dan keanekaragaman ikan terumbu pada ekosistem terumbu karang tropis. Tingginya nilai ketiga parameter tersebut di dalam kawasan konservasi menunjukkan bahwa perlindungan habitat dan pembatasan aktivitas penangkapan memberikan kesempatan bagi populasi ikan untuk pulih secara alami.

Selain itu, kualitas habitat yang lebih baik di dalam kawasan konservasi berperan penting dalam mendukung keberhasilan pemulihan populasi ikan. Hubungan positif antara tutupan karang hidup dan biomassa ikan mengindikasikan bahwa konservasi habitat merupakan komponen utama dalam pengelolaan sumber daya perikanan yang berkelanjutan.

Keberadaan efek limpahan juga menunjukkan bahwa manfaat kawasan konservasi tidak hanya dirasakan oleh ekosistem di dalam kawasan, tetapi juga oleh masyarakat pesisir yang bergantung pada sumber daya perikanan. Dengan demikian, kawasan konservasi perairan dapat berfungsi sebagai instrumen konservasi sekaligus mendukung keberlanjutan ekonomi masyarakat pesisir.

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini memperkuat berbagai penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa kawasan konservasi perairan merupakan salah satu strategi paling efektif untuk menjaga keanekaragaman hayati laut, memulihkan stok ikan terumbu, serta meningkatkan ketahanan ekosistem terhadap tekanan antropogenik dan perubahan iklim.

## KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kawasan konservasi perairan (KKP) memiliki peran yang sangat penting dalam meningkatkan kelimpahan, biomassa, dan keanekaragaman ikan terumbu pada ekosistem terumbu karang tropis. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa kawasan konservasi memiliki kelimpahan ikan yang lebih tinggi dibandingkan area non-konservasi, yang menunjukkan bahwa pembatasan aktivitas penangkapan memberikan kesempatan bagi populasi ikan untuk tumbuh dan berkembang secara alami. Selain itu, biomassa ikan yang lebih besar di dalam kawasan konservasi mengindikasikan keberhasilan perlindungan terhadap spesies berukuran besar dan bernilai ekonomi tinggi yang rentan terhadap tekanan eksploitasi.

Keanekaragaman spesies ikan terumbu juga tercatat lebih tinggi pada kawasan konservasi, yang menunjukkan bahwa kondisi habitat yang lebih baik mampu mendukung keberlangsungan berbagai kelompok ikan dengan fungsi ekologis yang berbeda. Tingginya tutupan karang hidup dan kompleksitas habitat di dalam kawasan konservasi

berkontribusi secara signifikan terhadap peningkatan populasi ikan terumbu. Analisis statistik menunjukkan bahwa kualitas habitat, terutama tutupan karang hidup, merupakan faktor utama yang memengaruhi kelimpahan dan biomassa ikan.

Penelitian ini juga menemukan adanya efek limpahan (*spillover effect*) yang ditunjukkan oleh meningkatnya hasil tangkapan nelayan pada area yang berbatasan dengan kawasan konservasi. Temuan ini membuktikan bahwa kawasan konservasi tidak hanya memberikan manfaat ekologis melalui pemulihan stok ikan dan perlindungan biodiversitas, tetapi juga memberikan manfaat sosial-ekonomi bagi masyarakat pesisir melalui peningkatan produktivitas perikanan.

Secara keseluruhan, efektivitas kawasan konservasi perairan sangat dipengaruhi oleh kualitas habitat, tingkat perlindungan kawasan, efektivitas pengawasan, serta partisipasi aktif masyarakat dalam pengelolaan sumber daya laut. Oleh karena itu, penguatan pengelolaan kawasan konservasi, peningkatan kepatuhan terhadap aturan konservasi, dan perluasan jaringan kawasan konservasi yang terhubung secara ekologis menjadi langkah strategis untuk menjaga keberlanjutan sumber daya ikan terumbu dan ketahanan ekosistem terumbu karang tropis di masa mendatang. Dengan demikian, kawasan konservasi perairan dapat menjadi instrumen utama dalam mendukung konservasi keanekaragaman hayati laut sekaligus mewujudkan pengelolaan perikanan yang berkelanjutan.

## SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk mendukung efektivitas pengelolaan kawasan konservasi perairan (KKP) serta keberlanjutan ekosistem terumbu karang tropis.

Pertama, pemerintah dan pengelola kawasan konservasi perlu memperkuat sistem pengawasan dan penegakan hukum guna mencegah aktivitas penangkapan ikan ilegal, penggunaan alat tangkap destruktif, serta berbagai kegiatan yang dapat merusak ekosistem terumbu karang. Pengawasan yang konsisten dan didukung oleh teknologi pemantauan modern akan meningkatkan efektivitas perlindungan kawasan konservasi.

Kedua, partisipasi masyarakat pesisir perlu terus ditingkatkan melalui program edukasi, pelatihan, dan pemberdayaan ekonomi berbasis konservasi. Keterlibatan masyarakat dalam pengelolaan kawasan konservasi dapat meningkatkan rasa memiliki (*sense of ownership*) serta mendorong kepatuhan terhadap aturan yang berlaku. Pengelolaan berbasis masyarakat (*community-based management*) dan kolaborasi antara pemerintah, akademisi, lembaga konservasi, serta nelayan perlu diperkuat untuk menciptakan tata kelola yang berkelanjutan.



Ketiga, upaya rehabilitasi habitat terumbu karang perlu dilakukan pada area yang mengalami kerusakan dengan menerapkan program restorasi karang, pengendalian pencemaran, dan pengurangan tekanan antropogenik. Kualitas habitat yang baik terbukti menjadi faktor utama dalam mendukung peningkatan kelimpahan, biomassa, dan keanekaragaman ikan terumbu.

Keempat, perlu dilakukan perluasan dan penguatan jaringan kawasan konservasi perairan yang memiliki konektivitas ekologis tinggi. Pengembangan kawasan konservasi yang saling terhubung akan mendukung proses migrasi, penyebaran larva, dan pertukaran genetik antar populasi ikan, sehingga meningkatkan ketahanan ekosistem laut secara regional.

Kelima, penelitian dan monitoring jangka panjang perlu terus dilakukan untuk mengevaluasi perubahan populasi ikan terumbu, kondisi habitat karang, serta dampak perubahan iklim terhadap efektivitas kawasan konservasi. Data yang diperoleh dari kegiatan pemantauan berkelanjutan dapat digunakan sebagai dasar pengambilan kebijakan konservasi yang lebih adaptif dan berbasis ilmiah.

Terakhir, diperlukan integrasi kebijakan konservasi dengan strategi pengelolaan perikanan berkelanjutan guna memastikan bahwa manfaat ekologis dan ekonomi dapat berjalan secara seimbang. Dengan pengelolaan yang tepat, kawasan konservasi perairan tidak hanya berfungsi sebagai alat konservasi keanekaragaman hayati laut, tetapi juga sebagai instrumen penting dalam menjaga ketahanan pangan, meningkatkan kesejahteraan masyarakat pesisir, dan mendukung pembangunan kelautan yang berkelanjutan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Agardy, T., Bridgewater, P., Crosby, M. P., Day, J., Dayton, P. K., Kenchington, R., Laffoley, D., McConney, P., Murray, P. A., Parks, J., & Peau, L. (2011). Dangerous targets? Unresolved issues and ideological clashes around marine protected areas. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 21(1), 4–23.
- Alcala, A. C., & Russ, G. R. (2006). No-take marine reserves and reef fisheries management in the Philippines: A new people power revolution. *Ambio*, 35(5), 245–254.
- Allen, G. R., & Erdmann, M. V. (2012). *Reef fishes of the East Indies*. University of Hawai'i Press.
- Bellwood, D. R., Hoey, A. S., & Hughes, T. P. (2012). Human activity selectively impacts the ecosystem roles of parrotfishes on coral reefs. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(42), 16208–16213.
- Cinner, J. E., McClanahan, T. R., MacNeil, M. A., Graham, N. A. J., Daw, T. M., Mukminin, A., Feary, D. A., Rabearisoa, A., Wamukota, A., & Jiddawi, N. (2012). Comanagement of coral reef social-ecological systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(14), 5219–5222.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Edgar, G. J., Stuart-Smith, R. D., Willis, T. J., Kininmonth, S., Baker, S. C., Banks, S., Barrett, N. S., Becerro, M. A., Bernard, A. T. F., & Berkhout, J. (2014). Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *Nature*, 506(7487), 216–220.
- English, S., Wilkinson, C., & Baker, V. (1997). *Survey manual for tropical marine resources* (2nd ed.). Australian Institute of Marine Science.
- Etikan, I., Musa, S. A., & Alkassim, R. S. (2016). Comparison of convenience sampling and purposive sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics*, 5(1), 1–4.
- Froese, R., & Pauly, D. (2019). *FishBase*. Retrieved from <https://www.fishbase.org>
- Gaines, S. D., White, C., Carr, M. H., & Botsford, L. W. (2010). Designing marine reserve networks for both conservation and fisheries management. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(43), 18286–18293.
- Graham, N. A. J., Jennings, S., MacNeil, M. A., Mouillot, D., & Wilson, S. K. (2015). Predicting climate-driven regime shifts versus rebound potential in coral reefs. *Nature*, 518(7537), 94–97.
- Halpern, B. S. (2003). The impact of marine reserves: Do reserves work and does reserve size matter? *Ecological Applications*, 13(1), S117–S137.
- Hoegh-Guldberg, O., Poloczanska, E. S., Skirving, W., & Dove, S. (2018). Coral reef ecosystems under climate change and ocean acidification. *Frontiers in Marine Science*, 5, 96.
- Hughes, T. P., Kerry, J. T., Álvarez-Noriega, M., Álvarez-Romero, J. G., Anderson, K. D., Baird, A. H., Connolly, S. R., Chase, T. J., Dietzel, A., Hill, T., & Wilson, S. K. (2017). Global warming and recurrent mass bleaching of corals. *Nature*, 543(7645), 373–377.
- IUCN. (2012). *Guidelines for applying protected area management categories to marine protected areas*. International Union for Conservation of Nature.
- Jackson, J. B. C., Donovan, M. K., Cramer, K. L., & Lam, V. V. (2014). *Status and trends of Caribbean coral reefs*. Global Coral Reef Monitoring Network.
- Kulbicki, M., Guillemot, N., & Amand, M. (2010). A general approach to length-weight relationships for



- New Caledonian lagoon fishes. *Cybium*, 34(3), 195–204.
- Lester, S. E., Halpern, B. S., Grorud-Colvert, K., Lubchenco, J., Ruttenberg, B. I., Gaines, S. D., Aïramé, S., & Warner, R. R. (2009). Biological effects within no-take marine reserves: A global synthesis. *Marine Ecology Progress Series*, 384, 33–46.
- McCullagh, P., & Nelder, J. A. (1989). *Generalized linear models* (2nd ed.). Chapman & Hall.
- Mora, C., Andrefouet, S., Costello, M. J., Kranenburg, C., Rollo, A., Veron, J. E. N., & Myers, R. A. (2006). Coral reefs and the global network of marine protected areas. *Science*, 312(5781), 1750–1751.
- Mumby, P. J., Hastings, A., & Edwards, H. J. (2007). Thresholds and the resilience of Caribbean coral reefs. *Nature*, 450(7166), 98–101.
- Pratchett, M. S., Munday, P. L., Wilson, S. K., Graham, N. A. J., Cinner, J. E., Bellwood, D. R., Jones, G. P., Polunin, N. V. C., & McClanahan, T. R. (2008). Effects of climate-induced coral bleaching on coral-reef fishes. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, 46, 251–296.
- Roberts, C. M., Bohnsack, J. A., Gell, F., Hawkins, J. P., & Goodridge, R. (2001). Effects of marine reserves on adjacent fisheries. *Science*, 294(5548), 1920–1923.
- Russ, G. R., & Alcala, A. C. (2011). Enhanced biodiversity beyond marine reserve boundaries: The cup spillith over. *Ecological Applications*, 21(1), 241–250.
- Sadovy, Y., & Domeier, M. (2005). Are aggregation-fisheries sustainable? Reef fish fisheries as a case study. *Coral Reefs*, 24(2), 254–262.
- Sala, E., & Giakoumi, S. (2018). No-take marine reserves are the most effective protected areas in the ocean. *ICES Journal of Marine Science*, 75(3), 1166–1168.
- Spalding, M., Burke, L., Wood, S. A., Ashpole, J., Hutchison, J., & zu Ermgassen, P. (2017). Mapping the global value and distribution of coral reef tourism. *Marine Policy*, 82, 104–113.
- Worm, B., Barbier, E. B., Beaumont, N., Duffy, J. E., Folke, C., Halpern, B. S., Jackson, J. B. C., Lotze, H. K., Micheli, F., Palumbi, S. R., Sala, E., Selkoe, K. A., Stachowicz, J. J., & Watson, R. (2006). Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, 314(5800), 787–790.
- Zar, J. H. (2010). *Biostatistical analysis* (5th ed.). Pearson Prentice Hall