

**MODEL PENGELOLAAN *MARINE PROTECTED AREA*
MENGUNAKAN METODE CCRES DAN DAMPAK TERHADAP
PRODUKSI PERIKANAN DI PULAU PAHAWANG, KECAMATAN
MARGA PUNDUH, PROVINSI LAMPUNG**

SKRIPSI

Oleh

**BULAN ANNISA PUTRI
NPM 2114201013**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2026**

**MODEL PENGELOLAAN *MARINE PROTECTED AREA*
MENGUNAKAN METODE CCRES DAN DAMPAK TERHADAP
PRODUKSI PERIKANAN DI PULAU PAHAWANG, KECAMATAN
MARGA PUNDUH, PROVINSI LAMPUNG**

Oleh

BULAN ANNISA PUTRI

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERIKANAN**

Pada

**Jurusan Perikanan dan Kelautan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDARLAMPUNG
2026**

ABSTRAK

MODEL PENGELOLAAN *MARINE PROTECTED AREA* MENGUNAKAN METODE CCRES DAN DAMPAK TERHADAP PRODUKSI PERIKANAN DI PULAU PAHAWANG, KECAMATAN MARGA PUNDUH, PROVINSI LAMPUNG

Oleh

BULAN ANNISA PUTRI

Pulau Pahawang merupakan salah satu pulau kecil di Teluk Lampung. Pulau ini memiliki berbagai jenis ekosistem seperti lamun, mangrove dan terumbu karang dengan tekanan aktivitas wisata yang tinggi. Tingginya aktivitas wisatawan menjadikan sektor wisata sebagai mata pencaharian masyarakat Pulau Pahawang. Kondisi saat ini menunjukkan belum adanya sistem pengelolaan *Marine Protected Area* (MPA) yang memadai di sekitar Pulau Pahawang. Fokus masyarakat pada sektor pariwisata menciptakan tantangan tersendiri bagi kelestarian sumber daya perikanan dan keseimbangan ekosistem pesisir. MPA merupakan kawasan konservasi dengan sistem zonasi yaitu zona inti, zona pemanfaatan, dan zona perikanan berkelanjutan, berfungsi untuk melindungi habitat, menjaga keanekaragaman hayati, dan mendukung keberlanjutan perikanan melalui mekanisme *spillover effect*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis model pengelolaan MPA dan dampaknya terhadap produksi perikanan di Pulau Pahawang. Penelitian ini dilakukan pada bulan Oktober–November 2024 menggunakan metode *Capturing Coral Reef Ecosystem Services* (CCRES). Metode CCRES merupakan metode baru dan belum banyak digunakan di Indonesia. Aplikasi ini dikembangkan oleh *University of Queensland* berbasis aplikasi dengan 16 aplikasi yang memiliki berbagai fungsi. Penelitian ini menggunakan 2 aplikasi utama yaitu aplikasi *MPA Size* dan aplikasi *Fisheries Spatial Model*. Hasil penelitian menunjukkan spesies ikan di Pulau Pahawang didominasi oleh spesies ikan kecil dari famili Pomacentridae sebesar 27,5 % yang menunjukkan mobilitas dan ruang jelajah ikan yang terbatas sehingga membutuhkan zona inti yang relatif kecil. Luasan MPA optimal berkisar 1-2 km² mampu melindungi 90% dari total 50% spesies.

Kata Kunci: *Capturing Coral Reef Ecosystem Services*, Kawasan Konservasi, *Marine Protected Area*, Pulau Pahawang, Zonasi

ABSTRACT

MARINE PROTECTED AREA MANAGEMENT MODEL USING THE CCRES METHOD AND ITS IMPACT ON FISHERY PRODUCTION IN PAHAWANG ISLAND, MARGA PUNDUH SUBDISTRICT, LAMPUNG PROVINCE

By

BULAN ANNISA PUTRI

Pahawang Island was one of the small islands located in Lampung Bay. The island was home to various ecosystems, including seagrass beds, mangroves, and coral reefs, and experienced high levels of tourism activity. This high level of tourism activity made the tourism sector the primary source of livelihood for the people of Pahawang Island. Existing conditions indicated that there was no adequate Marine Protected Area management system around Pahawang Island. The community's focus on the tourism sector posed unique challenges to the sustainability of fishery resources and the balance of coastal ecosystems. An MPA was a conservation area with a zoning system comprising core zones, utilization zones, and sustainable fisheries zones, designed to protect habitats, preserve biodiversity, and support sustainable fisheries through the spillover effect mechanism. This study aimed to analyze MPA management models and their impact on fisheries production on Pahawang Island. The study was conducted from October to November 2024 using the Capturing Coral Reef Ecosystem Services method. The CCRES method was a relatively new approach and had not yet been widely adopted in Indonesia. This application was developed by the University of Queensland using applications and consisted of 16 applications with various functions. This study used two main applications: the MPA Size application and the Fisheries Spatial Model application. The results showed that fish species on Pahawang Island were dominated by small fish from the Pomacentridae family, accounting for 27.5% of the total species observed. This indicated limited mobility and a narrow home range, which required a relatively small core zone. An optimal MPA area of 1–2 km² was sufficient to protect 90% of the total 50% of species analyzed.

Keywords: Capturing Coral Reef Ecosystem Services, Fish Exploration Zone, Marine Protected Area, Pahawang Island, Zonation

Judul skripsi : **MODEL PENGELOLAAN *MARINE PROTECTED AREA* MENGGUNAKAN METODE CCRES DAN DAMPAK TERHADAP PRODUKSI PERIKANAN DI PULAU PAHAWANG, KECAMATAN MARGA PUNDUH, PROVINSI LAMPUNG**


Nama Mahasiswa : **Bulan Annisa Putri**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2114201013**

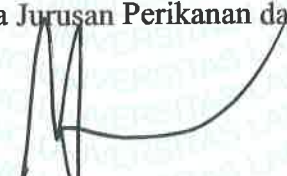
Program Studi : **Sumberdaya Akuatik**
Fakultas : **Pertanian**




Eko Efendi, S.T., M.Si.
NIP. 197803292003121001


Rizha Bery Putriani, S.Pi., M.Si.
NIP. 199011222022032010

2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan


Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D.
NIP. 198309232006042001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Eko Efendi, S.T., M.Si.



Sekretaris

: Rizha Bery Putriani, S.Pi., M.Si.



Penguji Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Abdullah Aman Damai, M.Si.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

NIP. 196411181989021002



Tanggal lulus ujian skripsi: 02 Juni 2026



KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS LAMPUNG
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN PERIKANAN DAN KELAUTAN

Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145 Telp (0721) 704946 Fax (0721) 770347

PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah skripsi yang berjudul **“Model Pengelolaan Marine Protected Area Menggunakan Metode CCRES Dan Dampak Terhadap Produksi Perikanan Di Pulau Pahawang, Kecamatan Marga Punduh, Provinsi Lampung”** tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh pihak lain untuk mendapatkan karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebut dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata dalam naskah skripsi ini ditemukan dan terbukti terdapat unsur-unsur fabrikasi, falsifikasi, plagiat dan konflik kepentingan saya bersedia skripsi ini digugurkan dan gelar akademik yang telah saya peroleh (S1) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Bandar Lampung, 08 Juni 2026

Yang membuat pernyataan



Bulan Annisa Putri
NPM. 2114201013

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara, pada tanggal 08 Oktober 2003 sebagai anak dari pasangan suami istri Bapak Hijrah Dianto dan Ibu Nuri Astuti Juliana. Penulis menempuh pendidikan formal dari Taman Kanak-kanak Ade Irma, Kota Binjai, Sumatera Utara pada tahun 2007 – 2008, lalu melanjutkan pendidikan dasar di SD Negeri 13 Kota Binjai, pada tahun 2009 – 2015, dilanjutkan ke pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 06 Kota Binjai, pada tahun 2015 – 2018, dan pendidikan menengah atas di SMA Plus Sedayu Nusantara, Kota Medan pada tahun 2018 – 2021.

Penulis kemudian melanjutkan pendidikan ke jenjang pendidikan tinggi di Program Studi Sumberdaya Akuatik, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2021. Penulis merupakan mahasiswa berprestasi tingkat Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2024. Penulis mengikuti perlombaan tingkat Nasional, Program Kreativitas Mahasiswa (PKM-AI), sebagai anggota pada tahun 2023. Penulis mengikuti perlombaan tingkat Nasional, Program Pembinaan Mahasiswa Wirausaha (P2MW), sebagai ketua pada tahun 2024. Penulis mengikuti perlombaan tingkat Nasional, Ke-wirausahaan Mahasiswa Indonesia (KMI Expo), sebagai ketua pada tahun 2024. Penulis mengikuti perlombaan tingkat Universitas Lampung, Program Mahasiswa Wirausaha (PMW), sebagai anggota dan ketua pada tahun 2023 dan 2024. Penulis mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) periode 1, di Desa Gedung Harapan, Kecamatan Negeri Agung, Kabupaten Way Kanan, Provinsi Lampung selama 40 hari pada bulan Januari – Februari 2024. Penulis pernah mengikuti kegiatan magang di Balai Besar Perikanan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung, pada bulan Juli 2023.

Untuk kedua orang tua tersayang (Nuri dan Hijrah), nenek (Nur Aini), dan adikku yang selalu memberikan dukungan dan doa disetiap perjalanan hidupku.

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji syukur penulis ucapkan ke hadirat Tuhan yang Maha Esa, karena atas rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi dengan judul “*Model Pengelolaan Marine Protected Area Menggunakan Metode CCRES Dan Dampak Terhadap Produksi Perikanan Di Pulau Pahawang, Kecamatan Marga Punduh, Provinsi Lampung*” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana perikanan di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan FP Unila;
2. Munti Sarida, S.Pi., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan;
3. Eko Efendi, S.T., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Utama;
4. Rizha Bery Putriani, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Pembantu/Sekretaris;
5. Dr. Ir. Abdullah Aman Damai, M.Si. selaku Penguji Utama;
6. Prof. Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik.
7. Kedua orang tua Bapak Hijrah Dianto dan Ibu Nuri Astuti Juliana, Adik, keluarga besar dan teman-teman.

Bandar Lampung, 26 Juni 2026

Bulan Annisa Putri

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Kerangka Pikir.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 <i>Marine Protected Area</i> (MPA) atau Kawasan Konservasi Perairan (KKP) .	6
2.2 Pengelolaan <i>Marine Protected Area</i> Terhadap Produksi Perikanan	7
2.3 Efektivitas Kawasan <i>Marine Protected Area</i>	9
2.4 <i>Capturing Coral Reef Ecosystem Service</i> (CCRES)	10
2.4.1 MPA Size.....	12
2.4.2 Fisheries Spatial Model	12
2.5 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	13
III. METODE PENELITIAN	14
3.1 Waktu dan Tempat	14
3.2 Alat dan Bahan	15
3.2.1 Alat	15
3.2.2 Bahan	15
3.3 Metode Pengumpulan Data	16
3.4 Rancangan Penelitian	17
3.4.1 Pengumpulan Data.....	17
3.4.2 Permodelan <i>Marine Protected Area</i>	18
3.4.2.1 <i>MPA Size</i>	18
3.4.2.2 <i>Fisheries Spatial Model</i>	21
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 <i>MPA Size</i>	32
4.1.1 Klasifikasi Ikan Karang	32

4.1.2 Ukuran Optimal MPA Menggunakan Aplikasi <i>MPA Size</i>	36
4.2 <i>Fisheries Spatial Model</i>	41
4.2.1 Rencana Zonasi Kawasan MPA Pulau Pahawang.....	41
4.2.2 Permodelan Kawasan MPA Pulau Pahawang	48
4.2.3 Dampak Produksi Perikanan Berdasarkan Analisis <i>Total Over Time</i> ..	50
V. SIMPULAN DAN SARAN	56
5.1 Simpulan.....	56
5.2 Saran.....	56
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN	68

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat dan fungsi yang digunakan dalam penelitian	15
2. Bahan dan fungsi yang digunakan dalam penelitian	15
3. Data dan sumber yang digunakan dalam penelitian.....	18
4. Spesies, <i>mean home range</i> , <i>max fish body length</i> , <i>fish density</i> dan <i>reverse size</i> dalam aplikasi MPA Size	20
5. Kategori penentuan skenario zonasi kawasan MPA	30
6. Kelompok, kategori ikan, famili, jumlah spesies, nilai ekonomis, dan Persentase ikan karang	32
7. Skenario, zona, luas, persentase, dan lokasi kawasan MPA Pulau Pahawang.....	42
8. Kelompok ikan, famili, peran ekologi dan jenis ikan.....	76
9. Spesies, <i>mean home range</i> , <i>max fish body lenght</i> , dan <i>fish density</i>	78

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian.	5
2. Peta lokasi penelitian.	14
3. Output <i>MPA Size</i>	20
4. Tampilan aplikasi <i>fisheries spatial model</i>	21
5. Tampilan <i>allen coral atlas</i> dan email unduhan.	22
6. Tampilan peta dasar pada aplikasi <i>Arc Map</i>	22
7. Tampilan <i>planning unit</i> pada aplikasi <i>Arc Map</i>	23
8. Tampilan background pada aplikasi <i>fisheries spatial model</i>	23
9. Tampilan <i>planning unit</i> pada aplikasi <i>fisheries spatial model</i>	24
10. Tampilan spesies pada aplikasi <i>fisheries spatial model</i>	24
11. Tampilan MPA dan <i>key fishing</i> di aplikasi <i>fisheries spatial model</i>	25
12. Tampilan <i>distance matrix</i> pada aplikasi <i>fisheries spatial model</i>	25
13. Tampilan <i>connectivity</i> pada aplikasi <i>fisheries spatial model</i>	26
14. Tampilan model pada aplikasi <i>fisheries spatial model</i>	26
15. <i>Output fisheries spatial model</i>	27
16. Skenario permodelan pertama.	28
17. Skenario permodelan kedua.	28
18. Skenario permodelan ketiga.	29
19. Hasil analisis <i>MPA size</i>	37
20. Batas wilayah MPA Pulau Pahawang.	48
21. Desain MPA Pulau Pahawang.	49
22. Perubahan biomassa berdasarkan <i>total over time</i>	51
23. Dokumentasi pengambilan data lapangan.	69
24. Jenis-jenis ikan karang berdasarkan data lapangan dan <i>fishbase</i>	71
25. Skenario permodelan 1 (a) penentuan zonasi (b) zona inti berdasarkan citra (c) zona inti berdasarkan <i>planning unit</i> (d) zona pemanfaatan berdasarkan citra satelit (e) zona pemanfaatan berdasarkan <i>planning unit</i> (f) zona	

- perikanan berkelanjutan berdasarkan citra satelit (g) zona perikanan
berkelanjutan berdasarkan *planning unit*82
26. Skenario permodelan 2 (a) penentuan zonasi (b) zona inti berdasarkan citra
(c) zona inti berdasarkan *planning unit* (d) zona pemanfaatan berdasarkan
citra satelit (e) zona pemanfaatan berdasarkan *planning unit* (f) zona
perikanan berkelanjutan berdasarkan citra satelit (g) zona perikanan
berkelanjutan berdasarkan *planning unit*83
27. Skenario permodelan 3 (a) penentuan zonasi (b) zona inti berdasarkan citra
(c) zona inti berdasarkan *planning unit* (d) zona pemanfaatan berdasarkan
citra satelit (e) zona pemanfaatan berdasarkan *planning unit* (f) zona
perikanan berkelanjutan berdasarkan citra satelit (g) zona perikanan
berkelanjutan berdasarkan *planning unit*84

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Dokumentasi penelitian.....	69
2. Identifikasi jenis-jenis ikan karang	71
3. Kelompok ikan karang	76
4. Data <i>mean home range</i> , <i>max fish body length</i> , dan <i>fish density</i>	78
5. Skenario permodelan.....	82

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kawasan konservasi perairan merupakan kawasan perlindungan keanekaragaman hayati, dan spesies dari kerusakan atau ancaman kepunahan. Menurut Mora et al. (2011), kawasan konservasi sangat penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem perairan. Menurut Mace et al. (2018), upaya yang dapat dilakukan dalam menjaga keanekaragaman hayati adalah melakukan konservasi. Indonesia merupakan negara kepulauan dengan keanekaragaman hayati yang tinggi sehingga untuk mempertahankan keanekaragaman hayati tersebut Indonesia memiliki berbagai kawasan konservasi yang dirancang untuk menjaga ekosistem, melindungi keanekaragaman hayati, dan menjaga keseimbangan ekosistem. Pentingnya kawasan konservasi ini untuk menjaga keseimbangan ekosistem. Pemerintah Indonesia menargetkan peningkatan luas kawasan konservasi sebesar 30% sampai 2045.

Kawasan konservasi di Indonesia tersebar luas di berbagai provinsi di Indonesia dengan tujuan melindungi keanekaragaman hayati di dalamnya. Menurut data KKP (2020), Indonesia menargetkan perlindungan 30% wilayah perairan atau sekitar 97,5 juta hektare pada tahun 2045. Pemerintah Indonesia menargetkan 10% atau 32,5 Juta Ha wilayah perairannya menjadi kawasan konservasi. Pada tahun 2025 capaian kawasan konservasi di Indonesia mencapai 30,9 Juta Ha atau sekitar 9,53% . Target ini merupakan komitmen Indonesia terhadap pencapaian Aichi dan SDG 14 untuk melindungi keberlanjutan sumberdaya kelautan dan perikanan. Kawasan Konservasi yang telah ditetapkan terdiri dari kategori Taman, Suaka, dan KKM (KKP, 2025). Penambahan perluasan kawasan konservasi tersebut merupakan salah satu program ekonomi biru (KKP, 2024). Target penambahan luas kawasan konservasi tersebut direalisasikan dengan memperluas

kawasan konservasi existing, membentuk kawasan konservasi baru serta peluang membentuk *Large Scale Marine Protect Areas* (LSMPAs) (KKP, 2024). Indonesia telah memiliki kawasan konservasi diberbagai daerah seperti Taman Laut Bunaken, Taman Nasional Wakatobi, dan lainnya. Kawasan konservasi perlu dilakukan pengelolaan untuk keberlanjutannya. Pengelolaan kawasan konservasi di Indonesia selama ini melibatkan beberapa aspek seperti perlindungan ekosistem, pengawasan, keterlibatan masyarakat dan pengembangan berkelanjutan. Pengelolaan MPA selama ini masih memiliki keterbatasan serta kelemahan dalam pengelolaannya.

Marine Protected Area (MPA) merupakan salah satu wilayah konservasi yang berfungsi sebagai daerah perlindungan laut dan upaya perlindungan habitat, fauna, flora disekitar perairan atau daerah pesisir. Pentingnya daerah konservasi ini untuk menjadi keseimbangan ekosistem laut agar dapat lestari dan berkelanjutan (Jiang & Guo, 2023). Pengelolaan MPA merupakan upaya dalam konservasi sumber daya laut yang mencakup perlindungan terhadap ekosistem penting seperti lamun, mangrove, dan terumbu karang. Penerapan sistem zonasi dalam pengelolaan MPA dapat meningkatkan kelimpahan dan biomassa ikan di zona inti dan wisata di banding zona perikanan, serta tingkat kesadaran dan kepatuhan nelayan terhadap aturan zonasi menunjukkan bahwa pengelolaan zonasi di kawasan konservasi dapat berjalan efektif sebagai bagian dari strategi pengelolaan berkelanjutan (Hukom et al., 2019). Model pengelolaan MPA yang sudah diterapkan selama ini pada beberapa wilayah di dunia yaitu model konservasi terpusat, model pengelolaan berbasis masyarakat, model *Co-management* (pengelolaan bersama), dan model pengelolaan adaptif.

Capturing coral reef ecosystem services (CCRES) adalah metode yang dapat digunakan dalam penentuan kawasan konservasi atau *Marine Protected Area*. CCRES memiliki beberapa alat untuk *MPA planning*. Metode ini belum banyak diketahui oleh masyarakat Indonesia. CCRES merupakan proyek yang dipimpin oleh *University of Queensland* dan didanai oleh *World Bank*. Proyek ini melibatkan lebih dari 100 ilmuwan, yang dimulai sejak tahun 2013 dan selesai pada tahun 2018 menghasilkan 16 alat yang dapat digunakan untuk mengelola ekosistem laut dan memberikan arahan untuk pembuat kebijakan. Alat yang dapat

digunakan untuk penentuan MPA antara lain adalah *MPA Size* dan *Fisheries Spatial*. Penentuan MPA menggunakan metode CCRES merupakan alat yang dapat membantu dalam memprediksi dinamika populasi ikan, zona-zona penting, dan mengetahui ukuran optimal suatu MPA (CCRES, 2018).

Pulau Pahawang merupakan salah satu pulau yang ada di Provinsi Lampung. Pulau ini memiliki berbagai jenis ekosistem yang tersedia seperti lamun, mangrove dan terumbu karang. Wisata bahari merupakan daya tarik yang dimiliki oleh Pulau Pahawang. Menurut Radhiansyah & Pribadi (2022), Pulau Pahawang memiliki keindahan bawah laut yang menjadi daya tarik wisatawan seperti ekosistem terumbu karang yang indah sehingga menunjang kegiatan *snorkeling*. Berdasarkan data Badan Pusat Statistika (BPS) Kabupaten Pesawaran (2023), wisatawan yang mengunjungi Pulau Pahawang pada Tahun 2022 mencapai 85.363 orang. Tingginya tekanan aktivitas pariwisata memberikan ancaman terhadap kelestarian ekosistem perairan dan belum adanya sistem pengelolaan MPA yang memadai di sekitar Pulau Pahawang. Hal ini berpotensi menimbulkan ancaman terhadap kelestarian ekosistem pesisir. Penelitian tentang MPA ini belum pernah dilakukan di Pulau Pahawang. Oleh karena itu, diperlukan penelitian terkait dengan pengelolaan MPA di sekitar Pulau Pahawang dan mengetahui dampak yang ditimbulkan dari pengelolaan MPA untuk produksi perikanan.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis estimasi luasan optimal *Marine Protected Area* (MPA) di Pulau Pahawang menggunakan aplikasi *MPA Size tool*
2. Menganalisis skenario zonasi kawasan MPA di Pulau Pahawang menggunakan aplikasi *Fisheries Spatial Model*

1.3 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam menyusun kebijakan terkait dengan *Marine Protected Area*, mengetahui pening-

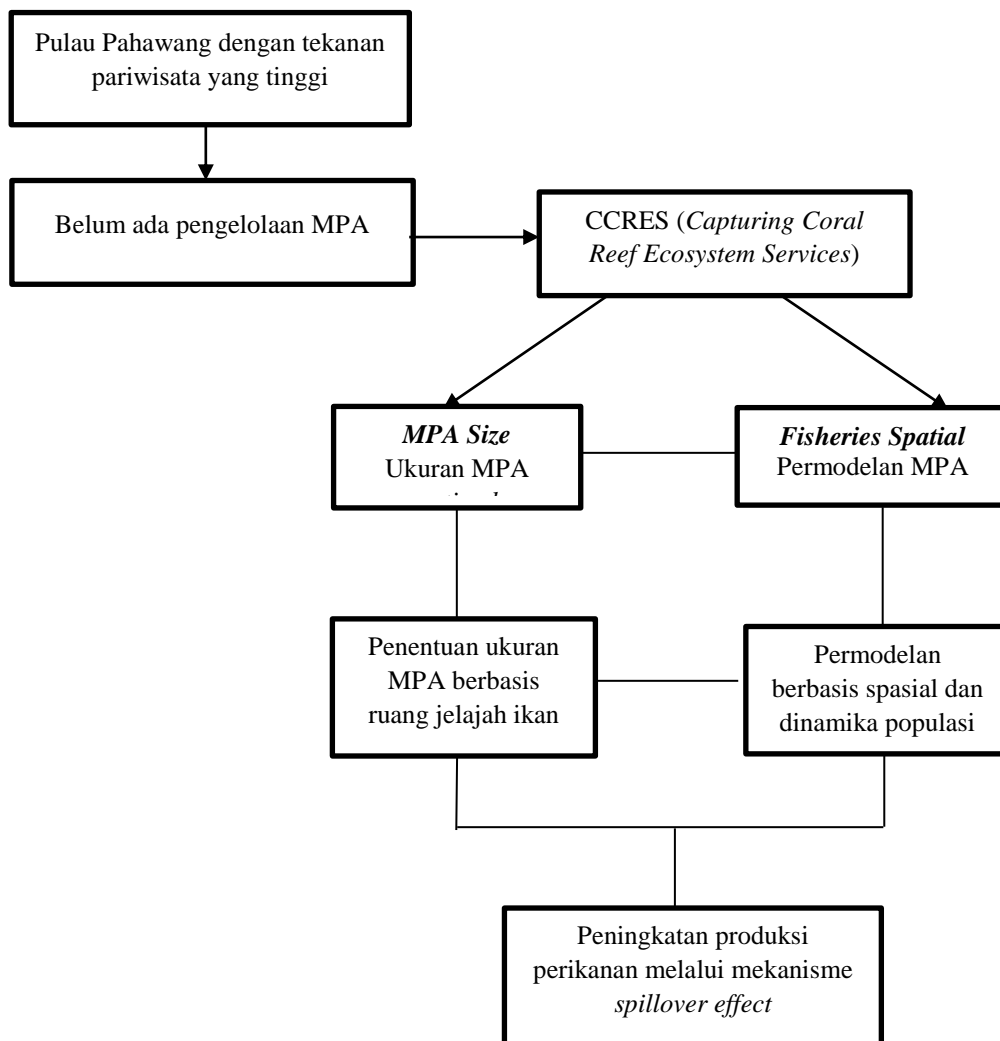
katan produksi perikanan setelah dilakukan MPA, simulasi dalam penerapann MPA, dan rekomendasi untuk keberlanjutan produksi perikanan di Pulau Pahawang.

1.4 Kerangka Pikir

Pulau pahawang merupakan salah satu pulau yang ada di Provinsi Lampung. Pulau ini berada di Kecamatan Marga Punduh, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Pulau ini memiliki 6 dusun yang terbagi menjadi dusun 1,2,3,5, dan 6 terletak di Pahawang Besar sedangkan dusun 4 terletak di Pahawang Kecil. Pulau ini merupakan tempat wisata yang sering dikunjungi oleh turis baik dari lokal, nasional dan internasional. Keindahan bawah laut pulau ini yang sangat menarik sehingga banyak wisatawan datang mengunjungi Pulau Pahawang untuk melihat keindahan bawah lautnya. Wisata bahari merupakan mata pencaharian masyarakat di Pulau Pahawang seperti menjadi *tour guide*, menyewakan villa, berdagang dan aktivitas lainnya yang berkaitan dengan wisata (Putra et al., 2025). Pulau Pahawang memiliki berbagai macam ekosistem seperti mangrove, terumbu karang dan lamun. Wisata bawah air merupakan daya tarik yang dimiliki oleh Pulau Pahawang. Sektor pariwisata merupakan sumber mata pencaharian utama masyarakat di Pulau Pahawang. Perhatian terhadap pengelolaan sumber daya perikanan relatif rendah. Upaya pengelolaan kawasan konservasi di Pulau Pahawang belum efektif dilakukan. Fokus utama dalam penelitian ini Pulau Pahawang diasumsikan menjadi daerah MPA untuk melihat potensi perikananannya.

Marine Protected Area (MPA) atau Kawasan Konservasi Laut (KKL) adalah wilayah perlindungan ekosistem perairan. Kawasan konservasi ini bertujuan untuk melindungi serta mempertahankan keberlanjutan sumberdaya, biota dan ekosistem di dalamnya. *Marine protected area* bertujuan untuk menjaga keanekaragaman hayati serta mencegah eksploitasi berlebihan yang dapat merusak ekosistem laut (Jiang & Guo, 2023). Pentingnya daerah konservasi ini untuk menjadi keseimbangan ekosistem laut agar dapat lestari dan berkelanjutan. Model pengelolaan MPA dilakukan dengan metode CCRES.

Penelitian ini menggunakan metode CCRES (*Capturing Coral Reef Services*) dengan alat atau perangkat lunak *Fisheries Spatial* untuk mengetahui zona-zona penting bagi perikanan dan konservasi serta aplikasi *MPA Size* untuk mengetahui ukuran optimal dari suatu MPA. Perangkat lunak yang digunakan ini bertujuan untuk membuat model pengelolaan MPA yang dapat menjadi sumber acuan bagi pembuat kebijakan serta pengelolaan kawasan Konservasi (Krueck et al., 2017). Upaya pengelolaan MPA menggunakan metode CCRES ini bertujuan untuk melihat dampak yang ditimbulkan terhadap produksi perikanan dan potensi perikanan di Pulau Pahawang.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Marine Protected Area* (MPA) atau Kawasan Konservasi Perairan (KKP)

Marine protected area (MPA) atau Kawasan Konservasi Perairan (KKP) adalah kawasan yang bertujuan untuk melindungi keanekaragaman hayati pada suatu perairan. Keanekaragaman hayati adalah ketersediaan keanekaragaman sumber daya hayati baik berupa jenis maupun plasma nutfah, keanekaragaman antar jenis dan keanekaragaman ekosistem (Handayani & Amanah, 2018). Kawasan konservasi merupakan kawasan yang dilindungi, dikelola dengan sistem zonasi yang terdiri dari zona inti, pemanfaatan terbatas dan zona lainnya. Kawasan konservasi berfungsi untuk mewujudkan pengelolaan sumber daya ikan, keanekaragaman hayati dan lingkungannya secara berkelanjutan (KKP, 2020). Peraturan tentang kawasan konservasi perairan ada pada Peraturan Pemerintah No.60 Tahun 2007 yang mengatakan bahwa pembentukan kawasan konservasi adalah *bottom up* dengan prinsip kolaborasi (Suraji et al., 2014). Pengembangan kawasan konservasi menargetkan ekosistem pesisir dan pulau-pulau kecil, terutama terumbu karang, mangrove, lamun dan biota laut yang terancam punah, langka dan endemik (Rusandi et al., 2021).

Kawasan konservasi adalah wilayah laut yang dilindungi dari aktivitas yang dapat merusak ekosistem, tujuannya untuk melestarikan sumber daya alam dan keanekaragaman hayati. Keanekaragaman hayati (*biodiversity*) memiliki peran yang sangat penting dalam keseimbangan ekosistem (Cardinale et al., 2012). Kawasan konservasi di Indonesia dibagi atas beberapa tipe yaitu taman nasional, taman laut, cagar alam dan suaka margasatwa, tipe ini dibagi dengan tujuan yang spesifik dan pengelolaan yang berbeda. Indonesia memiliki kawasan konservasi dengan luas 27.4 juta ha, yang terdiri dari 50 taman nasional, 250 cagar alam, 75 suaka margasatwa, 115 taman wisata alam, 23 taman hutan raya dan 13

taman buru serta kawasan perairan laut (Nugroho, 2017).

Kawasan Konservasi Perairan (KKP) adalah kawasan perairan yang dilindungi, dikelola dengan sistem zonasi yang bertujuan untuk mewujudkan pengelolaan sumber daya ikan dan lingkungan secara berkelanjutan. Berdasarkan Undang-Undang Nomor 31 Tahun 2004 tentang perikanan mengkategorikan kawasan konservasi menjadi 4, yaitu: (a) Taman Nasional Perairan, (b), Suaka Alam Perairan, (c) Taman Wisata Perairan, (d) Suaka Perikanan. Kawasan konservasi perairan dibentuk untuk mencapai berbagai tujuan, di antaranya adalah untuk melindungi spesies dan habitat laut, melestarikan keanekaragaman hayati laut, memulihkan stok perikanan, mengelola kegiatan pariwisata, dan meminimalkan konflik di antara pengguna sumberdaya yang beragam (Juliyanto et al., 2019).

Model pengelolaan konservasi terpusat merupakan model pengelolaan yang sering diterapkan dibawah kendali pemerintah pusat dengan pendekatan *top-down*. Kekurangan model pengelolaan ini adalah kurang melibatkan partisipasi masyarakat sehingga bisa menimbulkan konflik antara kebutuhan ekonomi masyarakat dengan upaya konservasi (Kusumawati & Huang, 2015). Model pengelolaan lainnya yang biasa diterapkan dalam pengelolaan konservasi adalah model pengelolaan berbasis masyarakat. Menurut Cinner et al. (2012), model pengelolaan berbasis masyarakat ini melibatkan masyarakat dalam pengelolaan MPA, seperti perencanaan, implementasi dan pengawasan. Kelemahan dalam model pengelolaan ini adalah potensi konflik antara pemangku kepentingan jika MPA tidak dikelola dengan baik.

2.2 Pengelolaan *Marine Protected Area* Terhadap Produksi Perikanan

Penetapan kawasan konservasi dapat efektif sebagai alat pengelolaan sumber daya pesisir dan laut, kawasan ini merupakan tempat perlindungan bagi ikan-ikan ekonomis penting untuk memijah dan berkembang biak dengan baik. Kawasan perairan yang dilindungi, dikelola dengan sistem zonasi, untuk mewujudkan pengelolaan sumberdaya ikan dan lingkungannya secara berkelanjutan. Jika sumberdaya ikan dan lingkungannya lestari maka pemanfaatannya juga akan berlanjut terus dan akan menghasilkan sumberdaya yang melimpah (Febriani &

Hafsar, 2020). Kawasan konservasi perairan memiliki peran penting dalam melindungi ekosistem serta sumber daya hayati laut, pada beberapa kasus terjadi peningkatan atau perbaikan perikanan pesisir dan laut karena peran dari kawasan konservasi. Peningkatan produksi perikanan merupakan dampak yang ditimbulkan dari pengelolaan kawasan konservasi selain itu dampak sosial ekonomi yang ditimbulkan lainnya adalah meningkatkan pendapat dan menjaga ketahanan pangan negara (Dangeubun et al., 2011).

Marine Protected Area memiliki banyak manfaat yang dapat membantu pengelolaan sumberdaya kelautan dalam jangka panjang diantaranya manfaat biogeografi dan peningkatan produktifitas perairan (Elinur et al., 2010). Perlindungan ekosistem laut yang dibatasi dengan dibentuknya zona-zona serta aturan yang berlaku untuk melindungi sumber daya laut. Kawasan konservasi perairan adalah kawasan perairan yang dilindungi, dikelola dengan sistem zonasi, untuk mewujudkan pengelolaan sumberdaya ikan, dan lingkungannya secara berkelanjutan. Zona yang dibentuk pada kawasan konservasi antara lain adalah zona inti, zona rehabilitasi dan zona pemanfaatan, fungsinya adalah membatasi aktivitas yang akan dilakukan di zona tersebut. Penetapan zona inti merupakan bagian dari kegiatan penentuan zonasi di suatu daerah tertentu untuk menjaga dan terpeliharanya sumberdaya ikan yang ada pada zona inti yang ditetapkan (Febriani & Hafsar, 2020). Pengelolaan MPA akan meningkatkan produksi perikanan karena hasil rekrutmen dari zona inti akan menyebar ke kawasan yang tidak dilakukan pengelolaan, sehingga produksi perikanan di sekitar kawasan konservasi akan meningkat.

Pengelolaan *Marine Protected Area* dianggap sebagai pendorong utama yang menjadi dasar keberlanjutan sumber daya laut. Ide pengembangan yang sudah ada dilakukan secara bersama-sama tetapi masih kurang sederhana dan belum terlalu jelas. Pengelolaan *Marine Protected Area* menjadi masalah yang kompleks untuk dibahas dikarenakan menyangkut kelestarian lingkungan dan pengembangan pola pikir masyarakat termasuk kawasan lindung (Rizki, 2024). *Marine Protected Area* memiliki banyak manfaat signifikan yang akan membantu pengelolaan sumber daya kelautan jangka panjang (Dalimunthe et al., 2017). Prinsip *Marine Protect Area* adalah *spillover effect* atau dampak limpahan dimana

kawasan dilindungi. Stok ikan akan tumbuh dengan baik dan kelimpahan dari pertumbuhan atau peningkatan produksi perikanan akan menyebar ke luar kawasan yang dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan tanpa mengurangi sumber pertumbuhan yang dilindungi (Rizki, 2024).

2.3 Efektivitas Kawasan *Marine Protected Area*

Efektivitas konservasi bergantung pada konfigurasi spasial kawasan. Struktur zonasi dengan pembagian area inti, area pemanfaatan terbatas, serta area penyangga memengaruhi intensitas tekanan ekologis yang masuk ke dalam kawasan. Menurut Ohayon et al. (2021), adanya *edge effect* pada sebagian besar MPA. *Edge effect* menggambarkan kondisi biomassa ikan pada batas kawasan yang lebih rendah dibandingkan area inti. Tekanan penangkapan di luar kawasan menunjukkan pengaruh langsung terhadap penurunan biomassa pada wilayah perbatasan. Kondisi tersebut menegaskan pentingnya luas zona inti yang memadai. Zona penyangga memberikan fungsi perlindungan tambahan melalui reduksi tekanan penangkapan terhadap organisme yang bermigrasi.

Efektivitas peningkatan produksi perikanan melalui MPA juga dipengaruhi faktor sosial dan tata kelola. Menurut Abdurrahim et al. (2022), peran masyarakat lokal dalam pengawasan dan kepatuhan terhadap zonasi menjadi kunci keberhasilan MPA. Minimnya partisipasi masyarakat sering menjadi penyebab kegagalan MPA karena tingginya tingkat pelanggaran. Pentingnya partisipasi masyarakat dalam efektivitas pengelolaan MPA juga diperlukan dalam mendukung keberhasilan kawasan MPA.

Desain kawasan konservasi perairan memiliki peran fundamental terhadap efektivitas perlindungan ekologis. Ukuran kawasan, zonasi kawasan, serta umur kawasan memberikan kontribusi langsung terhadap tingkat keberhasilan konservasi. Menurut Smith et al. (2025), memberikan bukti bahwa manfaat ekologis MPA mengalami peningkatan signifikan seiring bertambahnya usia kawasan. Peningkatan biomassa ikan terjadi melalui proses pemulihan populasi yang berlangsung secara gradual. Populasi ikan bernilai ekonomi tinggi menunjukkan respons

lambat sehingga memerlukan rentang waktu panjang sebelum mencapai kondisi stabil.

MPA memiliki dampak signifikan terhadap peningkatan stok ikan melalui mekanisme perlindungan habitat serta penurunan tingkat eksploitasi. Cheung et al. (2024), membuktikan bahwa MPA mampu berkontribusi dalam pemulihan stok ikan, terutama ketika dikombinasikan dengan pengelolaan yang adaptif terhadap perubahan iklim. MPA berfungsi sebagai *refuge* yang memberikan kesempatan bagi ikan untuk tumbuh hingga ukuran dewasa dan bermigrasi keluar melalui proses *spillover*. *Spillover* merupakan manfaat utama MPA terhadap produksi perikanan. Perpindahan biomass ikan dari area MPA ke area sekitar yang tidak dilindungi memengaruhi produksi perikanan di sekitar MPA. *Spillover* sangat bergantung pada ukuran MPA dan mobilitas ikan. Kawasan MPA tidak selalu menghasilkan manfaat *spillover* yang signifikan, terutama jika ukuran MPA terlalu kecil atau tekanan penangkapan terlalu tinggi di sekitarnya. MPA harus dirancang dengan mempertimbangkan *home range spesies* target dan kebutuhan habitatnya (Morano, 2025).

2.4 Capturing Coral Reef Ecosystem Service (CCRES)

Capturing coral reef ecosystem services (CCRES) merupakan metode baru dalam penelitian MPA. CCRES ini merupakan proyek internasional yang dilakukan oleh *University of Queensland* Australia, menghasilkan 16 alat yang berfungsi dalam membantu pengelolaan sumber daya laut dan menjadi acuan dalam pengambilan keputusan dan pembuatan kebijakan terkait dengan *Marine Protected Area*. Menurut Arkema et al. (2015), metode CCRES membantu dalam mengidentifikasi hubungan antara jasa ekosistem terumbu karang dengan kesejahteraan ekonomi lokal serta sektor perikanan dan pariwisata. Alat yang ada pada CCRES membantu dalam pengelolaan sumber daya perikanan serta dapat memberikan gambaran atau simulasi yang akan terjadi pada masa yang akan datang seperti perubahan lingkungan, hasil tangkapan, dinamika populasi ikan, serta penentuan ukuran MPA yang baik.

Capturing coral reef ecosystem services (CCRES) menghasilkan sebanyak 16 perangkat analisis dikembangkan dalam rangka mendukung berbagai kebutuhan pengelolaan ekosistem pesisir, yang secara umum dapat dikelompokkan menjadi beberapa kategori utama, meliputi *marine planning*, *ecosystem modelling*, *systems analysis*, serta *business and behaviour change*. Kelompok *marine planning* berfokus pada desain dan optimasi sistem MPA yang efektif secara ekologis dan sosial, termasuk penentuan luas, lokasi, dan struktur zonasi kawasan konservasi laut. Kelompok *ecosystem modelling* memproyeksikan perubahan kondisi fisik dan biologis terumbu serta jasa ekosistem yang diberikan, sedangkan kelompok *systems analysis* menyediakan kerangka untuk mengevaluasi interaksi antara manusia, aktivitas penangkapan, dan kondisi sumber daya laut. Selain itu, kelompok *business and behaviour change* dirancang untuk membantu pembangunan ekonomi berbasis sumber daya laut sekaligus mendorong perubahan perilaku masyarakat pesisir menuju praktik yang lebih berkelanjutan.

Permodelan MPA menggunakan CCRES *tools* untuk membuat model pengelolaan perikanan di Pulau Pahawang. Aplikasi yang digunakan dalam pembuatan model adalah aplikasi *MPA size*, *Fisheries Spatial Model*, dan *Fish Space*. Aplikasi ini memiliki fungsi yang berbeda dan berhubungan satu sama lain dalam membentuk model pengelolaan. *MPA size* memberikan informasi ukuran optimal suatu MPA terhadap biomass yang dilindungi, *Fisheries Spatial Model* memberikan informasi perkembangan biomass di lokasi MPA dan *Fish Space* memberikan informasi dampak MPA terhadap biomass sampai beberapa tahun kedepan. Ketiga aplikasi ini saling berhubungan membantu merumuskan kebijakan yang kuat secara ekologis sekaligus berkelanjutan secara sosial. Menurut Thomas et al. (2020) pendekatan *multi-tools* seperti CCRES diperlukan untuk mengurangi ketidakpastian dalam pengelolaan kawasan konservasi, terutama di wilayah tropis yang memiliki keragaman hayati tinggi dan tekanan antropogenik yang kompleks.

2.4.1 MPA Size

MPA Size merupakan alat yang digunakan untuk menentukan ukuran kawasan konservasi yang optimal berdasarkan parameter ekologis seperti *home range*, pola pergerakan ikan, laju pertumbuhan, dan mortalitas. Alat ini membantu memprediksi apakah MPA dengan ukuran tertentu dapat melindungi siklus hidup spesies target secara efektif. Menurut Pandolfi et al. (2003), ukuran MPA berhubungan langsung dengan efektivitas perlindungan, karena spesies dengan mobilitas tinggi membutuhkan ukuran zona inti yang lebih luas agar dapat memperoleh manfaat konservasi yang maksimal. Penggunaan *MPA Size* memiliki peran penting karena memungkinkan penentuan ukuran MPA yang tidak bersifat spekulatif, tetapi didasarkan pada data ilmiah yang terukur, seperti biomassa ikan, luas terumbu karang, dan parameter ekologis spesies yang diamati. Perangkat ini digunakan untuk pertimbangan ukuran zona inti (*reserve*) yang sesuai dengan sumber daya ikan yang ada dalam kawasan konservasi. Perangkat ini mempertimbangkan informasi dari karakteristik spesies ikan berupa *mean home range* (rerata jarak ruaya spesies ikan), *fish density* (kelimpahan spesies ikan per meter persegi yang ditemukan dalam calon kawasan konservasi) dan *fish length* (panjang maksimum spesies ikan tertentu) dapat digunakan sebagai nilai untuk memprediksi ukuran zona larang tangkap yang efektif di tiap level perlindungan (Krueck et al., 2017).

2.4.2 Fisheries Spatial Model

Fisheries Spatial Model adalah alat pemodelan spasial yang digunakan untuk mensimulasikan dinamika perikanan berdasarkan lokasi, intensitas penangkapan, kondisi habitat, dan kebijakan pengelolaan. Model ini membantu memprediksi bagaimana perubahan tata ruang atau zonasi MPA memengaruhi produksi perikanan jangka panjang. Arkema et al. (2015) menjelaskan bahwa aplikasi ini dapat memperlihatkan hubungan langsung antara kondisi terumbu karang, tekanan penangkapan, dan hasil tangkapan, sehingga pengelola dapat mengidentifikasi skenario pengelolaan terbaik. *Fisheries Spatial Model* sangat relevan

pada penelitian di Pulau Pahawang karena wilayah ini memiliki intensitas aktivitas wisata dan perikanan skala kecil yang tinggi. Aplikasi ini juga memperlihatkan mekanisme *spillover* dari zona inti menuju daerah pemanfaatan, sehingga dapat menjelaskan peningkatan produksi perikanan di luar MPA.

2.5 Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Pulau Pahawang yang terletak di Kecamatan Marga Punduh, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Penelitian dilakukan di Pulau Pahawang Besar yang terdiri dari 5 dusun, Dusun I Suak Buah, Dusun II Penggetahan, Dusun III Jeralangan, Dusun V Pahawang, dan Dusun VI Cukuh Nyai. Pulau ini memiliki luas kurang lebih 1.084 hektar (ha). Pulau Pahawang merupakan salah satu destinasi wisata bahari yang terkenal di Provinsi Lampung.

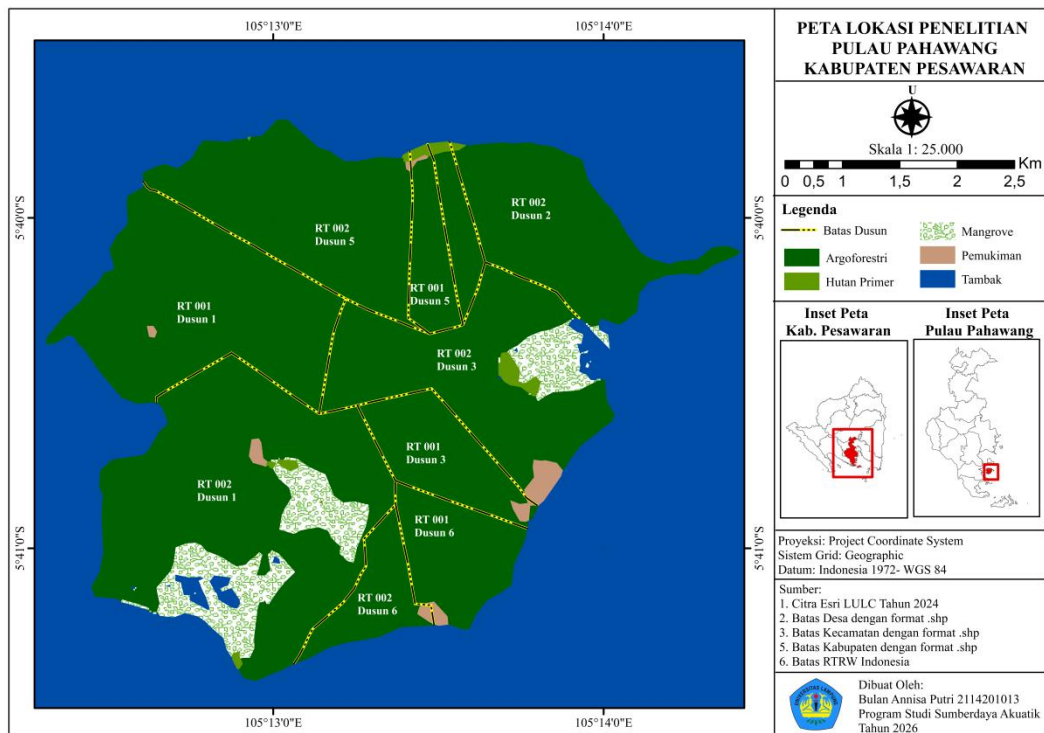
Pulau Pahawang dikenal dengan keindahan ekosistem lautnya, terutama terumbu karang dan biota laut yang beragam, sehingga menjadi salah satu destinasi wisata bahari unggulan di Lampung. Kondisi geografis pulau didominasi oleh pantai berpasir putih, perairan dangkal dengan ekosistem lamun. Akses menuju pulau dapat ditempuh melalui dermaga Ketapang dengan waktu perjalanan sekitar 30–45 menit menggunakan perahu motor, menjadikan lokasi ini cukup strategis untuk kegiatan pariwisata, penelitian, maupun pengelolaan sumber daya laut. Pulau Pahawang juga memiliki fungsi ekologis yang penting sebagai habitat bagi berbagai jenis ikan karang dan biota laut lainnya. Sebagian masyarakat setempat menggantungkan hidup pada sektor pariwisata, jasa transportasi laut, serta pengelolaan *homestay*, meskipun masih ada aktivitas perikanan skala kecil.

Upaya perlindungan dan pengelolaan wilayah pesisir dan laut di Pulau Pahawang dilakukan oleh Pemerintah Desa Pulau Pahawang yang mengatur pembatasan aktivitas di kawasan pesisir, termasuk perlindungan hutan mangrove serta pengendalian kegiatan yang berpotensi mengganggu ekosistem laut. Implementasi kebijakan tersebut dijalankan melalui kegiatan-kegiatan konservasi seperti monitoring kondisi terumbu karang.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di perairan Pulau Pahawang pada bulan Oktober – November 2024, Kecamatan Marga Punduh, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Lokasi penelitian ini terletak di Pulau Pahawang Besar di 5 dusun, Dusun I Suak Buah, Dusun II Penggetahan, Dusun III Jeralangan, Dusun V Pahawang dan Dusun VI Cukuh Nyai. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada (Gambar 2).



Gambar 2. Peta lokasi penelitian.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada (Tabel 1).

Tabel 1. Alat dan fungsi yang digunakan dalam penelitian

No	Alat	Fungsi
1	Perangkat keras Laptop	Pengolahan dan analisis data, serta pembuatan laporan penelitian
2	Perangkat lunak <i>ETGeo Wizards</i>	Plugin
3	Perangkat lunak Arcmap 10.8	Pembuatan grid
4	Perangkat lunak <i>Fisheries Spatial</i>	Penentuan zona zona
5	Perangkat lunak <i>MPA Size</i>	Penentuan ukuran optimal suatu <i>Marine Protect Area</i>
6	Perangkat lunak Microsoft Word 2013	Pembuatan laporan penelitian
7	Perangkat lunak Microsoft Exel 2013	Pengolahan data awal
8	<i>Underwater camera</i>	Dokumentasi dan pengambilan gambar ikan karang
9	Alat dasar selam	Alat bantu saat pengambilan sampel
10	Kamera	Dokumentasi
11	<i>Flasdisk</i>	Penyimpanan data lapangan
12	<i>Google earth</i>	Kebutuhan pembuatan peta
13	<i>Allen coral atlas</i>	Kebutuhan data spasial
14	Alat tulis	Pencatatan

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada (Tabel 2).

Tabel 2. Bahan dan fungsi yang digunakan dalam penelitian

No	Bahan	Fungsi
1	Kuisisioner	Bahan acuan dalam wawancara responden
2	Data lapangan	Sumber informasi
3	Data spasial	Data untuk <i>Fisheries Spatial Model</i>
4	Data sekunder	Sumber informasi

3.3 Metode Pengumpulan Data

1. Wawancara

Penulis melakukan wawancara kepada pihak yang berwenang sesuai dengan kuisisioner atau data yang dibutuhkan untuk penelitian. Wawancara dilakukan dengan masyarakat setempat di Pulau Pahawang. Wawancara bertujuan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam penelitian.

2. Observasi

Penulis mengamati secara langsung lokasi penelitian yaitu di Pulau Pahawang Kecamatan Marga Punduh, Kabupaten Pesawaran, Lampung. Observasi dilakukan dengan cara pengamatan secara langsung untuk melihat ekosistem dan keadaan nyata di Pulau Pahawang. Observasi ini bertujuan untuk acuan dalam pembuatan model pengelolaan *Marine Protected Area*.

3. *Underwater Visual Census*

Penulis melakukan pengamatan ikan karang dengan metode UVC (*Underwater Visual Census*) di lokasi penelitian yaitu Pulau Pahawang Kecamatan Marga Punduh, Kabupaten Pesawaran, Lampung. Pengamatan dilakukan secara langsung di beberapa titik Pulau Pahawang. *Underwater visual census* bertujuan untuk melihat kondisi ikan karang, identifikasi jenis, dan kelimpahan ikan karang di Pulau Pahawang untuk menentukan luasan MPA yang optimal.

4. Data Spasial

Penulis mencari berbagai sumber data spasial terkait dengan *Marine Protected Area* di berbagai sumber di internet seperti pada website *allen coral atlas*, google earth dan sumber lainnya yang dijadikan sebagai data awal dalam menentukan kawasan MPA di Pulau Pahawang. Data spasial ini digunakan sebagai sumber data awal dalam menentukan *planning unit*, batas wilayah MPA dan permodelan MPA yang akan dibuat di Pulau Pahawang.

5. Kepustakaan

Penulis mencari berbagai sumber yang terkait dengan *Marine Protected Area* di berbagai sumber seperti karya ilmiah, jurnal, dan lain-lain yang dijadikan sebagai rujukan dalam membantu pengolahan data dan pembuatan laporan.

3.4 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *CCRES tools* dengan fokus 2 aplikasi utama yaitu *MPA size* dan *fisheries spatial model* yang bertujuan untuk membuat permodelan kawasan *Marine Protected Area* di Pulau Pahawang dan melihat dampak dari kawasan tersebut terhadap produksi perikanan di Pulau Pahawang. Data yang dikumpulkan akan menggambarkan ukuran MPA yang optimal, grafik hubungan ukuran MPA terhadap persentase biomass yang terlindungi, grafik total biomass selama periode simulasi dan grafik perkembangan total biomass di lokasi *planning unit*, grafik jarak tempuh nelayan, grafik perubahan biomass di dalam MPA dan non-MPA dan grafik total tangkapan ikan per periode. Hasilnya adalah skenario permodelan MPA yang optimal untuk beberapa tahun kedepan terhadap produksi perikanan di Pulau Pahawang.

3.4.1 Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari observasi langsung ke Pulau Pahawang untuk mengambil data kuisisioner, ekosistem lamun, mangrove dan terumbu karang. Data kuisisioner dibutuhkan untuk mengetahui apakah Pulau Pahawang memiliki kawasan konservasi atau tidak, mewawancarai responden terkait dengan produksi perikanan selama ini dan pertanyaan lainnya yang dapat membantu penelitian. Pengumpulan data ekosistem lamun, mangrove dan terumbu karang dilakukan oleh tim penelitian yang lainnya yang kemudian data tersebut akan digunakan pada aplikasi *CCRES*. Data sekunder didapatkan dari data pustaka, jurnal, artikel ilmiah, data spasial, data peta, dan data lainnya yang dapat diakses

di internet dan dapat menunjang penelitian. Data yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada (Tabel 3).

Tabel 3. Data dan sumber yang digunakan dalam penelitian

No.	Data	Sumber
1	Kuisisioner	Wawancara
2	Ikan karang	Observasi langsung dengan metode UVC
3	L_{max} (<i>Max fish body length</i>)	<i>Fishbase</i>
4	Parameter a dan b	<i>Fishbase</i>
5	<i>Fish density</i>	Hasil ikan karang
6	<i>Home range</i>	Hasil L_{max} dan parameter a dan b
7	<i>Fishing effort</i> (jumlah trip melaut, jumlah kapal, jenis alat tangkap, jumlah nelayan)	Kuisisioner
8	<i>Planing units</i>	MPA size, habitat grid dan data nelayan
9	Habitat grid (data spasial)	<i>Allen coral atlas</i>

3.4.2 Permodelan *Marine Protected Area*

3.4.2.1 *MPA Size*

MPA size adalah salah satu CCRES *tools* yang fungsinya adalah menentukan ukuran MPA yang optimal berdasarkan jenis ikan, rata-rata wilayah jelajah ikan (*mean home range*), L_{max} , dan *fish density*. Hasil analisis tersebut akan menampilkan grafik ukuran MPA optimal (*required size of reserve*) yang kemudian data tersebut dapat digunakan untuk aplikasi *fisheries spatial model* dan *fish space*.

Mean *home range* (HR) adalah rata-rata wilayah jelajah ikan yang digunakan untuk mencari makan, berlindung, dan berkembang biak. Pentingnya mengetahui *home range* untuk menentukan ukuran dan penempatan zona perlindungan di kawasan konservasi laut agar fungsi ekologis dan proses rekrutmen spesies tetap terjaga. Persamaan untuk menghitung *home range* adalah sebagai berikut (Nash et al., 2015):

$$HR = a \times L_{max}^b$$

Keterangan:

HR : *Home range* (m)

a,b : Parameter spesifik spesies (data fishbase)

L_{max} : Panjang total ikan (cm)

Fish density atau kerapatan ikan merupakan ukuran jumlah individu ikan yang terdapat dalam suatu satuan luas atau volume perairan, berfungsi untuk menggambarkan kelimpahan relatif serta kondisi ekosistem terumbu karang. Nilai kerapatan ikan menjadi indikator penting untuk menilai kesehatan ekosistem laut dan efektivitas kawasan konservasi karena berkaitan erat dengan produktivitas perairan serta tekanan penangkapan ikan. Menurut Hill & Wilkinson., (2004) variasi kerapatan ikan karang dapat dipengaruhi oleh tipe habitat, kesehatan terumbu karang, tingkat kerusakan ekosistem, dan intensitas aktivitas manusia di sekitarnya. Persamaan untuk menghitung *fish density* adalah sebagai berikut (Hill & Wilkinson., 2004):

$$D = \frac{N_i}{A}$$

Keterangan:

D : Kerapatan individu (ind/m²)

N_i : Jumlah individu (ind)

A : Luas area (m²) : L x W

L : Panjang transek (m²)

W : Lebar pengamatan (m²)

1. *Input data*

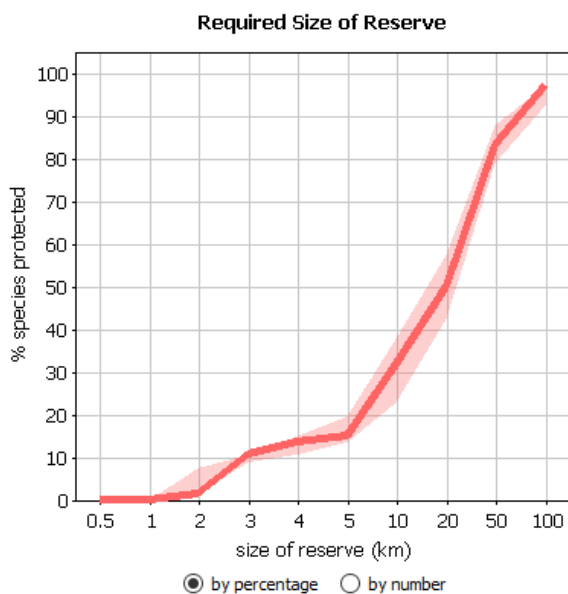
Data yang dibutuhkan dalam aplikasi MPA size adalah data spesies ikan, mean *home range*, L_{max} (*Max fish body length*), dan *fish density*. Data yang di masukan kemudian akan di running menggunakan aplikasi MPA Size untuk mengetahui ukuran optimal kawasan MPA yang dibutuhkan. Tampilan input data pada aplikasi MPA Size disajikan pada (Tabel 4).

Tabel 4. Spesies, *mean home range*, *max fish body length*, *fish density* dan *reverse size* dalam aplikasi MPA Size

No	Spesies	Mean Home Range (m)	Max Fish Body Length (cm)	Fish Density (Per m ²)	Reverse Size (50%) (km)
1	<i>Acanthurus blochii</i>	1000	50	0,00267	2,0
2	<i>Acanthurus chirurgus</i>	60	39	0,00354	0,7
3	<i>Acanthurus lineatus</i>	5	38	0,00532	0,1
4	<i>Acanthurus nigrofuscus</i>	5	21	0,00550	0,1
5	<i>Amblygobius phalaena</i>	5	15	0,00187	0,4

2. Output data

Hasil olah data pada aplikasi MPA Size adalah grafik ukuran optimal MPA yang kemudian akan digunakan untuk ukuran optimal MPA pada aplikasi *fisheries spatial model*. Output aplikasi MPA Size disajikan pada (Gambar 3).



Gambar 3. Output MPA Size.

3. Olah data

Dalam pengolahan data pada aplikasi MPA size data yang perlu disiapkan adalah data jenis ikan karang dan *fish density* sumber data dari *Underwater Visual Cencus*, setelah mengetahui jenis ikan karang cari data *Lmax (Max fish body length)* dan *home range* sumber data dari *fish base*. Kemudian data tersebut dibuat dalam bentuk tabel seperti pada (Tabel 4) untuk dimasukkan dalam aplikasi MPA

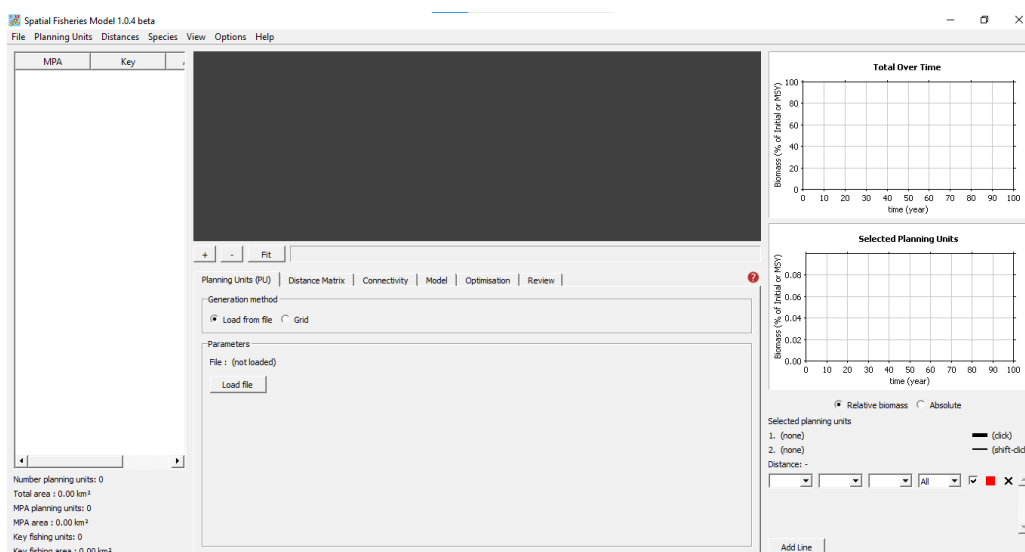
size dan hasil olah data tersebut berupa grafik *reverse of size* yang selanjutnya berfungsi dalam menentukan ukuran optimal MPA yang akan dibuat di Pulau Pahawang.

3.4.2.2 Fisheries Spatial Model

Fisheries Spatial Model adalah aplikasi yang berfungsi untuk membuat permodelan MPA terhadap dinamika populasi ikan. Hasil analisis tersebut akan menampilkan grafik total biomass selama periode simulasi dan grafik perkembangan total biomass di lokasi *planning unit*.

1. Input data

Data yang dibutuhkan dalam aplikasi *fisheries spatial model* adalah data spesies ikan, *planning unit*, dan habitat grid. Tampilan input data pada aplikasi *fisheries spatial model* disajikan pada (Gambar 4).

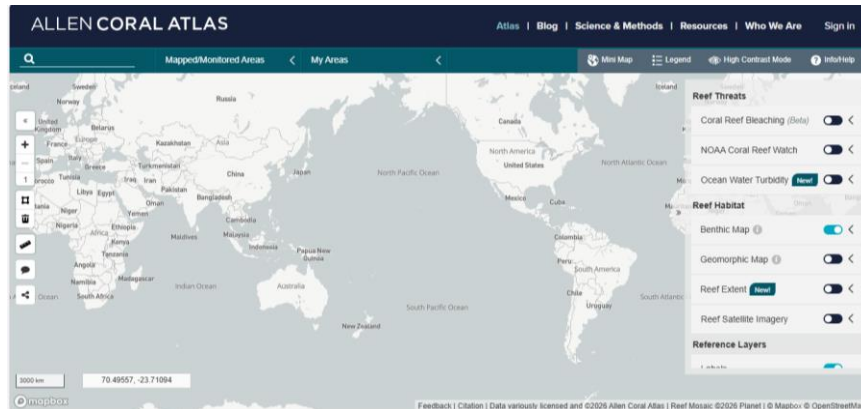


Gambar 4. Tampilan aplikasi *fisheries spatial model*.

Input data pada aplikasi *fisheries spatial model* data yang perlu disiapkan adalah data spasial sumber dari *allen coral atlas*, kemudian data spasial tersebut di olah menjadi *planning unit* menggunakan aplikasi *Arc Map* dengan format shp, setelah itu masukan data shp ke aplikasi *fisheries spatial model* untuk membuat zonasi kawasan MPA. Langkah-langkah olah data pada aplikasi *fisheries spatial model* adalah sebagai berikut:

1. Data Spasial

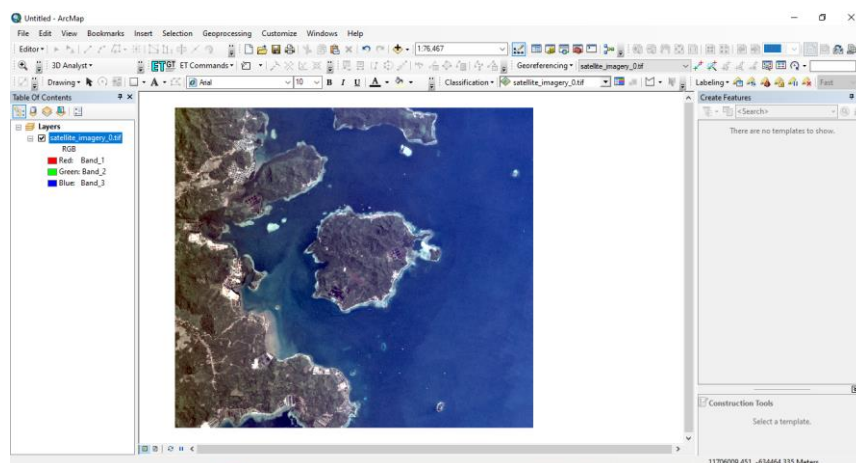
Siapkan data spasial yang di unduh pada website *allen coral atlas* <https://www.allencoralatlas.org/atlas> kemudian cari data spasial pulau pahawang dan unduh data tersebut. Data akan masuk ke alamat email dan bisa langsung di unduh. Tampilan *allen coral atlas* disajikan pada (Gambar 5).



Gambar 5. Tampilan *allen coral atlas* dan email unduhan.

2. Pembuatan Peta Dasar

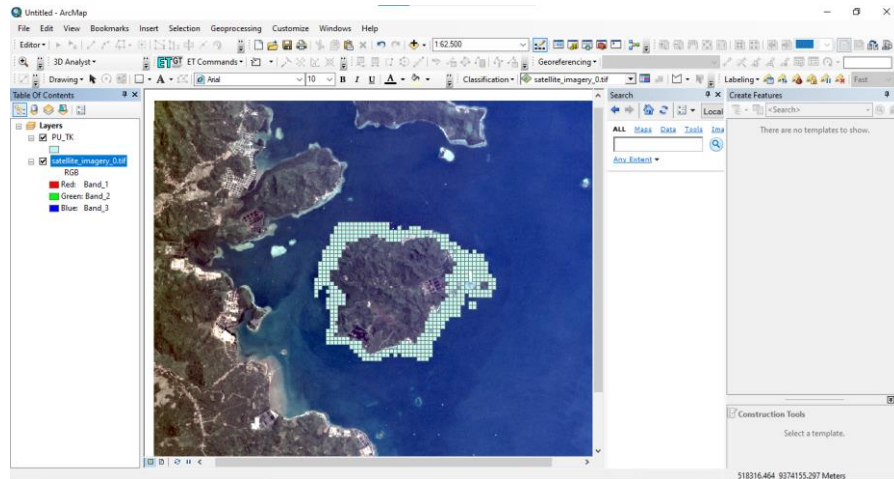
Pembuatan peta dasar dengan sumber data spasial *allen coral atlas* di aplikasi *Arc Map*. Siapkan data yang sudah diunduh pada email, kemudian buka data tersebut di aplikasi *Arc Map* pilih folder Coral-Reefs-2020-Visual-V1-Mosaic dan pilih *satellite_imagery_0.tif*. Tampilan peta dasar pada aplikasi *Arc Map* disajikan pada (Gambar 6).



Gambar 6. Tampilan peta dasar pada aplikasi *Arc Map*.

3. Pembuatan *Planning Unit*

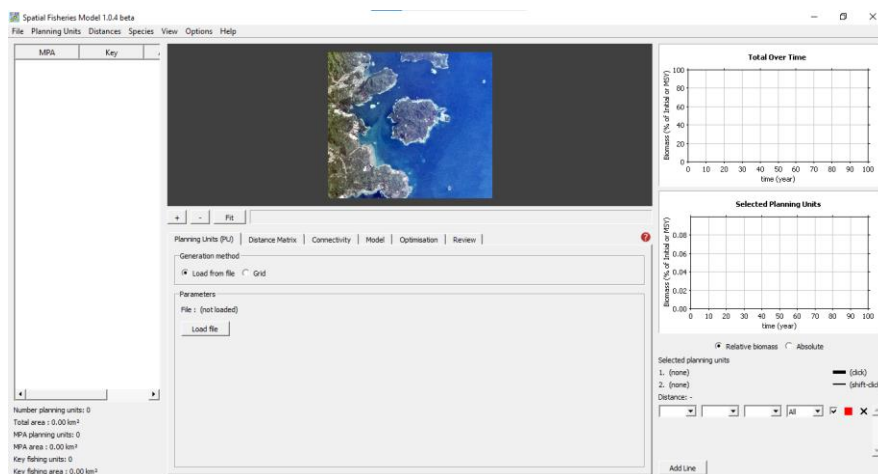
Pembuatan *planning unit* dengan sumber data spasial *allen coral atlas* di aplikasi Arc Map. *Planning unit* dibuat berdasarkan lokasi terumbu karang disekitar Pulau Pahawang. *Planning unit* dengan ukuran $10 \times 10 \text{ M}^2$ sebanyak 428 *planning unit*. Kemudian *save planning unit* dengan format shp. Tampilan *planning unit* pada aplikasi Arc Map disajikan pada (Gambar 7).



Gambar 7. Tampilan *planning unit* pada aplikasi Arc Map.

4. Masukan Data Latar Belakang

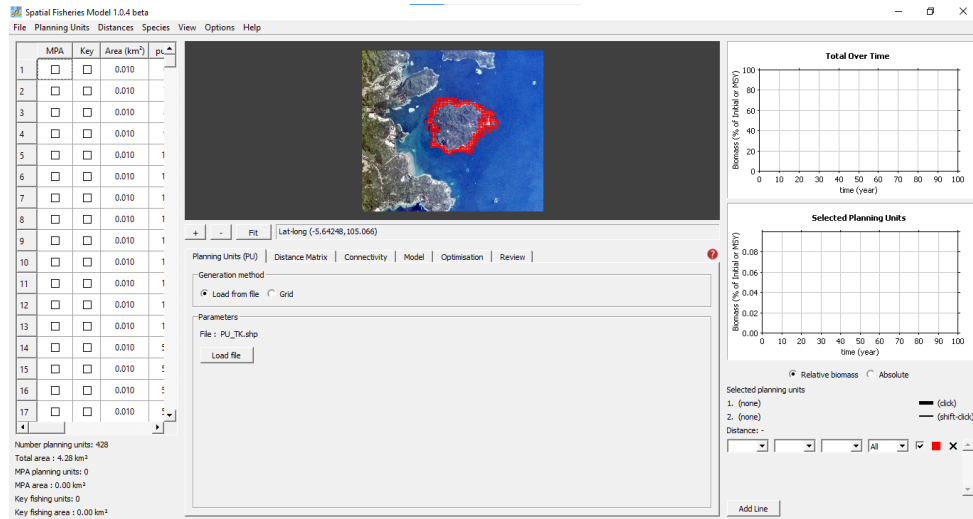
Masukan data latar belakang menggunakan aplikasi *fisheries spatial model*. Klik file pada pojok kiri atas kemudian klik load background image, pilih folder Coral-Reefs-2020-Visual-V1-Mosaic dan pilih satellite imagery 0.tif . Kemudian pilih RGB, *red* 1, *green* 2, dan *blue* 3, klik OK. Tampilan background pada aplikasi *fisheries spatial model* disajikan pada (Gambar 8).



Gambar 8. Tampilan background pada aplikasi *fisheries spatial model*.

5. Masukan Data *Planning Unit*

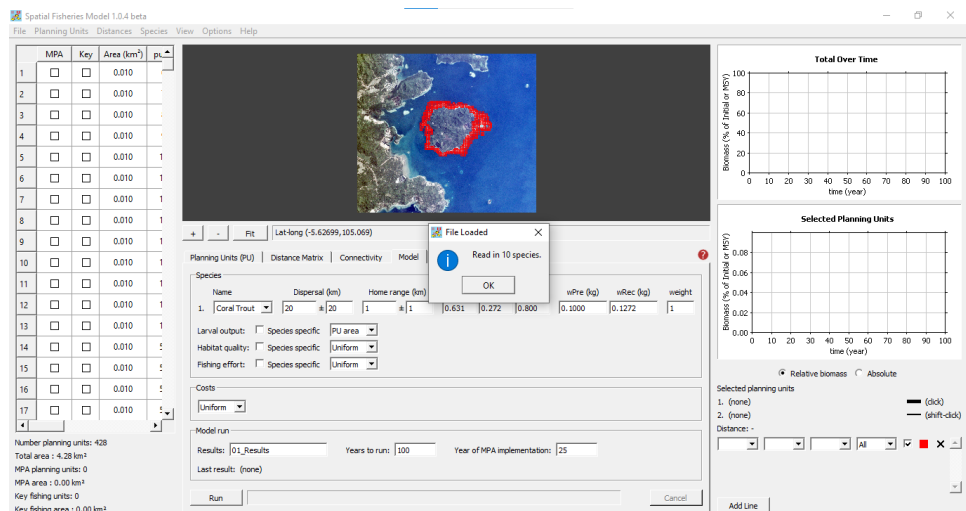
Masukan Data *Planning Unit* yang telah dibuat sebelumnya ke aplikasi *fisheries spatial model*. Klik menu *planning unit* di pojok kiri atas kemudian klik *load planning unit*, pilih *planning unit* yang telah dibuat, Klik OK Tampilan *planning unit* pada aplikasi *fisheries spatial model* disajikan pada (Gambar 9).



Gambar 9. Tampilan *planning unit* pada aplikasi *fisheries spatial model*.

6. *Species List*

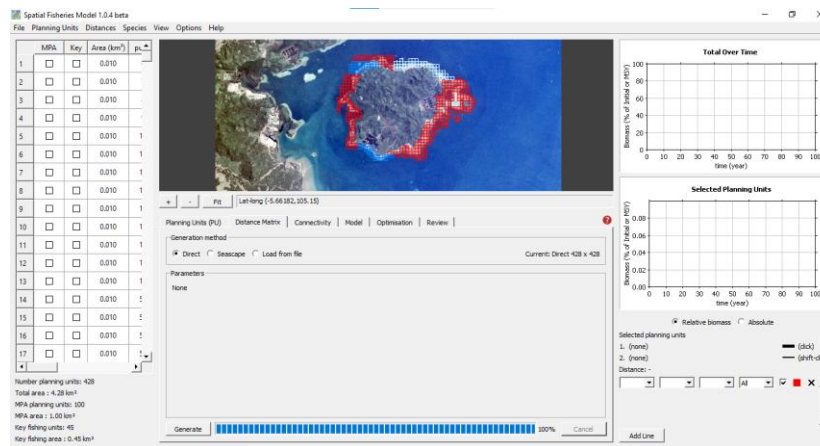
Masukan data *species list* atau data jenis ikan yang sudah didapatkan sebelumnya dari data *MPA size* yang telah dibuat. Klik menu *species*, kemudian *load species list* (format file csv), Klik OK. Tampilan *species* pada aplikasi *fisheries spatial model* disajikan pada (Gambar 10).



Gambar 10. Tampilan *species* pada aplikasi *fisheries spatial model*.

7. Penentuan Area MPA dan *Key Fishing*

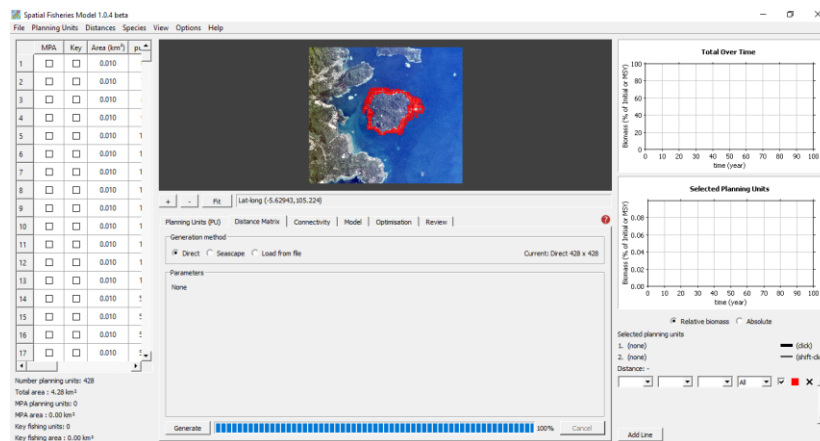
Penentuan area MPA dilakukan dengan mencentang kotak MPA pada pojok kiri sesuai dengan area yang telah ditentukan. Area *key fishing unit* adalah area penangkapan ikan berkelanjutan dan unit area yang akan dipantau produksi perikananannya. Penentuan area *key fishing* dilakukan dengan mencentang kotak *key* pada pojok kiri sesuai dengan area yang telah ditentukan. Tampilan *key fishing* pada aplikasi *fisheries spatial model* disajikan pada (Gambar 11).



Gambar 11. Tampilan MPA dan *key fishing* di aplikasi *fisheries spatial model*.

8. *Distance Matrix*

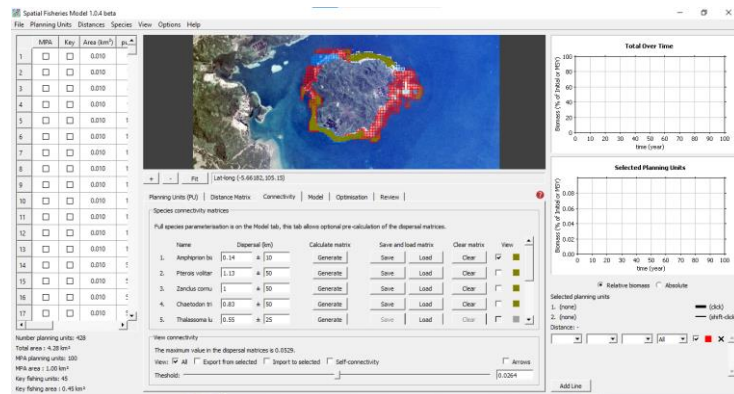
Distance Matrix adalah jarak antara objek satu dengan objek lainnya. Pada penelitian ini *Distance Matrix* berfungsi untuk mengetahui jarak antar larva ikan. Pada aplikasi *fisheries spatial model* klik menu *Distance Matrix*, kemudian klik *direct* dan *generate* sampai 100%. Tampilan *distance matrix* pada aplikasi *fisheries spatial model* disajikan pada (Gambar 12).



Gambar 12. Tampilan *distance matrix* pada aplikasi *fisheries spatial model*.

9. Connectivity

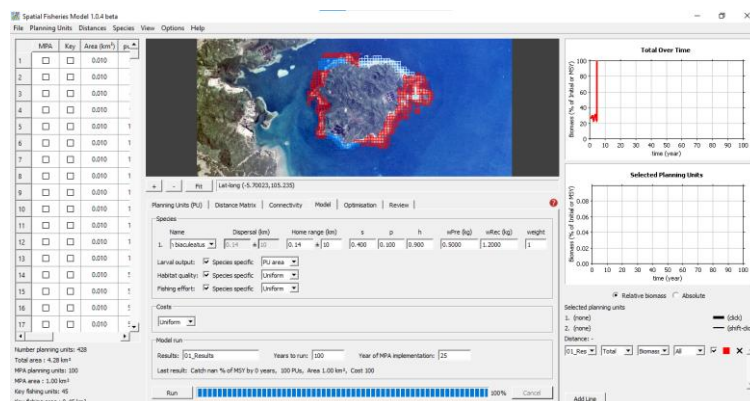
Connectivity atau konektivitas adalah ukuran sejauh mana unit-unit (seperti lokasi, larva ikan, atau habitat) terhubung satu sama lain dalam suatu sistem. Pada penelitian ini *connectivity* berfungsi untuk mengetahui letak larva ikan (*spawning ground*) pada *planning unit* yang telah dibuat. Pada aplikasi *fisheries spatial model* penentuan *connectivity* dapat dicari pada menu *connectivity*. Klik *generate* dan centang kotaknya. Tampilan *connectivity* pada aplikasi *fisheries spatial model* disajikan pada (Gambar 13).



Gambar 13. Tampilan *connectivity* pada aplikasi *fisheries spatial model*.

10. Running Data

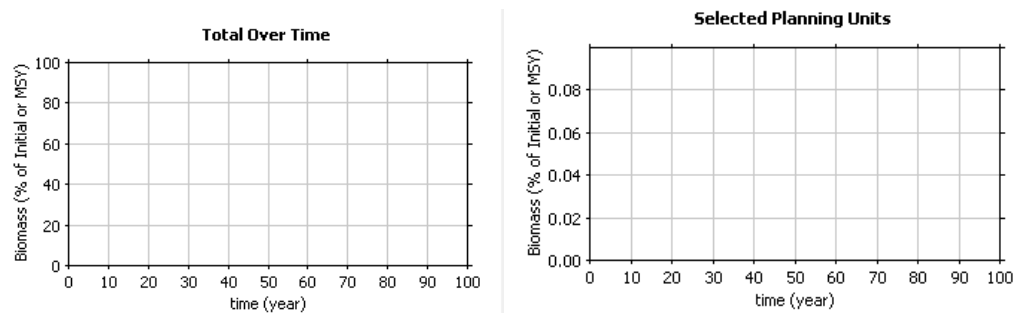
Running data dilakukan pada menu model di aplikasi *fisheries spatial model*. Klik menu model, kemudian tunggu hingga 100%. Hasil dari running permodelan MPA yang dibuat adalah grafik *total over time* yang berfungsi untuk memantau perubahan total biomassa ikan atau hasil tangkapan di seluruh wilayah selama durasi simulasi (10 tahun). Tampilan model pada aplikasi *fisheries spatial model* disajikan pada (Gambar 14).



Gambar 14. Tampilan model pada aplikasi *fisheries spatial model*.

2. Output data

Hasil olah data pada aplikasi *fisheries spatial model* adalah grafik total biomass selama periode simulasi dan grafik perkembangan total biomass di lokasi *planning unit*. Output data pada aplikasi fisheries spatial model disajikan pada (Gambar 15).



Gambar 15. Output fisheries spatial model.

3. Olah data

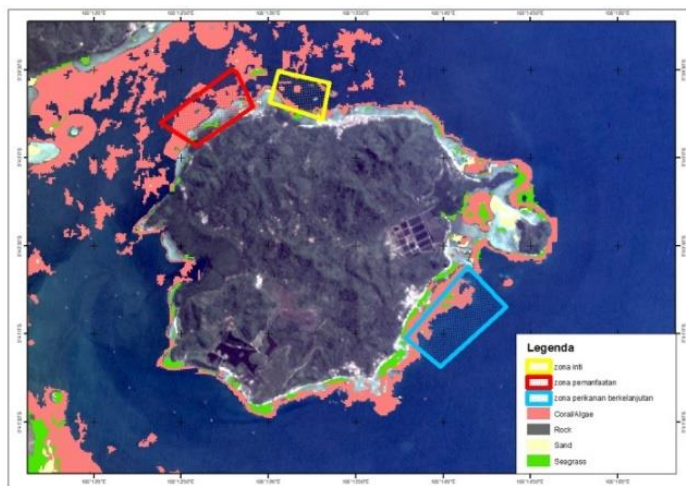
Dalam pengolahan data pada aplikasi *fisheries spatial model* yang perlu di siapkan adalah data luas MPA yang telah didapatkan di aplikasi *MPA Size*, skenario zonasi dengan asumsi zona inti sebagai zona perlindungan, zona pemanfaatan sebagai zona pariwisata, dan zona perikanan berkelanjutan sebagai zona pemanfaatan perikanan.

1. Luas MPA optimal

Ukuran luasan MPA optimal didapatkan dari hasil running pada aplikasi *MPA Size* dimana ukuran optimal MPA di Pulau Pahawang adalah 1 km². Ukuran MPA dibutuhkan untuk menentukan skenario dan zonasi Kawasan MPA.

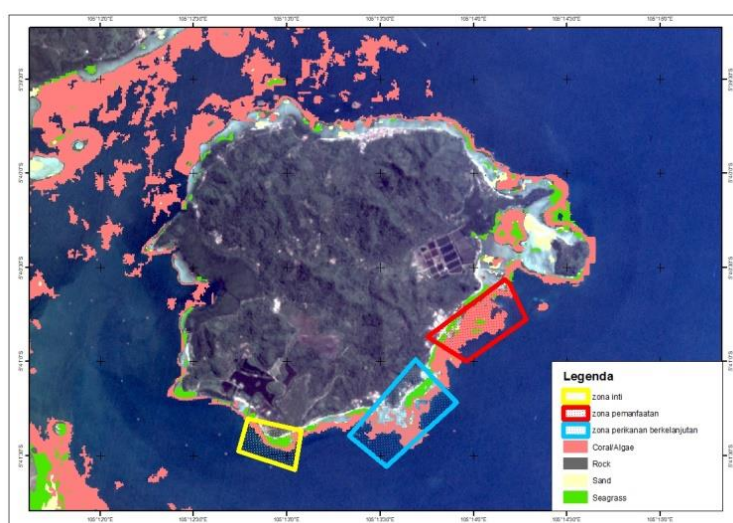
2. Skenario MPA

Berdasarkan asumsi zona inti adalah zona perlindungan dan jauh dari jangkauan masyarakat, zona pemanfaatan adalah zona pariwisata, dan zona perikanan berkelanjutan adalah zona nelayan tradisional maka, beberapa skenario zonasi dibuat untuk melihat skenario yang terbaik dan relevan jika diterapkan di Pulau Pahawang. Skenario pertama disajikan pada (Gambar 16).



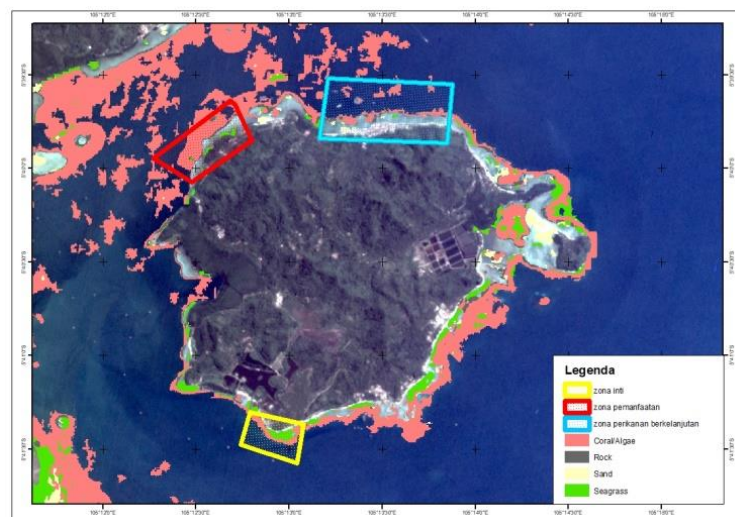
Gambar 16. Skenario permodelan pertama.

Skenario 1 dalam permodelan ini merepresentasikan kondisi di mana aktivitas penangkapan ikan di Pulau Pahawang berlangsung tanpa adanya pembatasan zonasi. Hasil simulasi pada skenario ini secara konsisten menunjukkan tren biomasa yang rendah dan cenderung menurun akibat tekanan penangkapan yang tidak terkendali. Kondisi ini mencerminkan fenomena *overfishing* di mana laju pengambilan ikan melebihi kemampuan rekrutmen alami stok di alam. Skenario ini berfungsi sebagai pembanding utama (*baseline*) untuk menunjukkan apa yang akan terjadi jika intervensi konservasi tidak segera dilakukan di wilayah Pulau Pahawang. Tanpa zona lindung, struktur komunitas ikan akan terus tergradasi, terutama pada kelompok ikan target berukuran besar. Skenario kedua disajikan pada (Gambar 17).



Gambar 17. Skenario permodelan kedua.

Skenario 2 dalam permodelan ini mempresentasikan kondisi di mana sebagian kecil area terumbu karang ditetapkan sebagai zona terbatas namun tetap mengizinkan aktivitas ekstraktif pada level tertentu. Peningkatan sedikit biomassa dibandingkan skenario pertama, hasil permodelan mengindikasikan bahwa pemulihan stok berjalan sangat lambat dan rentan terhadap kegagalan jika pengawasan tidak ketat. Pada skenario ini, efektivitas perlindungan seringkali terhambat oleh *edge effect*, di mana ikan target sering berpindah keluar dari batas zona yang sempit dan tertangkap oleh nelayan. Hal ini berarti desain kawasan yang tanggung tidak akan memberikan dampak signifikan bagi pemulihan populasi predator puncak di Pulau Pahawang. Skenario ketiga disajikan pada (Gambar 18).



Gambar 18. Skenario permodelan ketiga.

Skenario 3 merupakan skenario optimal yang menempatkan zona inti pada area dengan tutupan karang hidup terbaik dan mencakup area yang lebih luas sesuai dengan kaidah ilmiah. Hasil permodelan pada skenario ini menunjukkan performa terbaik dengan lonjakan biomassa yang signifikan dan stabilitas ekosistem yang lebih terjaga dalam jangka panjang. Penempatan zona inti yang strategis dalam skenario ini berhasil mengamankan jalur pergerakan fungsional spesies target sehingga manfaat konservasi menjadi maksimal. Skenario 3 membuktikan bahwa perlindungan total pada area tertentu (zona inti) adalah kunci utama untuk mentransformasi ekosistem yang tertekan menjadi stok ikan yang produktif.

Analisis penentuan skenario zonasi kawasan *Marine Protected Area* dapat dilihat pada (Tabel 5).

Tabel 5. Kategori penentuan skenario zonasi kawasan MPA

No	Kategori	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
1	Pola penetapan zona inti	Zona inti berada di sekitar penduduk dan ekosistem tidak lengkap	Zona inti masih berdekatan dengan area pemukiman	Zona inti terletak di area yang minim aktivitas manusia
2	Konektivitas larva	Rendah	Sedang	Tinggi
3	Potensi <i>spillover effect</i>	Rendah	Sedang	Tinggi
4	Struktur zonasi	Zona inti berada disekitar pemukiman penduduk	Zona pemanfaatan (pariwisata) kurang efektif	Penempatan zona sesuai dengan peruntukannya
5	<i>Fish density</i>	Rendah	Sedang	Tinggi

Penentuan skenario yang digunakan dalam kawasan konservasi dapat dilihat pada (Tabel 5) dengan kategori yang ditentukan dan skenario terbaik adalah skenario ke-3. Pada Skenario 1, zona inti ditempatkan di sekitar pemukiman penduduk dan ekosistem tidak lengkap, sehingga rentan terhadap gangguan antropogenik. Penempatan yang kurang tepat akan berdampak pada efektivitas perlindungan habitat biota laut, karena tekanan dari aktivitas manusia seperti penangkapan ikan atau pembangunan pesisir masih sangat tinggi (Jones et al., 2014).

Skenario 2 penempatan zona inti berada di sekitar area penduduk dan masih dipengaruhi oleh aktivitas manusia sehingga tidak sesuai dengan peruntukan zona inti yaitu *no take zone*. Konektivitas larva dan kerapatan di area ini juga termasuk kedalam kategori sedang dan kurang efektif dalam penempatan zona serta luas tiap zona kawasan konservasi.

Skenario 3 menunjukkan desain kawasan konservasi yang paling sesuai dengan prinsip ekologi konservasi, di mana zona inti ditempatkan pada area yang minim aktivitas manusia, mencakup habitat penting secara utuh, serta memiliki struktur zonasi yang proporsional sesuai peruntukannya. Kondisi ini menghasilkan konektivitas larva yang tinggi, potensi *spillover effect* yang besar, dan

nilai *fish density* tertinggi di antara ketiga skenario. Penempatan zona inti yang strategis memungkinkan terjadinya pemulihan populasi ikan secara alami dan berkontribusi pada peningkatan stok ikan di luar kawasan inti.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terhadap analisis ukuran optimal MPA di Pulau Pahawang menggunakan aplikasi *MPA Size tool*, ukuran optimal kawasan MPA di Pulau Pahawang adalah 1 km². Kawasan MPA 1 km² dapat melindungi 90% dari total 50% spesies yang diamati.
2. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terhadap analisis skenario zonasi menggunakan aplikasi *Fisheries Spatial Model*, skenario ke-3 memberikan dampak peningkatan produksi perikanan di Pulau Pahawang dari permodelan MPA yang dilakukan setelah tahun ke-5 memberikan dampak *spillover* atau limpahan ikan ke daerah sekitar dan peningkatan biomassa ikan yang signifikan sehingga dapat meningkatkan produksi perikanan di Pulau Pahawang.

5.2 Saran

Pemerintah daerah dan pemangku kepentingan terkait disarankan untuk menggunakan hasil estimasi luasan dan zonasi MPA dengan luasan 1 km². Berdasarkan hasil analisis menggunakan aplikasi *MPA Size* luas MPA 1 km² mampu melindungi 90% dari total 50% spesies ikan karang yang diamati di lokasi penelitian, yang didominasi oleh ikan berukuran kecil yang memiliki ruang jelajah yang terbatas. Desain permodelan yang disarankan untuk digunakan adalah desain skenario ke-3 yang telah dibuat sebelumnya dan dianalisis menggunakan aplikasi *fisheries spatial model*. Skenario ke-3 merupakan merupakan skenario terbaik berdasarkan fungsi ekologis masing-masing zona, larva dispersal, dan tekanan

aktivitas manusia. Skenario ke-3 menunjukkan peningkatan biomassa ikan yang signifikan dan stabil, serta mampu menghasilkan dampak *spillover* ke wilayah pemanfaatan perikanan di sekitar kawasan konservasi. sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan dan pengelolaan kawasan konservasi laut di Pulau Pahawang. Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, disarankan penggunaan perangkat analisis CCRES lainnya seperti *Fish Space* untuk memperoleh proyeksi perkembangan biomassa ikan yang lebih rinci berdasarkan spesies dan waktu, sehingga rekomendasi pengelolaan kawasan konservasi dapat disusun dengan tingkat presisi yang lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahim, A. Y., Adhuri, D. S., Ross, H., & Phelan, A. (2022). Community champions of ecosystem services: The role of local agency in protecting Indonesian coral reefs. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *10*(1), 868218. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.868218>
- Abdullah, M. H., Yulianda, F., & Kurnia, R. (2025). Analisis kondisi terumbu karang dan biodiversitas ikan di Pulau Tidung Kepulauan Seribu. *Jurnal Kelautan Tropis*, *28*(2), 235-246. <https://doi.org/10.14710/jkt.v28i2.26485>
- Agustina, S., Irnawati, R., & Susanto, A. (2016). Musim penangkapan ikan pelagis besar di pelabuhan perikanan Pantai Lempasing Provinsi Lampung. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, *6*(1), 74–82. <http://dx.doi.org/10.33512/jpk.v6i1.1055>
- Arkema, K. K., Verutes, G. M.c, Wood, S. A., Clarke-Samuels, C., Rosado, S., Canto, M., & Guerry, A. D. (2015). Embedding ecosystem services in coastal planning leads to better outcomes for people and nature. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *112*(24), 7390-7395. <https://doi.org/10.1073/pnas.1406483112>
- Almany, G. R., Planes, S., Thorrold, S. R., Berumen, M. L., Bode, M., Saenz-Agudelo, P., & Jones, G. P. (2017). Larval fish dispersal in a coral-reef seascape. *Nature Ecology & Evolution*, *1*(6), 0148. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0148>
- Badan Pusat Statistika (BPS) Kabupaten Pesawaran. (2023). Jumlah Kunjungan Tempat Wisata di Kabupaten Pesawaran, 2019-2022. <https://pesawarankab.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTM2IzI=/jumlah-pengunjung-tempat-wisata-di-kabupaten-pesawaran.html>. Diakses tanggal 20 September 2024.
- Bradley, D., Caughman, A. M., Fogg, S. A., Cabral, R. B., Mayorga, J., Goodell W., & White, T. D. (2024). Marine Fish Movement: home range sizes for commercially relevant species. *Scientific Data*, *11*(1), 865. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03728-9>

- Bayley, D. T., Purvis, A., Nellas, A. C., Arias, M., & Koldewey, H. J. (2020). Measuring the long-term success of small-scale marine protected areas in a Philippine reef fishery. *Coral Reefs*, *39*(6), 1591-1604. <https://doi.org/10.1007/s00338-020-01987-7>
- Bonnin, L., Mouillot, D., Boussarie, G., Robbins, W. D., Kiszka, J. J., Dagorn, L., & Vigliola, L. (2021). Recent expansion of marine protected areas matches with home range of grey reef sharks. *Scientific Reports*, *11*(1), 14221. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93426-y>
- Capturing Coral Reef Ecosystem Services (CCRES). (2018). About CCRES. <https://archive.iwlearn.net/ccres.net/ccres.net/index.html> Diakses tanggal 24 juni 2024.
- Cardinale, B. J., Duffy, J. E., Gonzalez, A., Hooper, D. U., Perrings, C., Venail, P., & Naeem, S. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, *486*(7401), 59-67. <https://doi.org/10.1038/s44183-024-00046-w>
- Carlisle, A. B., Tickler, D., Dale, J. J., Ferretti, F., Curnick, D. J., Chapple, T. K., & Block, B. A. (2019). Estimating space use of mobile fishes in a large marine protected area with methodological considerations in acoustic array design. *Frontiers in Marine Science*, *6*(1), 256. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00256>
- Cheung, W. W., Palacios-Abrantes, J., & Roberts, S. M. (2024). Projecting contributions of marine protected areas to rebuild fish stocks under climate change. *npj Ocean Sustainability*, *3*(1), 11. <https://doi.org/10.1038/s44183-024-00046-w>
- Cinner, J. E., McClanahan, T. R., MacNeil, M. A., Graham, N. A., Daw, T. M., Mukminin, A., & Kuange, J. (2012). Comanagement of coral reef social-ecological systems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *109*(14), 5219-5222. <https://doi.org/10.1073/pnas.1121215109>
- Coker, D. J., Wilson, S. K., & Pratchett, M. S. (2014). Importance of live coral habitat for reef fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, *24*(1), 89-126. <https://doi.org/10.1007/s11160-013-9319-5>
- Costello, M. J. (2024). Evidence of economic benefits from marine protected areas. *Scientia Maria*, *88*(1), 1-17. <https://doi.org/10.3989/scimar.05417.080>
- Cudney- Bueno, R., Lavín, M. F., Marinone, S. G., Raimondi, P. T., & Shaw, W. W. (2009). Rapid effects of marine reserves via larval dispersal. *PLoS ONE*, *4*(1), e4140. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0004140>

- Dalimunthe, D. Y., Sulistiana, I., & Fahria, I. (2017). Economic analysis of Marine Protected Area (MPA) resources through coastal community Empowerment and marine tourism development. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Bangka Belitung*, 4(1), 25-31. <https://doi.org/10.33019/jpu.v4i1.162>
- Dangeubun, F. D., Wiryawan, B., Mustarudin, & Purbayanto, A. (2011). Efektivitas Pengelolaan Perikanan Di Kawasan Konservasi Aru Tenggara. *Manajemen Sumberdaya Perairan*, 7(2), 49–60. <https://doi.org/10.3390/ijgi12020075>
- Daris, L., Massiseng, A. N. A., & Rochmady, R. (2023). Peran kelembagaan masyarakat lokal dalam pengelolaan sumberdaya perikanan tangkap di wilayah pesisir Kabupaten Maros. *Agrikan: Jurnal Agribisnis Perikanan*, 15(2), 527-532. <https://doi.org/10.29239/j.agrikan.15.2.527-532>
- Davoli, M., Ghoddousi, A., Sabatini, F. M., Fabbri, E., Caniglia, R., & Kuemmerle, T. (2022). Changing patterns of conflict between humans, carnivores and crop-raiding prey as large carnivores recolonize human-dominated landscapes. *Biological Conservation*, 269 (2022), 109553. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109553>
- Di Lorenzo, M., Guidetti, P., Di Franco, A., Calò, A., & Claudet, J. (2020). Assessing spillover from marine protected areas and its drivers: A meta-analytical approach. *Fish and Fisheries*, 21(5), 906-915. <https://doi.org/10.1111/faf.12469>
- Dunham, A., Iacarella, J. C., Hunter, K. L., Davies, S. C., Dudas, S., Gale, K. S., & Archer, S. K. (2024). Conserving ecosystem integrity: Ecological theory as a guide for marine protected area monitoring. *Ecological Applications*, 34(6), e3005. <https://doi.org/10.1002/eap.3005>
- Edgar, G. J., Stuart-Smith, R. D., Willis, T. J., Kininmonth, S., Baker, S. C., Banks, S. & Thomson, R. J. (2014). Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *Nature*, 506(7487), 216-220. <https://doi.org/10.1038/nature13022>
- Elinur, Priyarsono, D. S., Tambunan, M., & Firdaus, M. (2010). Indonesian Journal of Agricultural Economics (IJAE). *Indonesian Journal of Agricultural (IJAE)*, 2(1), 97–119. <https://repository.uir.ac.id/id/eprint/24018>
- Fauzi, A. I., Sakti, A. D., Robbani, B. F., Ristiyani, M., Agustin, R. T., Yati, E., & Wikantika, K. (2021). Assessing potential climatic and human pressures in Indonesian coastal ecosystems using a spatial data-driven approach. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(11), 778. <https://doi.org/10.3390/ijgi10110778>

- Febriani, Z., & Hafsar, K. (2020). Dampak pengelolaan kawasan konservasi perairan terhadap hasil tangkapan nelayan Pulau Mapur Kabupaten Bintan. *Jurnal Maritim*, 1(2), 68–73.
- Fernández, P. R., & Rivera, A. (2024). SCUBA diver behavior, diver carrying capacity and its implications for sustainable reef management. *Marine Policy*, 165(1), 106199. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2024.106199>
- Graham, N. A., 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. <https://doi.org/10.1038/nature14140>
- Green, A. L., Maypa, A. P., Almany, G. R., Rhodes, K. L., Weeks, R., Abesamis, R. A., Gleason, M. G., Mumby, P. J., & White, A. T. (2015). Larval dispersal and movement patterns of coral reef fishes, and implications for marine reserve network design. *Biological Reviews*, 90(4), 1215–1247. <https://doi.org/10.1111/brv.12155>
- Grorud-Colvert, K., Sullivan-Stack, J., Roberts, C., Constant, V., Horta e Costa, B., Pike, E. P., & Lubchenco, J. (2021). The MPA Guide: A framework to achieve global goals for the ocean. *Science*, 373(6560), eabf0861. <https://doi.org/10.1126/science.abf0861>
- Handayani T., dan Amanah N. (2018). Keanekaragaman jenis tumbuhan herba di kawasan Gunung Tidar Kota Magelang sebagai sumber belajar biologi. *SENDIKA: Seminar Nasional Pendidikan FKIP UAD*, 2(1), 85-90.
- Herison, A. (2024). An assessment of spatial suitability and infrastructure support of coral reef in promoting ecotourism in The Pahawang Island, Indonesia. *Planning Malaysia*, 22, 31. <https://doi.org/10.21837/pm.v22i31.1486>
- Hill, J., & Wilkinson, C. L. I. V. E. (2004). Methods for ecological monitoring of coral reefs. Australian Institute of Marine Science, *Townsville*, 117.
- Hoppit, G., Nurkse, K., Beleem, I., Cadoni, N., Crowe, T., Bekaert, M., & Barboza, F. R. (2025). Enhancing marine protected areas with effective ecological and environmental data integration. *Ecological Indicators*, 178(1), 114119. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2025.114119>
- Hukom, F. D., Yulianda, F. D., Bengen, D. G., & Kamal, M. M. (2019). Efektivitas zonasi dalam pengelolaan perikanan karang di kawasan konservasi perairan Selat Dampier, Raja Ampat. *Jurnal Kebijakan Sosial Ekonomi Kelautan dan Perikanan*, 9(2), 93–103. <http://dx.doi.org/10.15578/jksekp.v9i2.7661>

- Jennings, S., & Blanchard, J. L. (2004). Fish abundance with no fishing: predictions based on macroecological theory. *Journal of Animal Ecology*, 73(4), 632–642. <https://doi.org/10.1111/j.0021-8790.2004.00839.x>
- Jiang, R., & Guo, P. (2023). Sustainable management of marine protected areas in the high seas: from regional treaties to a global new agreement on biodiversity in areas beyond national jurisdiction. *Sustainability*, 15(15), 11575. <https://doi.org/10.3390/su151511575>
- Jones, P. (2014). *Governing marine protected areas: resilience through diversity*. Routledge.
- Jones, G. P., Planes, S., & Thorrold, S. R. (2005). Coral reef fish larvae settle close to home. *Current biology*, 15(14), 1314-1318. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2005.06.061>.
- Juliyanto, E., Zairion, Krisanti, M., & Susanto, H. A. (2019). Analisis prioritas pengelolaan kawasan konservasi perairan Pulau ay-rhun, Provinsi Maluku. *Ilmu Dan Teknologi Kelautan Tropis*, 11 No. 3(2), 721–734. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v11i3.25763>
- Karr, K. A., Pina-Amargós, F., Figueredo-Martín, T., & Olivera-Espinosa, Y. (2024). Fishery Management Enforcement Gradients to Achieve Fishery Goals. *Fishes*, 9(9), 355. <https://doi.org/10.3390/fishes9090355>
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2020). Visi Kawasan Konservasi 2030 dan Peta Jalan Pengelolaan Kawasan Konservasi: Mengamankan 10% Wilayah Laut untuk Perlindungan Keanekaragaman Hayati dan Pemanfaatan Berkelanjutan di Indonesia. Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. (<https://peraturan.go.id/id/permen-kkp-no-31-permen-kp-2020-tahun-2020>) diakses tanggal 10 agustus 2024.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2024). KKP Rangkul Stakeholder Perkuat Perlindungan Kawasan Konservasi. Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. (<https://kkp.go.id/news/news-detail/kkp-rangkul-stakeholder-perkuat-perlindungan-kawasan-konservasi.html>) diakses tanggal 10 agustus 2024.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2024). KKP Galang Kolaborasi Internasional Perluas Kawasan Konservasi Laut. Kementerian Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia. <https://kkp.go.id/news/news-detail/kkp-galang-kolaborasi-internasional-perluas-kawasan-konservasi-laut.html> diakses tanggal 10 agustus 2024.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. (2025). Platform Sistem Digital Data Konservasi Ekosistem (SIDAKO). <https://sidako.kkp.go.id/sidako/index>. Diakses tanggal 02 Maret 2026.

- Krueck, N. C., Legrand, C., Ahmadia, G. N., Estradivari, Green, A., Jones, G. P., & Mumby, P. J. (2017). Reserve sizes needed to protect coral reef fishes. *Conservation letters*, *11*(3), e12415. <https://doi.org/10.1111/conl.12415>
- Kusumawati, I., & Huang, H. W. (2015). Key factors for successful management of marine protected areas: A comparison of stakeholders' perception of two MPAs in Weh island, Sabang, Aceh, Indonesia. *Marine Policy*, *51*(c), 465-475. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2014.09.029>
- Larwuy, W., Sri Ayu, L., Boikh, L. I., Armos, N. H., Hidayati, D. A., Palinggi, R. L., & Tampa, A. I. (2025). Pola penangkapan ikan pada perikanan skala kecil di Pesisir Ohoi Hako, Kabupaten Maluku Tenggara. *ACROPORA: Jurnal Ilmu Kelautan dan Perikanan Papua*, *8*(1), 44–53. <https://doi.org/10.31957/acr.v8i1.4575>
- Lenihan, H. S., Gallagher, J. P., Peters, J. R., Stier, A. C., Hofmeister, J. K., & Reed, D. C. (2021). Evidence that spillover from Marine Protected Areas benefits the spiny lobster (*Panulirus interruptus*) fishery in Southern California. *Scientific Reports*, *11*(1), 2663. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82371-5>
- Lestari, D. F., Siregar, V. P., & Agus, S. B. (2024). Status terumbu karang dan ikan karang di kawasan konservasi perairan daerah Pulau Pahawang, Lampung. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, *16*(1), 45-58 <https://doi.org/10.29244/jitkt.v16i3.56001>
- Mace, G. M., Barrett, M., Burgess, N. D., Cornell, S. E., Freeman, R., Grooten, M., dan Purvis, A. (2018). Aiming higher to bend the curve of biodiversity loss. *Nature Sustainability*, *1*(9), 448-451. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0130-0>
- Mihalitsis, M., Morais, R. A., & Bellwood, D. R. (2022). Small predators dominate fish predation in coral reef communities. *PLoS biology*, *20*(11), e3001898. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001898>
- Mora, C., Aburto-Oropeza, O., Ayala Bocos, A., Ayotte, P. M., Banks, S., Bauman, A. G., & Zapata, F. A. (2011). Global human footprint on the linkage between biodiversity and ecosystem functioning in reef fishes. *PLoS biology*, *9*(4), e1000606. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1000606>
- Morano, J. L. (2025). *Adapting Fisheries Management to the Future: Quantifying Spatiotemporal Responses of Forage Fishes to Climate Change* (Doctoral dissertation, Cornell University).
- Muawanah, U., Gumay, I. F., & Santoso, T. (2021). Identifikasi perubahan penggunaan lahan agroforestri di Pulau Pahawang. *Journal of Tropical*

- Marine Science, 4(1), 1–8.
<https://doi.org/10.33019/jour.trop.mar.sci.v4i1.2037>
- Nash, K. L., Welsh, J. Q., Graham, N. A., & Bellwood, D. R. (2015). Home-range allometry in coral reef fishes: comparison to other vertebrates, methodological issues and management implications. *Oecologia*, 177(1), 73-83. <https://doi.org/10.1007/s00442-014-3152-y>
- Nash, K. L., Van Putten, I., Alexander, K. A., Bettiol, S., Cvitanovic, C., Farmery, A. K., & Vince, J. (2022). Oceans and society: feedbacks between ocean and human health. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 32(1), 161-187. <https://doi.org/10.1007/s11160-021-09669-5>
- Nugroho, A. W. (2017). Konservasi keanekaragaman hayati melalui tanaman obat dalam hutan di Indonesia dengan teknologi farmasi: potensi dan tantangan. *Jurnal Sains dan Kesehatan*, 1(7), 377-383.
- Ohayon, S., Granot, I., & Belmaker, J. (2021). A meta-analysis reveals edge effects within marine protected areas. *Nature Ecology and Evolution*, 5(9), 1301-1308. <https://doi.org/10.1038/s41559-021-01502-3>
- Ohayon, S., Abecasis, D., Almeida, P. R., Alós, J., Aspillaga, E., Belo, A. F., & Belmaker, J. (2024). Fully protected marine areas linked to reduced home ranges of fishes. *Fish and Fisheries*, 25(6), 985-996. <https://doi.org/10.1111/faf.12859>
- Pandolfi, J. M., Bradbury, R. H., Sala, E., Hughes, T. P., Bjorndal, K. A., Cooke, R. G., & Jackson, J. B. (2003). Global trajectories of the long-term decline of coral reef ecosystems. *Science*, 301(5635), 955-958. <https://doi.org/10.1126/science.1085706>
- Pauly, D., Christensen, V., Guénette, S., Pitcher, T. J., Sumaila, U. R., Walters, C. J., & Zeller, D. (2002). Towards sustainability in world fisheries. *Nature*, 418(6898), 689-695. <https://doi.org/10.1038/nature01017>
- Persada, C., Rusmiati, F., Ifadianto, N., & Sesunan, M. M. (2022). Konsep Pengembangan Desa Wisata Pesisir Tangguh Bencana Berbasis Perencanaan Ruang (Studi Kasus: Desa Kunjir, Kabupaten Lampung Selatan). <https://doi.org/10.14710/jwl.10.3.297-312>
- Putra, M. G. A., Hasani, Q., Diantari, R., Yuliana, D., Damai, A. A., Julian, D., Putri, B., Reza, M., Damayanti, I., Saleh, Y., & Afrianti, N. A. (2025). Optimasi Wisata Bahari dalam Upaya Meningkatkan Ekonomi Masyarakat Desa Pulau Pahawang. *Jurnal Pengabdian Fakultas Pertanian Universitas Lampung*, 4(1), 1-6. <https://doi.org/10.23960/jpfp.v4i1.10636>
- Quezada-Escalona, F.J., Tommasi, D., Kaplan, I.C. (2025). Socio-economic impacts and responses of the fishing industry and fishery managers to

changes in small pelagic fish distribution and abundance. *Rev Fish Biol Fisheries* 35(1), 1063–1093. <https://doi.org/10.1007/s11160-025-09949-4>

- Radhiansyah, F., & Pribadi, I. O. S. (2022). Penataan fisik Pulau Pahawang sebagai area pendukung kegiatan wisata bahari. *Jurnal Sains, Teknologi, Urban, Perancangan, Arsitektur (Stupa)*, 4(2), 2861-2874. <https://doi.org/10.24912/stupa.v4i2.22402>
- Rahmatullah, M. F., & Rosana, N. (2024). Peran kearifan lokal dalam pemanfaatan sumberdaya perikanan berkelanjutan. *Fisheries: Jurnal Perikanan dan Ilmu Kelautan*, 6(2), 40-43. <https://doi.org/10.30649/fisheries.v6i2.93>
- Rizki, A. (2024). Pengelolaan Marine Protected Area. *Journal of oceanography and aquatic science*, 2(1), 22-27. <https://doi.org/10.56855/joane.v2i1.964>
- Rusandi, A., Hakim, A., Wiryawan, B., & Yulianto, I. (2021). Pengembangan kawasan konservasi untuk mendukung pengelolaan perikanan yang berkelanjutan di Indonesia. *Marine Fisheries*, 12(2), 137-147. <https://doi.org/10.29244/jmf.v12i2.37047>
- 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. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsx059>
- Sala, E., Mayorga, J., Bradley, D., Cabral, R. B., Atwood, T. B., Auber, A., & Lubchenco, J. (2021). Protecting the global ocean for biodiversity, food and climate. *Nature*, 592(7854), 397-402. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03371-z>
- Sembiring, S. B. M., Setiawati, K. M., Hutapea, J. H., Gunawan, G., Setiadi, A., Astuti, N. W. W., & Pratiwi, R. (2025). Reproductive performance of the first generation *Stichopus horrens* broodstock. *Scientific Reports*. 16(2026), 1167 <https://doi.org/10.1038/s41598-025-30858-w>
- Setiawan, M. A., Zamani, N. P., Bengen, D. G., & Roni, S. (2021). Reef fish community structure and its association with Lifeform coral in the core zone of the Anambas Islands Marine Tourism Park (MTP). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 9(6), 59-66. <https://doi.org/10.22271/fish.2021.v9.i6a.2587>
- Smith, J. G., Lopazanski, C., Free, C. M., Brun, J., Anderson, C., Carr, M. H., & Caselle, J. E. (2025). Conservation benefits of a large marine protected area network that spans multiple ecosystems. *Conservation Biology*, 39(4), e14435. <https://doi.org/10.1111/cobi.14435>
- Suraji, Ruchimat T, Saad S, Wibisana S. (2014). New Paradigm of Co-Management of MPAs in Indonesia, Lessons Learned from COREMAP.

Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research, 16(2): 181-188.

- Thomas, L., Kendall, M. S., Burnett, K., & Goldberg, R. (2020). The utility of integrated, multi-tool approaches for marine protected area planning in data-poor regions. *Ocean & Coastal Management*, 190(1), 105157. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105157>
- Tranter, S. N., Estradivari, Ahmadia, G. N., Andradi-Brown, D. A., Muenzel, D., Agung, F., & Beger, M. (2022). The inclusion of fisheries and tourism in marine protected areas to support conservation in Indonesia. *Marine Policy*, 146(2022), 105301. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105301>
- Utama, A. A. (2024). *Human and fish behaviour around Fish Aggregating Devices (FADs) in Indonesia* (Doctoral dissertation, University of Glasgow). <https://doi.org/10.5525/gla.thesis.84638>
- Ventura, P., Gautier-Debernardi, J., & Di Franco, E. (2024). Habitat-specific response of fish assemblages in a small fully protected urban marine protected area. *ICES Journal of Marine Science*, 81(8), 1575–1583. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsae100>
- Wilson, S. K., Graham, N. A. J., Pratchett, M. S., Jones, G. P., & Polunin, N. V. C. (2008). Habitat utilization by coral reef fish: implications for specialists. *Journal of Animal Ecology*, 77(3), 667–675. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2656.2007.01341.x>
- Wong-Ala, J. A., Comfort, C. M., Gove, J. M., Hixon, M. A., McManus, M. A., Powell, B. S., & Neuheimer, A. B. (2018). How life history characteristics and environmental forcing shape settlement success of coral reef fishes. *Frontiers in Marine Science*, 5 (65). <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00065>
- Worm, B., Hilborn, R., Baum, J. K., Branch, T. A., Collie, J. S., Costello, C., & Zeller, D. (2009). Rebuilding global fisheries. *science*, 325(5940), 578-585. <https://doi.org/10.1126/science.1173146>
- Yuliana, D., Rahmasari, A., Yulianto, H., & Damai, A. A. (2020). Coral Reef Fishes Biodiversity In Pahawang Island, Pesawaran District Lampung. *Aquasains*, 9(1), 887-892. <https://doi.org/10.23960/aqs.v9i1.p887-892>
- Yuliana, E., Boer, M., Fahrudin, A., & Kamal, M. M. (2024). Biodiversity of reef fishes in marine protected area of Karimunjawa National Park. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 9(1), 17915. <https://doi.org/10.29244/jitkt.v9i1.17915>

Ziegler, S. L., Brooks, R. O., Bellquist, L. F., Caselle, J. E., Morgan, S. G., Mulligan, T. J., & Hamilton, S. L. (2024). Collaborative fisheries research reveals reserve size and age determine efficacy across a network of marine protected areas. *Conservation Letters*, *17*(2), e13000.
<https://doi.org/10.1111/conl.13000>