

Marine Biodiversity, Ecosystem Services, and Coastal Resilience: A Review of Ecosystem-Based Conservation Approaches

(*Biodiversitas Laut, Jasa Ekosistem, dan Ketahanan Pesisir: Tinjauan Literatur untuk Konservasi Berbasis Ekosistem*)

Harris R. Dahlan^{*1, 2}, Haryadi Wijaya², Deiske Adeliene Sumilat³, Grevo S. Gerung³

¹ Program Doktor Ilmu Kelautan, Program Pascasarjana, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

² North Sulawesi Maritime Polytechnic, Indonesia

³ Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia

*Corresponding author: harris.r.dahlan@poltekpelaceh.ac.id

Manuscript received: 19 April. 2026. Revision accepted: 27 June 2026

Abstract. This literature review aimed to synthesize recent scientific evidence on the contribution of marine biodiversity to provisioning, regulating, supporting, and cultural ecosystem services, while identifying major threats and conservation implications for sustainable development. The review applied a systematic literature review design guided by the PRISMA 2020 framework. Publications were retrieved from Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, Wiley Online Library, and Google Scholar using predefined keywords and inclusion-exclusion criteria. A total of 30 eligible studies were analyzed through qualitative thematic synthesis. The findings show that coral reefs, mangrove forests, seagrass meadows, open-ocean ecosystems, estuaries, and multi-ecosystem seascapes contribute substantially to fisheries productivity, blue carbon sequestration, coastal protection, nutrient cycling, habitat provision, tourism, cultural identity, education, and marine conservation. However, climate change, ocean acidification, overfishing, plastic pollution, coastal development, and invasive species reduce biodiversity and weaken ecosystem-service delivery. The review emphasizes that marine biodiversity conservation should be treated as a development strategy through effective marine protected areas, ecosystem restoration, science-based fisheries management, pollution control, and participatory ecosystem-based governance. These integrated measures are necessary to strengthen ecosystem resilience, support equitable blue economy development, and advance Sustainable Development Goal 14.

Keywords: marine biodiversity; ecosystem services; marine conservation; blue carbon; sustainable development.

Abstrak. Tinjauan literatur ini bertujuan untuk mensintesis bukti ilmiah terkini mengenai kontribusi biodiversitas laut terhadap jasa penyediaan, pengaturan, pendukung, dan kultural, sekaligus mengidentifikasi ancaman utama serta implikasi konservasi bagi pembangunan berkelanjutan. Kajian ini menggunakan desain tinjauan literatur sistematis yang dipandu oleh kerangka PRISMA 2020. Publikasi ditelusuri melalui Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, Wiley Online Library, dan Google Scholar menggunakan kata kunci serta kriteria inklusi-eksklusi yang telah ditetapkan. Sebanyak 30 studi yang memenuhi kriteria dianalisis dengan sintesis tematik kualitatif. Hasil kajian menunjukkan bahwa terumbu karang, hutan mangrove, padang lamun, ekosistem laut terbuka, estuaria, dan bentang laut multi-ekosistem berkontribusi besar terhadap produktivitas perikanan, sequestrasi karbon biru, perlindungan pantai, siklus nutrisi, penyediaan habitat, pariwisata, identitas budaya, pendidikan, dan konservasi laut. Namun, perubahan iklim, pengasaman samudra, overfishing, pencemaran plastik, pembangunan pesisir, dan spesies invasif menurunkan biodiversitas serta melemahkan penyediaan jasa ekosistem. Kajian ini menegaskan bahwa konservasi biodiversitas laut perlu diposisikan sebagai strategi pembangunan melalui kawasan konservasi laut yang efektif, restorasi ekosistem, pengelolaan perikanan berbasis sains, pengendalian pencemaran, dan tata kelola berbasis ekosistem yang partisipatif. Langkah terpadu tersebut diperlukan untuk memperkuat resiliensi ekosistem, mendukung ekonomi biru yang berkeadilan, dan mempercepat pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan 14.

Kata kunci: biodiversitas laut; jasa ekosistem; konservasi laut; karbon biru; pembangunan berkelanjutan

PENDAHULUAN

Biodiversitas laut mencakup keanekaragaman genetik, spesies, komunitas, dan ekosistem yang membentuk struktur ekologis samudra, laut, serta wilayah pesisir. Dalam perspektif jasa ekosistem, biodiversitas tidak hanya menggambarkan kekayaan hayati, tetapi juga menentukan kapasitas ekosistem laut untuk menyediakan pangan, menyerap karbon, melindungi garis pantai, mempertahankan siklus nutrisi, mendukung pariwisata bahari, dan menjaga identitas budaya masyarakat pesisir. Karena itu, biodiversitas laut harus dipahami sebagai infrastruktur ekologis yang menopang keberlanjutan lingkungan dan kesejahteraan manusia (IPBES, 2019; Himes et al., 2024; Zhao et al., 2024).

Ekosistem pesisir tropis, terutama terumbu karang, mangrove, padang lamun, estuaria, dan perairan terbuka, memiliki kontribusi yang berbeda tetapi saling melengkapi terhadap jasa ekosistem. Terumbu karang berperan sebagai habitat berstruktur kompleks, sumber perikanan karang, pelindung pantai, dan daya tarik wisata. Mangrove menstabilkan sedimen, menyediakan daerah asuhan, menyimpan karbon biru, serta mengurangi risiko bencana pesisir. Padang lamun mendukung produktivitas primer, menahan sedimen, meningkatkan kejernihan perairan, dan menyimpan karbon organik dalam jangka panjang (Friess et al., 2019; Bimrah et al., 2022; Lima et al., 2023). Keterhubungan antara ekosistem tersebut memperkuat fungsi ekologis lintas habitat dan meningkatkan resiliensi bentang laut pesisir.

Namun, biodiversitas laut sedang mengalami tekanan kumulatif yang semakin intensif. Pemanasan laut, gelombang panas laut, pengasaman samudra, overfishing, pencemaran plastik, kerusakan habitat, penangkapan ikan destruktif, dan invasi spesies asing dapat mengubah struktur komunitas dan menurunkan fungsi ekosistem. Penurunan tutupan karang, hilangnya vegetasi mangrove dan lamun, serta degradasi habitat pesisir dapat mengurangi produktivitas perikanan, perlindungan pantai, penyimpanan karbon, dan nilai sosial-ekonomi masyarakat pesisir (Hughes et al., 2018; Smale et al., 2019; Halpern et al., 2019; Eddy et al., 2021; Solé Figueras et al., 2024). Laporan global juga menunjukkan bahwa tekanan terhadap stok ikan, sampah plastik, dan degradasi habitat laut masih menjadi isu utama dalam pengelolaan kelautan berkelanjutan (FAO, 2024; UNEP, 2021).

Literatur mengenai hubungan biodiversitas laut dan jasa ekosistem telah berkembang pesat, tetapi masih tersebar dalam berbagai disiplin, seperti ekologi laut, konservasi, ekonomi biru, perubahan iklim, tata kelola pesisir, dan restorasi ekosistem. Sebagian studi menekankan fungsi tertentu, misalnya karbon biru atau perikanan; sebagian lainnya berfokus pada ekosistem tertentu seperti mangrove, terumbu karang, atau lamun. Kondisi ini menimbulkan kebutuhan akan sintesis yang menyatukan bukti ilmiah lintas ekosistem dan lintas kategori jasa ekosistem agar hubungan antara biodiversitas, fungsi ekologis, dan pembangunan berkelanjutan dapat dipahami secara lebih utuh (Snyder, 2019; Campagne et al., 2023; Macreadie et al., 2021).

Kesenjangan utama yang menjadi dasar artikel ini adalah belum memadainya sintesis naratif yang menghubungkan biodiversitas laut dengan empat kategori jasa ekosistem, yaitu jasa penyediaan, pengaturan, pendukung, dan kultural, sekaligus menempatkannya dalam konteks konservasi dan pembangunan berkelanjutan. Kesenjangan lain adalah terbatasnya pembahasan terpadu mengenai tekanan kumulatif dan strategi pengelolaan berbasis ekosistem di wilayah tropis yang kaya biodiversitas, termasuk kawasan Segitiga Karang dan Indonesia. Dengan demikian, artikel ini bertujuan untuk menganalisis peran biodiversitas laut sebagai fondasi jasa ekosistem melalui tinjauan literatur sistematis dan sintesis tematik. Secara khusus, artikel ini mengidentifikasi kontribusi biodiversitas laut terhadap jasa ekosistem, menganalisis ancaman utama yang melemahkan fungsi ekosistem, dan merumuskan implikasi konservasi untuk mendukung pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan 14 (CBD, 2022; Duarte et al., 2020; Sala et al., 2021).

METODE

Desain Kajian

Penelitian ini menggunakan desain tinjauan literatur sistematis dengan sintesis naratif-tematik. Desain ini dipilih karena mampu mengintegrasikan hasil penelitian empiris, artikel konseptual, dan artikel tinjauan yang membahas hubungan antara biodiversitas laut, fungsi ekosistem, dan jasa ekosistem. Prosedur seleksi literatur mengikuti prinsip PRISMA 2020 untuk meningkatkan transparansi, keterlacakan, dan reproduksibilitas proses penelusuran (Page et al.,

2021; Haddaway et al., 2022). Karena naskah ini merupakan artikel tinjauan, tidak dilakukan pengambilan data lapangan, eksperimen, atau analisis sebelum-sesudah.

Strategi Penelusuran Literatur

Penelusuran literatur dilakukan pada publikasi ilmiah berbahasa Inggris yang relevan dengan biodiversitas laut dan jasa ekosistem. Basis data yang digunakan meliputi Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, Wiley Online Library, dan Google Scholar. Kata kunci yang digunakan adalah kombinasi dari marine biodiversity, ocean biodiversity, ecosystem services, marine ecosystem services, coastal ecosystem, coral reef, mangrove ecosystem, seagrass ecosystem, marine conservation, biodiversity conservation, ecosystem resilience, climate change, blue carbon, sustainable fisheries, marine protected areas, dan sustainable marine management. Operator Boolean AND dan OR digunakan untuk memperluas atau mempersempit hasil pencarian sesuai kebutuhan.

Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria inklusi meliputi: (1) artikel jurnal peer-reviewed atau laporan ilmiah global yang relevan; (2) diterbitkan terutama pada rentang 2018-2026, dengan pengecualian terbatas untuk rujukan metodologis atau kebijakan global yang masih digunakan luas; (3) membahas biodiversitas laut, jasa ekosistem, konservasi laut, restorasi, perubahan iklim, atau pengelolaan berkelanjutan; (4) memiliki informasi metodologis yang jelas; dan (5) tersedia dalam teks penuh. Kriteria eksklusi meliputi: (1) abstrak konferensi, editorial, tesis, disertasi, dan naskah non-peer-reviewed yang tidak memiliki dukungan ilmiah memadai; (2) publikasi duplikat; (3) artikel yang hanya membahas ekosistem darat atau air tawar tanpa relevansi laut-pesisir; (4) artikel yang tidak menghubungkan biodiversitas dengan fungsi atau jasa ekosistem; dan (5) artikel yang tidak memiliki informasi metodologis yang cukup.

Ekstraksi dan Analisis Data

Data dari artikel yang memenuhi kriteria diekstraksi ke dalam matriks sintesis. Informasi yang dicatat mencakup nama penulis, tahun publikasi, jenis ekosistem, lokasi atau cakupan kajian, pendekatan metodologis, kategori jasa ekosistem, ancaman utama, temuan kunci, dan implikasi pengelolaan. Sintesis dilakukan dengan analisis tematik reflektif untuk mengidentifikasi pola umum, perbedaan antar-ekosistem, hubungan konseptual, dan arah riset yang muncul (Braun & Clarke, 2021). Hasil sintesis kemudian diklasifikasikan ke dalam empat kategori jasa ekosistem, yaitu penyediaan, pengaturan, pendukung, dan kultural, serta dianalisis dalam kaitannya dengan konservasi, ekonomi biru, dan pembangunan berkelanjutan.

Alur seleksi literatur disajikan pada Gambar 1. Angka pada diagram telah diselaraskan agar konsisten dengan jumlah artikel yang dianalisis pada sintesis akhir.

HASIL

Proses seleksi literatur menghasilkan 30 studi yang memenuhi kriteria akhir untuk dianalisis. Dari 1.186 rekaman awal, sebanyak 482 duplikat dihapus sehingga 704 rekaman disaring berdasarkan judul dan abstrak. Pada tahap penyaringan, 397 artikel dikeluarkan karena tidak sesuai dengan fokus kajian. Sebanyak 307 artikel kemudian dicari teks penuhnya; 157 artikel tidak dapat diperoleh secara lengkap sehingga 150 artikel dinilai kelayakannya. Dari tahap penilaian teks penuh, 120 artikel dikeluarkan karena tidak sesuai tujuan, memiliki metode yang tidak memadai, tidak berfokus pada ekosistem laut-pesisir, atau merupakan publikasi non-artikel/duplikat lanjutan. Dengan demikian, 30 artikel disertakan dalam sintesis akhir.

Sebaran studi yang dianalisis menunjukkan bahwa perhatian ilmiah masih lebih banyak diberikan pada ekosistem pesisir bernilai ekologis dan ekonomi tinggi. Terumbu karang merupakan ekosistem yang paling banyak dibahas, diikuti oleh mangrove dan padang lamun.

Ekosistem perairan terbuka, estuaria, dan studi multi-ekosistem relatif lebih sedikit, meskipun kelompok ekosistem tersebut penting untuk memahami konektivitas ekologis dan pengelolaan bentang laut secara terpadu.



Gambar 1. Diagram alur seleksi literatur berdasarkan PRISMA 2020. Sumber: disusun penulis berdasarkan Page et al. (2021) dan Haddaway et al. (2022).

Tabel 1. Distribusi studi yang ditinjau berdasarkan tipe ekosistem laut/pesisir

Ekosistem laut/pesisir	Jumlah studi	Persentase (%)	Jasa ekosistem utama yang dibahas
Terumbu karang	10	33,3	Perikanan, perlindungan pantai, pariwisata, konservasi biodiversitas
Hutan mangrove	7	23,3	Sekuestrasi karbon, stabilisasi garis pantai, habitat asuhan
Padang lamun	5	16,7	Penyimpanan karbon biru, siklus nutrisi, penyediaan habitat
Ekosistem laut terbuka	4	13,3	Regulasi iklim, produktivitas perikanan
Ekosistem estuaria	2	6,7	Pemurnian air, retensi nutrisi
Multi-ekosistem laut/pesisir	2	6,7	Jasa ekosistem terpadu dan strategi konservasi
Total	30	100,0	-

Sumber: hasil sintesis penulis berdasarkan literatur yang ditinjau (2026).

Tabel 1 menunjukkan dominasi kajian pada terumbu karang, mangrove, dan lamun. Dominasi tersebut dapat dipahami karena ketiga ekosistem tersebut memiliki keterkaitan langsung dengan perikanan, karbon biru, perlindungan pesisir, wisata bahari, dan konservasi biodiversitas. Sebaliknya, jumlah studi tentang estuaria dan multi-ekosistem masih terbatas, padahal pendekatan bentang laut yang mengintegrasikan konektivitas antar-habitat semakin diperlukan dalam pengelolaan pesisir modern.

Tabel 2. Klasifikasi jasa ekosistem yang didukung oleh biodiversitas laut.

Kategori jasa ekosistem	Deskripsi	Kontribusi biodiversitas laut	Contoh
Jasa penyediaan	Pasokan sumber daya hayati	Perikanan, pangan laut, bahan baku hayati, senyawa bioaktif	Ikan, moluska, krustasea, rumput laut, mikroba laut

Kategori jasa ekosistem	Deskripsi	Kontribusi biodiversitas laut	Contoh
Jasa pengaturan	Pengaturan kondisi lingkungan	Sekuestrasi karbon, perlindungan pantai, regulasi kualitas air dan iklim	Mangrove, lamun, terumbu karang, rawa asin
Jasa pendukung	Proses ekologis dasar	Siklus nutrisi, pembentukan habitat, produktivitas primer, pemeliharaan jejaring trofik	Terumbu karang, bentos, lamun, plankton
Jasa kultural	Manfaat non-material	Pariwisata, rekreasi, pendidikan, penelitian, nilai budaya dan spiritual	Selam, snorkeling, tradisi pesisir, ekowisata bahari

Tabel 3. Ancaman utama terhadap biodiversitas laut dan konsekuensinya terhadap jasa ekosistem

Ancaman	Dampak terhadap biodiversitas laut	Konsekuensi terhadap jasa ekosistem
Perubahan iklim	Pemutihan karang, pergeseran distribusi spesies, perubahan fenologi	Penurunan perlindungan pantai, produktivitas perikanan, dan ketahanan ekosistem
Pengasaman samudra	Gangguan kalsifikasi pada karang, moluska, dan plankton berkapur	Degradasi terumbu dan penurunan kompleksitas habitat
Overfishing	Penurunan populasi, hilangnya predator/pemakan herbivora kunci, erosi genetik	Penurunan ketahanan pangan dan stabilitas jejaring trofik
Pencemaran plastik	Ingesti, jeratan, toksisitas, dan degradasi habitat	Penurunan kesehatan ekosistem dan nilai wisata
Pembangunan pesisir	Konversi mangrove, kerusakan lamun, fragmentasi habitat	Kehilangan habitat asuhan, perlindungan pantai, dan pemurnian air
Spesies invasif	Kompetisi, predasi, modifikasi habitat, gangguan interaksi ekologis	Penurunan biodiversitas lokal dan fungsi ekosistem

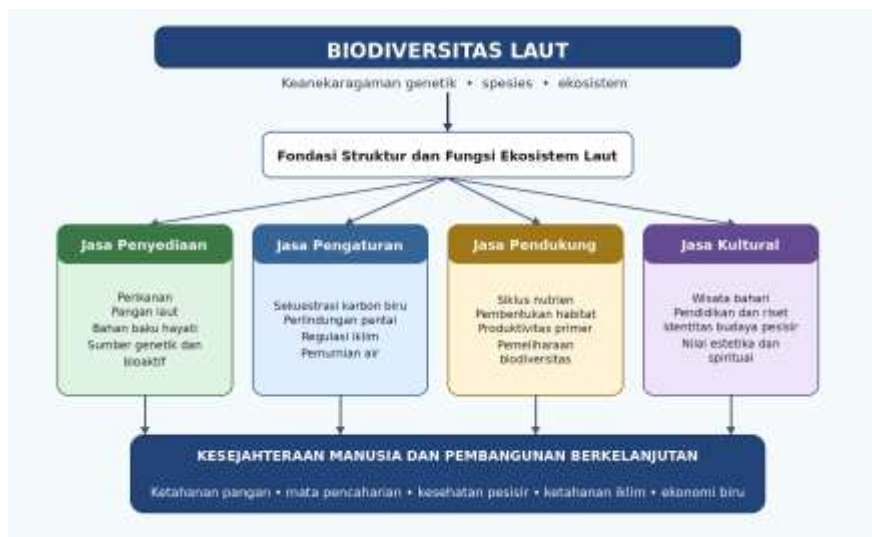
Tabel 4. Sintesis tematik temuan utama dari literatur yang ditinjau.

Tema sintesis	Temuan utama	Implikasi
Biodiversitas laut	Biodiversitas tinggi meningkatkan stabilitas, redundansi fungsional, dan resiliensi	Konservasi perlu memprioritaskan perlindungan fungsi ekologis, bukan hanya jumlah spesies
Produktivitas ekosistem	Habitat yang beragam mendukung perikanan dan produktivitas biologis	Mendukung ketahanan pangan dan ekonomi biru berkelanjutan
Regulasi iklim	Mangrove dan lamun menyimpan karbon biru dalam biomassa dan sedimen	Berpotensi mendukung mitigasi dan adaptasi perubahan iklim
Perlindungan pesisir	Terumbu karang dan mangrove mengurangi energi gelombang dan erosi	Penting untuk pengurangan risiko bencana pesisir
Kesejahteraan manusia	Ekosistem sehat mendukung mata pencaharian, wisata, pendidikan, dan nilai budaya	Memperkuat pembangunan wilayah pesisir yang inklusif
Pengelolaan berkelanjutan	Konservasi terpadu, restorasi, dan perikanan berkelanjutan menjaga jasa ekosistem	Mendukung implementasi SDG 14 dan tata kelola berbasis ekosistem

Klasifikasi tematik menunjukkan bahwa biodiversitas laut mendukung empat kategori jasa ekosistem yang saling berhubungan. Jasa penyediaan terutama terkait dengan produksi pangan laut, sumber daya perikanan, dan sumber genetik. Jasa pengaturan meliputi sequestrasi karbon biru, perlindungan pantai, regulasi kualitas air, dan mitigasi risiko iklim. Jasa pendukung menopang proses ekologis dasar seperti siklus nutrisi dan pembentukan habitat. Jasa kultural mencakup wisata bahari, pendidikan, penelitian, nilai estetika, serta identitas sosial masyarakat pesisir.

Ancaman terhadap biodiversitas laut bersifat multidimensi dan cenderung saling memperkuat. Pemanasan laut dapat mempercepat pemutihan karang, sementara overfishing dapat mengubah struktur jejaring trofik dan menurunkan kapasitas pemulihan. Pencemaran plastik, pembangunan pesisir, dan spesies invasif memperburuk tekanan pada habitat penting seperti mangrove, lamun, dan estuaria. Dengan demikian, penurunan biodiversitas tidak hanya berdampak pada jumlah spesies, tetapi juga pada kemampuan ekosistem untuk mempertahankan fungsi ekologis dan menyediakan jasa bagi manusia.

Sintesis akhir menunjukkan bahwa konservasi biodiversitas laut harus diletakkan sebagai strategi pembangunan, bukan hanya agenda perlindungan alam. Keberlanjutan jasa ekosistem bergantung pada perlindungan habitat kunci, pengelolaan perikanan berbasis sains, restorasi ekosistem, pengurangan pencemaran, dan tata kelola yang melibatkan masyarakat pesisir. Pendekatan ini sejalan dengan konsep ekonomi biru yang menuntut keseimbangan antara pemanfaatan sumber daya, konservasi, keadilan sosial, dan ketahanan iklim.



Gambar 2. Hubungan konseptual antara biodiversitas laut, jasa ekosistem, dan pembangunan berkelanjutan.

PEMBAHASAN

Biodiversitas laut sebagai dasar fungsi ekosistem

Temuan tinjauan ini menegaskan bahwa biodiversitas laut merupakan prasyarat ekologis bagi kelangsungan jasa ekosistem. Keanekaragaman spesies dan fungsi meningkatkan peluang terjadinya komplementaritas ekologis, redundansi fungsional, dan stabilitas proses ekosistem. Pada ekosistem laut, komplementaritas dapat terlihat dari hubungan antara produsen primer, herbivora, predator, bentos, plankton, dan mikroorganisme yang bersama-sama mempertahankan aliran energi,

siklus nutrisi, serta stabilitas jejaring makanan. Ketika keanekaragaman menurun, fungsi tertentu dapat melemah karena hilangnya spesies kunci atau menurunnya keragaman peran ekologis (Campagne et al., 2023; Díaz et al., 2019).

Biodiversitas juga berhubungan langsung dengan resiliensi ekosistem. Ekosistem yang memiliki struktur komunitas lebih beragam cenderung memiliki kapasitas pemulihan yang lebih baik setelah mengalami gangguan seperti badai, gelombang panas laut, pencemaran, atau tekanan penangkapan ikan. Dengan kata lain, biodiversitas menyediakan cadangan ekologis yang memungkinkan ekosistem mempertahankan fungsi walaupun sebagian komponen komunitas mengalami penurunan. Prinsip ini penting untuk kawasan tropis yang menghadapi tekanan antropogenik dan iklim secara bersamaan (Smale et al., 2019; Talukder et al., 2022; Tittensor et al., 2019).

Kontribusi ekosistem kunci: terumbu karang, mangrove, dan lamun

Terumbu karang berkontribusi besar terhadap jasa penyediaan, pendukung, pengaturan, dan kultural. Struktur tiga dimensi terumbu menyediakan habitat, daerah pemijahan, dan tempat mencari makan bagi banyak organisme. Pada saat yang sama, terumbu karang mengurangi energi gelombang, mendukung perikanan karang, dan menjadi daya tarik utama wisata bahari. Akan tetapi, pemutihan massal dan penurunan tutupan karang telah mengurangi kapasitas terumbu dalam menyediakan jasa tersebut. Studi global menunjukkan bahwa penurunan tutupan karang berkorelasi dengan penurunan biodiversitas terkait terumbu dan jasa perikanan, sehingga konservasi terumbu tidak dapat dipisahkan dari pengendalian tekanan iklim dan lokal (Hughes et al., 2018; Eddy et al., 2021; GCRMN, 2021).

Mangrove memiliki peran ganda sebagai habitat produktif dan infrastruktur alam pesisir. Akar mangrove memperlambat arus, menangkap sedimen, menyediakan habitat asuhan, dan mengurangi kerentanan garis pantai terhadap gelombang dan badai. Mangrove juga menyimpan karbon dalam biomassa dan sedimen, sehingga berkontribusi terhadap mitigasi perubahan iklim. Tinjauan ini mendukung argumen bahwa perlindungan mangrove sebaiknya tidak hanya menargetkan luas kawasan, tetapi juga kualitas habitat, konektivitas ekologis, dan nilai jasa ekosistem yang dihasilkan (Friess et al., 2019; Bimrah et al., 2022; Dabalà et al., 2023; International Union for Conservation of Nature, 2024). Kajian terbaru bahkan menunjukkan bahwa peningkatan moderat kawasan lindung dapat memperkuat perlindungan mangrove yang tahan iklim bila dirancang secara strategis (Dabalà et al., 2026).

Padang lamun sering kurang diperhatikan dibandingkan terumbu karang dan mangrove, padahal kontribusinya sangat penting bagi siklus karbon, kejernihan perairan, stabilisasi sedimen, produktivitas ikan, dan pemeliharaan biodiversitas bentik. Kemampuan lamun menyimpan karbon organik dalam sedimen menjadikannya bagian penting dari strategi karbon biru. Namun, lamun rentan terhadap eutrofikasi, sedimentasi, kerusakan fisik, dan gelombang panas laut. Hilangnya lamun dapat melepaskan karbon yang tersimpan serta menurunkan kualitas habitat bagi berbagai organisme pesisir (Arias-Ortiz et al., 2018; Macreadie et al., 2021; Lima et al., 2023).

Tekanan kumulatif terhadap jasa ekosistem laut

Perubahan iklim merupakan ancaman lintas ekosistem yang mempercepat perubahan suhu, intensitas gelombang panas laut, pengasaman, deoksigenasi, dan kenaikan muka laut. Dampak tersebut dapat menggeser distribusi spesies, mengubah musim reproduksi, menurunkan

produktivitas primer, dan mengganggu keseimbangan jejaring trofik. Proyeksi perubahan biomassa laut menunjukkan bahwa efek iklim dapat diperkuat secara trofik sehingga berdampak pada sumber daya perikanan dan ketahanan pangan masyarakat pesisir (IPCC, 2019; IPCC, 2022; Lotze et al., 2019; Cheung et al., 2019).

Overfishing tetap menjadi tekanan utama karena mengurangi kelimpahan stok, struktur ukuran, dan komposisi komunitas ikan. Dampak overfishing tidak hanya berupa penurunan tangkapan, tetapi juga perubahan fungsi ekologis, misalnya hilangnya herbivora yang mengontrol pertumbuhan alga di terumbu karang atau hilangnya predator puncak yang menjaga keseimbangan jejaring makanan. Literatur menunjukkan bahwa pengelolaan perikanan berbasis sains dapat memperbaiki status stok dan membantu mengurangi dampak negatif perubahan iklim terhadap perikanan (Gaines et al., 2018; Hilborn et al., 2020; FAO, 2024).

Pencemaran plastik dan alat tangkap terlantar menambah tekanan langsung terhadap biodiversitas. Plastik makro dapat menyebabkan jeratan dan kerusakan fisik, sedangkan mikroplastik dapat masuk ke rantai makanan dan memengaruhi kesehatan organisme. Di sisi lain, alat tangkap hantu dapat terus menangkap organisme setelah tidak digunakan, merusak habitat, dan menurunkan nilai jasa ekosistem. Oleh karena itu, pengendalian pencemaran laut harus menjadi bagian dari strategi konservasi biodiversitas dan bukan hanya program kebersihan pesisir (Borrelle et al., 2020; Lau et al., 2020; UNEP, 2021; Do & Armstrong, 2023).

Pembangunan pesisir dan ekspansi aktivitas ekonomi laut menciptakan dinamika baru yang disebut blue acceleration, yaitu peningkatan intensitas dan keragaman pemanfaatan ruang laut. Jika tidak dikendalikan, ekspansi tersebut dapat memicu konflik ruang, fragmentasi habitat, dan ketimpangan akses terhadap manfaat ekonomi biru. Karena itu, ekonomi biru harus dirancang dengan prinsip keberlanjutan ekologis, keadilan sosial, dan tata kelola adaptif (Jouffray et al., 2020; Bennett et al., 2019; Cisneros-Montemayor et al., 2021; Elston & Pinto, 2024).

Strategi konservasi dan pengelolaan berkelanjutan

Strategi konservasi yang paling banyak direkomendasikan dalam literatur adalah penguatan kawasan konservasi laut, restorasi habitat, perikanan berkelanjutan, pengendalian pencemaran, dan tata kelola berbasis ekosistem. Kawasan konservasi laut yang dirancang dengan perlindungan memadai, pengawasan efektif, dan dukungan sosial dapat meningkatkan kelimpahan biota, menjaga fungsi habitat, dan memperkuat spillover perikanan. Namun, kawasan konservasi yang hanya bersifat administratif atau paper parks tidak akan efektif bila tidak didukung pembiayaan, pengawasan, penegakan hukum, dan partisipasi masyarakat (Cintio et al., 2023; Grouard-Colvert et al., 2021; Sala et al., 2021).

Restorasi ekosistem menjadi strategi penting untuk membangun kembali fungsi ekologis yang telah menurun. Rehabilitasi mangrove, restorasi lamun, dan pemulihan terumbu karang dapat mendukung penyimpanan karbon, perlindungan pesisir, pemulihan habitat, dan peningkatan produktivitas. Akan tetapi, keberhasilan restorasi memerlukan pemilihan lokasi yang tepat, kesesuaian hidrologi, pengurangan tekanan penyebab kerusakan, pemantauan jangka panjang, serta keterlibatan masyarakat lokal. Dalam konteks Asia Tenggara, tantangan restorasi mangrove terutama berkaitan dengan pemilihan spesies, kondisi geomorfologi, tekanan penggunaan lahan, dan keberlanjutan pemeliharaan pascapenanaman (Gerona-Daga & Salmo III, 2022; Sunkur et al., 2023).

Pengelolaan yang efektif membutuhkan produksi pengetahuan bersama antara ilmuwan, pemerintah, masyarakat, dan pemangku kepentingan ekonomi. Pengetahuan ekologis lokal dapat memperkaya interpretasi ilmiah, terutama dalam memahami musim tangkap, perubahan habitat, lokasi pemijahan, dan nilai budaya ekosistem. Prinsip ko-produksi pengetahuan penting agar kebijakan konservasi tidak hanya berbasis data biofisik, tetapi juga mempertimbangkan kebutuhan sosial, legitimasi lokal, dan distribusi manfaat secara adil (Norström et al., 2020; White et al., 2022; Himes et al., 2024).

Dalam konteks Indonesia, integrasi konservasi biodiversitas laut dengan pariwisata bahari, perikanan skala kecil, restorasi pesisir, dan pendidikan lingkungan menjadi sangat relevan. Kawasan seperti Raja Ampat, Bunaken, Wakatobi, dan wilayah pesisir lain dalam Segitiga Karang menunjukkan bahwa konservasi dapat mendukung mata pencaharian apabila dikelola secara inklusif dan berbasis sains. Pariwisata bahari juga dapat menjadi instrumen konservasi bila diarahkan pada pembatasan daya dukung, pengelolaan sampah, pembiayaan konservasi, dan pemberdayaan masyarakat lokal (Supriyanto, 2022; White et al., 2022; CBD, 2022).

Keterbatasan kajian dan arah penelitian mendatang

Kajian ini memiliki beberapa keterbatasan. Pertama, sintesis dilakukan berdasarkan literatur yang tersedia dan dapat diakses sehingga kemungkinan masih terdapat studi relevan yang tidak teridentifikasi. Kedua, artikel yang dianalisis tidak selalu menggunakan kerangka klasifikasi jasa ekosistem yang sama sehingga diperlukan interpretasi tematik untuk menyatukan kategori temuan. Ketiga, sebagian besar bukti masih berfokus pada ekosistem pesisir utama, terutama terumbu karang, mangrove, dan lamun; sementara ekosistem laut dalam, pelagis, dan estuaria masih kurang terwakili. Keempat, kajian ini bersifat kualitatif sehingga tidak menghitung ukuran efek kuantitatif antara biodiversitas dan jasa ekosistem.

Penelitian mendatang perlu memperluas cakupan geografis, terutama pada wilayah tropis dan negara kepulauan yang memiliki biodiversitas tinggi tetapi sering menghadapi keterbatasan data. Studi empiris juga perlu mengintegrasikan indikator biodiversitas, fungsi ekosistem, nilai ekonomi, dimensi budaya, dan keadilan sosial dalam satu kerangka analisis. Selain itu, pemantauan jangka panjang berbasis penginderaan jauh, survei ekologi, eDNA, dan partisipasi masyarakat dapat memperkuat basis bukti untuk pengelolaan adaptif wilayah pesisir dan laut.

KESIMPULAN

Tinjauan literatur ini menunjukkan bahwa biodiversitas laut merupakan fondasi utama jasa ekosistem yang menopang stabilitas lingkungan, produktivitas ekonomi, ketahanan pesisir, dan kesejahteraan manusia. Sintesis terhadap 30 studi memperlihatkan bahwa terumbu karang, mangrove, padang lamun, perairan terbuka, estuaria, dan ekosistem multi-habitat berkontribusi terhadap jasa penyediaan, pengaturan, pendukung, dan kultural. Kontribusi tersebut meliputi produktivitas perikanan, perlindungan pantai, sequestrasi karbon biru, siklus nutrien, penyediaan habitat, pariwisata, pendidikan, dan nilai budaya pesisir.

Biodiversitas laut saat ini menghadapi tekanan kumulatif dari perubahan iklim, pengasaman samudra, overfishing, pencemaran plastik, pembangunan pesisir, dan spesies invasif. Tekanan tersebut tidak hanya menurunkan jumlah spesies, tetapi juga melemahkan fungsi ekologis yang menentukan keberlanjutan jasa ekosistem. Karena itu, perlindungan biodiversitas laut perlu

diposisikan sebagai strategi pembangunan berkelanjutan, bukan hanya sebagai agenda konservasi sektoral.

Implikasi utama dari kajian ini adalah perlunya pengelolaan laut dan pesisir yang terintegrasi melalui perluasan kawasan konservasi yang efektif, restorasi habitat, perikanan berbasis sains, pengendalian pencemaran, perlindungan ekosistem karbon biru, dan tata kelola partisipatif. Strategi tersebut akan memperkuat resiliensi ekosistem, mendukung ekonomi biru yang berkeadilan, dan membantu pencapaian SDG 14. Untuk konteks Indonesia, penguatan basis data, pemantauan jangka panjang, dan keterlibatan masyarakat pesisir merupakan prasyarat penting agar konservasi biodiversitas laut dapat menghasilkan manfaat ekologis, ekonomi, dan sosial secara berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada institusi akademik dan kolega yang memberikan dukungan ilmiah selama penyusunan artikel tinjauan ini. Apresiasi juga diberikan kepada para peneliti dan lembaga ilmiah yang publikasinya menjadi dasar sintesis dalam artikel ini.

PERNYATAAN KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan dalam penyusunan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arias-Ortiz, A., Serrano, O., Masqué, P., Lavery, P. S., Mueller, U., Kendrick, G. A., Rozaimi, M., Esteban, A., Fourqurean, J. W., Marbà, N., Mateo, M. A., Murray, K., Rule, M. J., & Duarte, C. M. (2018). A marine heatwave drives massive losses from the world's largest seagrass carbon stocks. *Nature Climate Change*, 8(4), 338-344. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0096-y>
- Bennett, N. J., Cisneros-Montemayor, A. M., Blythe, J., Silver, J. J., Singh, G., Andrews, N., Calò, A., Christie, P., Di Franco, A., Finkbeiner, E. M., Gelcich, S., Guidetti, P., Harper, S., Hotte, N., Kittinger, J. N., Le Billon, P., Lister, J., López de la Lama, R., McKinley, E., ... Sumaila, U. R. (2019). Towards a sustainable and equitable blue economy. *Nature Sustainability*, 2, 991-993. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0404-1>
- Bimrah, K., Dasgupta, R., Hashimoto, S., Saizen, I., & Dhyani, S. (2022). Ecosystem services of mangroves: A systematic review and synthesis of contemporary scientific literature. *Sustainability*, 14(19), 12051. <https://doi.org/10.3390/su141912051>
- Borrelle, S. B., Ringma, J., Lavender Law, K., Monnahan, C. C., Lebreton, L., McGivern, A., Murphy, E., Jambeck, J., Leonard, G. H., Hilleary, M. A., Eriksen, M., Possingham, H. P., De Frond, H., Gerber, L. R., Polidoro, B., Tahir, A., Bernard, M., Mallos, N., Barnes, M., & Rochman, C. M. (2020). Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. *Science*, 369(6510), 1515-1518. <https://doi.org/10.1126/science.aba3656>
- Braun, V., & Clarke, V. (2021). One size fits all? What counts as quality practice in reflexive thematic analysis? *Qualitative Research in Psychology*, 18(3), 328-352. <https://doi.org/10.1080/14780887.2020.1769238>
- Campagne, C. S., Roche, P. K., Gosselin, F., Tschanz, L., & Tatoni, T. (2023). Existing evidence on the impact of changes in marine ecosystem structure and functioning on ecosystem service delivery: A systematic map. *Environmental Evidence*, 12, 17. <https://doi.org/10.1186/s13750-023-00305-y>

- Cheung, W. W. L., Frölicher, T. L., Asch, R. G., Jones, M. C., Pinsky, M. L., Reygondeau, G., Rodgers, K. B., Rykaczewski, R. R., Sarmiento, J. L., Stock, C., & Watson, J. R. (2019). Marine high temperature extremes amplify the impacts of climate change on fish and fisheries. *Science Advances*, 5(7), eaau1921. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aau1921>
- Cintio, A. D., Niccolini, F., & Scipioni, S. (2023). Avoiding 'paper parks': A global literature review on socioeconomic factors underpinning the effectiveness of marine protected areas. *Sustainability*, 15(6), 5093. <https://doi.org/10.3390/su15065093>
- Cisneros-Montemayor, A. M., Moreno-Báez, M., Reygondeau, G., Cheung, W. W. L., Crosman, K. M., González-Espinosa, P. C., Lam, V. W. Y., Oyinlola, M. A., Singh, G. G., Swartz, W., Zheng, C., & Ota, Y. (2021). Enabling conditions for an equitable and sustainable blue economy. *Nature*, 591, 396-401. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03327-3>
- Convention on Biological Diversity. (2022). Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework. CBD/COP/15/L.25. Secretariat of the Convention on Biological Diversity.
- Dabalà, A., Dahdouh-Guebas, F., Dunn, D. C., Everett, J. D., Lovelock, C. E., Hanson, J. O., et al. (2023). Priority areas to protect mangroves and maximise ecosystem services. *Nature Communications*, 14, 5863. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41333-3>
- Dabalà, A., Brown, C. J., Van der Stocken, T., Dunn, D. C., Lovelock, C. E., Neubert, S., Buenafe, K. C. V., Everett, J. D., Schoeman, D. S., Esturas, K. J. T., & Richardson, A. J. (2026). Safeguarding climate-resilient mangroves requires only a moderate increase in the global protected area. *Nature Communications*, 17, 2063. <https://doi.org/10.1038/s41467-026-68877-4>
- Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E. S., Ngo, H. T., Agard, J., Arneeth, A., et al. (2019). Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. *Science*, 366(6471), eaax3100. <https://doi.org/10.1126/science.aax3100>
- Do, H., & Armstrong, C. W. (2023). Ghost fishing gear and their effect on ecosystem services: Identification and knowledge gaps. *Marine Policy*, 150, 105528. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2023.105528>
- Duarte, C. M., Agusti, S., Barbier, E., Britten, G. L., Castilla, J. C., Gattuso, J. P., Fulweiler, R. W., Hughes, T. P., Knowlton, N., Lovelock, C. E., Lotze, H. K., Predragovic, M., Poloczanska, E., Roberts, C., & Worm, B. (2020). Rebuilding marine life. *Nature*, 580, 39-51. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2146-7>
- Eddy, T. D., Lam, V. W. Y., Reygondeau, G., Cisneros-Montemayor, A. M., Greer, K., Palomares, M. L. D., Bruno, J. F., Ota, Y., & Cheung, W. W. L. (2021). Global decline in capacity of coral reefs to provide ecosystem services. *One Earth*, 4(9), 1278-1285. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2021.08.016>
- Elston, J., & Pinto, H. (2024). Tides of change for a sustainable blue economy: A systematic literature review of innovation in maritime activities. *Sustainability*, 16(1), 331. <https://doi.org/10.3390/su16010331>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). The State of World Fisheries and Aquaculture 2024: Blue Transformation in action. FAO. <https://doi.org/10.4060/cd0683en>
- Friess, D. A., Rogers, K., Lovelock, C. E., Krauss, K. W., Hamilton, S. E., Lee, S. Y., Lucas, R., Primavera, J., Rajkaran, A., & Shi, S. (2019). The state of the world's mangrove forests: Past, present, and future. *Annual Review of Environment and Resources*, 44, 89-115. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-101718-033302>
- Gaines, S. D., Costello, C., Owashi, B., Mangin, T., Bone, J., García Molinos, J., Burden, M.,

- Dennis, H., Halpern, B. S., Kappel, C. V., Kleisner, K. M., & Ovando, D. (2018). Improved fisheries management could offset many negative effects of climate change. *Science Advances*, 4(8), eaao1378. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aao1378>
- Gerona-Daga, M. E. B., & Salmo III, S. G. (2022). A systematic review of mangrove restoration studies in Southeast Asia: Challenges and opportunities for the United Nations Decade on Ecosystem Restoration. *Frontiers in Marine Science*, 9, 987737. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.987737>
- Global Coral Reef Monitoring Network. (2021). *Status of Coral Reefs of the World: 2020*. Australian Institute of Marine Science.
- Grorud-Colvert, K., Sullivan-Stack, J., Roberts, C., Constant, V., Horta e Costa, B., Pike, E. P., Kingston, N., Laffoley, D., Sala, E., Claudet, J., Friedlander, A. M., Gill, D. A., Lester, S. E., Day, J. C., Gonçalves, E. J., Ahmadi, G. N., Rand, M., Villagomez, A., Ban, N. C., ... 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>
- Haddaway, N. R., Page, M. J., Pritchard, C. C., & McGuinness, L. A. (2022). PRISMA2020: An R package and Shiny app for producing PRISMA 2020-compliant flow diagrams. *Campbell Systematic Reviews*, 18(2), e1230. <https://doi.org/10.1002/cl2.1230>
- Halpern, B. S., Frazier, M., Afflerbach, J., Lowndes, J. S. S., Micheli, F., O'Hara, C., Scarborough, C., & Selkoe, K. A. (2019). Recent pace of change in human impact on the world's ocean. *Scientific Reports*, 9, 11609. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-47201-9>
- Hilborn, R., Amoroso, R. O., Anderson, C. M., Baum, J. K., Branch, T. A., Costello, C., de Moor, C. L., Faraj, A., Hively, D., Jensen, O. P., Kurota, H., Little, L. R., Mace, P., McClanahan, T., Melnychuk, M. C., Minto, C., Osio, G. C., Parma, A. M., Pons, M., ... Ye, Y. (2020). Effective fisheries management instrumental in improving fish stock status. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(4), 2218-2224. <https://doi.org/10.1073/pnas.1909726116>
- Himes, A., Muraca, B., Anderson, C. B., Athayde, S., Beery, T., Cantú-Fernández, M., et al. (2024). Why nature matters: A systematic review of intrinsic, instrumental, and relational values. *BioScience*, 74(1), 25-43. <https://doi.org/10.1093/biosci/biad109>
- Hughes, T. P., Anderson, K. D., Connolly, S. R., Heron, S. F., Kerry, J. T., Lough, J. M., Baird, A. H., Baum, J. K., Berumen, M. L., Bridge, T. C., Claar, D. C., Eakin, C. M., Gilmour, J. P., Graham, N. A. J., Harrison, H., Hobbs, J. P. A., Hoey, A. S., Hoogenboom, M., Lowe, R. J., ... Wilson, S. K. (2018). Spatial and temporal patterns of mass bleaching of corals in the Anthropocene. *Science*, 359(6371), 80-83. <https://doi.org/10.1126/science.aan8048>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019). *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. IPCC.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. (2019). *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services*. IPBES Secretariat. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>
- International Union for Conservation of Nature. (2024). *The IUCN Red List of Ecosystems: Mangrove Ecosystems*. IUCN.
- Jouffray, J. B., Blasiak, R., Norström, A. V., Österblom, H., & Nyström, M. (2020). The blue

- acceleration: The trajectory of human expansion into the ocean. *One Earth*, 2(1), 43-54. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.12.016>
- Lau, W. W. Y., Shiran, Y., Bailey, R. M., Cook, E., Stuchtey, M. R., Koskella, J., Velis, C. A., Godfrey, L., Boucher, J., Murphy, M. B., Thompson, R. C., Jankowska, E., Castillo Castillo, A., Pilditch, T. D., Dixon, B., Koerselman, L., Kosior, E., Favoino, E., Gutberlet, J., ... Palardy, J. E. (2020). Evaluating scenarios toward zero plastic pollution. *Science*, 369(6510), 1455-1461. <https://doi.org/10.1126/science.aba9475>
- Lima, M. D. A. C., Bergamo, T. F., Ward, R. D., & Joyce, C. B. (2023). A review of seagrass ecosystem services: Providing nature-based solutions for a changing world. *Hydrobiologia*, 850, 2655-2670. <https://doi.org/10.1007/s10750-023-05244-0>
- Lotze, H. K., Tittensor, D. P., Bryndum-Buchholz, A., Eddy, T. D., Cheung, W. W. L., Galbraith, E. D., Barange, M., Barrier, N., Bianchi, D., Blanchard, J. L., Bopp, L., Büchner, M., Bulman, C. M., Carozza, D. A., Christensen, V., Coll, M., Dunne, J. P., Fulton, E. A., Jennings, S., ... Worm, B. (2019). Global ensemble projections reveal trophic amplification of ocean biomass declines with climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(26), 12907-12912. <https://doi.org/10.1073/pnas.1900194116>
- Macreadie, P. I., Costa, M. D. P., Atwood, T. B., Friess, D. A., Kelleway, J. J., Kennedy, H., Lovelock, C. E., Serrano, O., & Duarte, C. M. (2021). Blue carbon as a natural climate solution. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2, 826-839. <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00224-1>
- Norström, A. V., Cvitanovic, C., Löf, M. F., West, S., Wyborn, C., Balvanera, P., Bednarek, A. T., Bennett, E. M., Biggs, R., de Bremond, A., Campbell, B. M., Canadell, J. G., Carpenter, S. R., Folke, C., Fulton, E. A., Gaffney, O., Gelcich, S., Jouffray, J. B., Leach, M., ... Österblom, H. (2020). Principles for knowledge co-production in sustainability research. *Nature Sustainability*, 3, 182-190. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0448-2>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Sala, E., Mayorga, J., Bradley, D., Cabral, R. B., Atwood, T. B., Auber, A., Cheung, W., Costello, C., Ferretti, F., Friedlander, A. M., Gaines, S. D., Garilao, C., Goodell, W., Halpern, B. S., Hinson, A., Kaschner, K., Kesner-Reyes, K., Leprieur, F., McGowan, J., ... Lubchenco, J. (2021). Protecting the global ocean for biodiversity, food and climate. *Nature*, 592, 397-402. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03371-z>
- Smale, D. A., Wernberg, T., Oliver, E. C. J., Thomsen, M., Harvey, B. P., Straub, S. C., Burrows, M. T., Alexander, L. V., Benthuisen, J. A., Donat, M. G., Feng, M., Hobday, A. J., Holbrook, N. J., Perkins-Kirkpatrick, S. E., Scannell, H. A., Sen Gupta, A., Payne, B. L., & Moore, P. J. (2019). Marine heatwaves threaten global biodiversity and the provision of ecosystem services. *Nature Climate Change*, 9, 306-312. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0412-1>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333-339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Solé Figueras, L., Frigstad, H., Zinger, I., Ban, N. C., & Meunier, C. L. (2024). How are the

- impacts of multiple anthropogenic drivers considered in marine ecosystem service research? A systematic literature review. *Journal of Applied Ecology*, 61(7), 1212-1226. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14625>
- Sunkur, R., Kantamaneni, K., Bokhoree, C., & Ravan, S. (2023). Mangroves' role in supporting ecosystem-based techniques to reduce disaster risk and adapt to climate change: A review. *Journal of Sea Research*, 196, 102449. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2023.102449>
- Supriyanto, E. E. (2022). Blue tourism: Treating marine ecosystems and increasing the potential of maritime tourism in Indonesia. *Jurnal Kepariwisata Indonesia*, 16(2), 138-148. <https://doi.org/10.47608/jki.v16i22022.138-148>
- Talukder, B., Ganguli, N., Matthew, R., vanLoon, G. W., Hipel, K. W., & Orbinski, J. (2022). Climate change-accelerated ocean biodiversity loss and associated planetary health impacts. *The Journal of Climate Change and Health*, 6, 100114. <https://doi.org/10.1016/j.joclim.2022.100114>
- Tittensor, D. P., Beger, M., Boerder, K., Boyce, D. G., Cavanagh, R. D., Cosandey-Godin, A., Crespo, G. O., Dunn, D. C., Ghiffary, W., Grant, S. M., Hannah, L., Halpin, P. N., Harfoot, M., Heaslip, S. G., Jeffery, N. W., Kingston, N., Lotze, H. K., McGowan, J., McLeod, E., ... Worm, B. (2019). Integrating climate adaptation and biodiversity conservation in the global ocean. *Science Advances*, 5(11), eaay9969. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aay9969>
- United Nations Environment Programme. (2021). *From Pollution to Solution: A global assessment of marine litter and plastic pollution*. UNEP.
- White, C. M., Mangubhai, S., Rumetna, L., & Brooks, C. M. (2022). The bridging role of non-governmental organizations in the planning, adoption, and management of the marine protected area network in Raja Ampat, Indonesia. *Marine Policy*, 141, 105095. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2022.105095>
- Zhao, Y., Han, Z., Zhang, C., Wang, Y., Zhong, J., & Gao, M. (2024). Coastal cultural ecosystem services: A bridge between the natural ecosystem and social ecosystem for sustainable development. *Land*, 13(9), 1352. <https://doi.org/10.3390/land13091352>