

RUDYCT ACADEMIC SERIES 2026

Ekosistem Laut dan Keanekaragaman Hayati Maritim

Telaah Ekologis, Sosial-Ekonomi, Tata Kelola, dan Agenda Konservasi Indonesia

Prof. Ir. Rudy C. Tarumingkeng, PhD

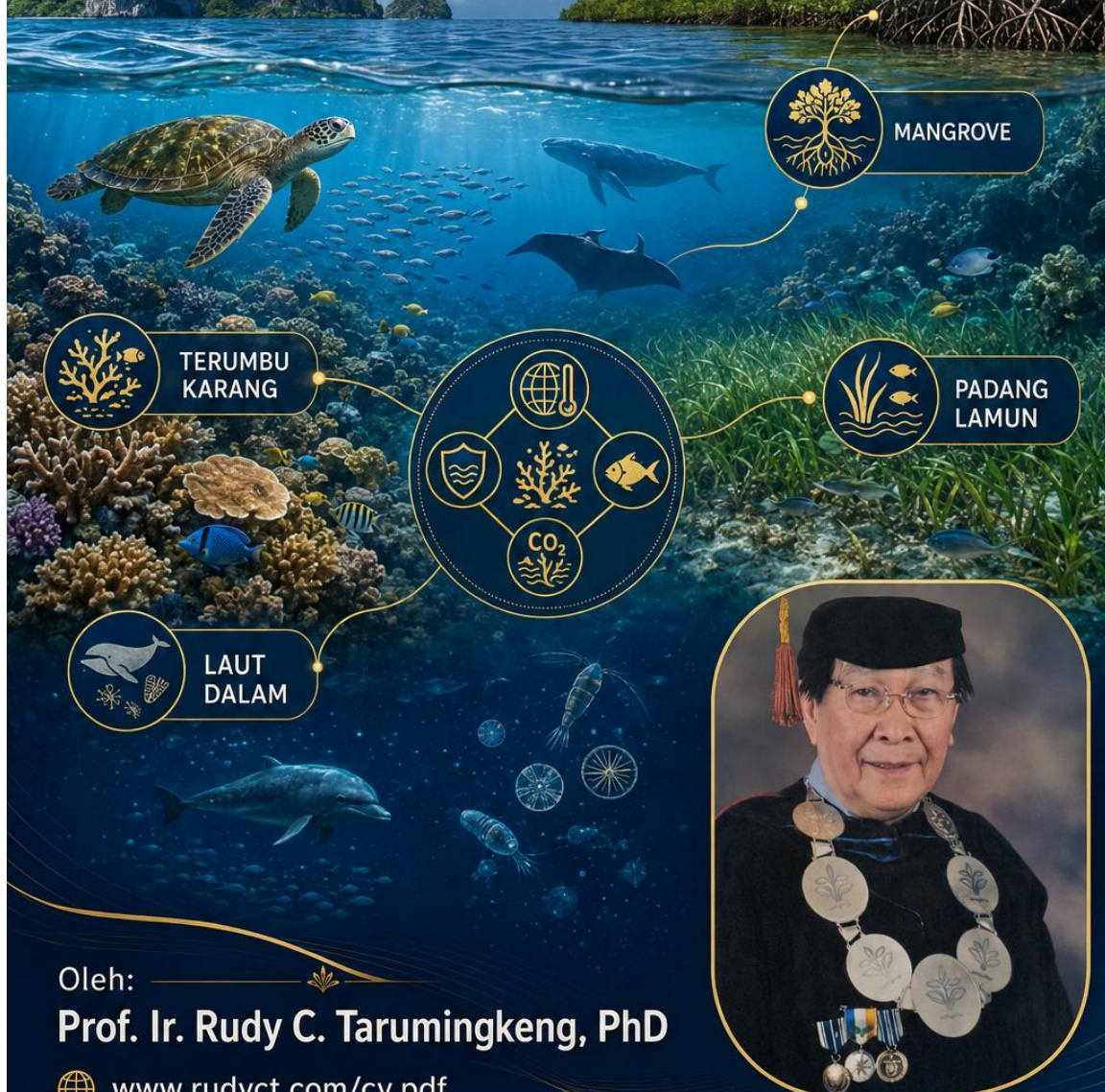
www.rudycr.com/cv.pdf

Bogor, Indonesia • 2026

RUDYCT ACADEMIC SERIES 2026

EKOSISTEM LAUT DAN KEANEKARAGAMAN HAYATI MARITIM

Menjaga Kehidupan • Memperkuat Ketahanan • Mewariskan Masa Depan



Oleh: **Prof. Ir. Rudy C. Tarumingkeng, PhD**

www.rudyc.com/cv.pdf

Abstrak

Artikel ini membahas ekosistem laut dan keanekaragaman hayati maritim sebagai satu sistem sosial-ekologis yang menopang stabilitas iklim, produktivitas perikanan, perlindungan pantai, kesehatan masyarakat, identitas budaya, dan perekonomian biru. Pembahasan bergerak dari proses fisik-biogeokimia laut, keragaman genetik, spesies, fungsi, dan habitat, menuju terumbu karang, mangrove, padang lamun, estuari, laut pelagis, dasar laut dalam, serta konektivitas darat–pesisir–laut. Perhatian khusus diberikan kepada Indonesia sebagai negara kepulauan di pusat Coral Triangle. Analisis menunjukkan bahwa penangkapan berlebih, pencemaran, perubahan tata guna lahan, spesies invasif, pemanasan, pengasaman, deoksigenasi, dan kenaikan muka laut bekerja secara kumulatif. Karena itu, konservasi tidak cukup berupa penetapan kawasan, tetapi memerlukan pengelolaan berbasis ekosistem, jejaring kawasan konservasi yang efektif dan berkeadilan, perikanan adaptif, restorasi berbasis bukti, pengetahuan lokal, pembiayaan berkelanjutan, serta sistem pemantauan terbuka. Artikel mengusulkan transformasi tata kelola yang menghubungkan integritas ekologis dengan kesejahteraan pesisir, akuntabilitas ekonomi, keadilan antargenerasi, dan ketahanan iklim.

Kata Kunci: ekosistem laut; biodiversitas maritim; terumbu karang; mangrove; lamun; Coral Triangle; ekonomi biru; konservasi; perubahan iklim; tata kelola laut

Catatan Penulis

Laut bukan ruang kosong di antara pulau-pulau. Ia merupakan jaringan kehidupan yang menghubungkan atmosfer, daratan, sungai, pesisir, masyarakat, pasar, dan kebijakan. Bagi Indonesia, memahami laut berarti memahami dasar biofisik keberlanjutan bangsa kepulauan. Naskah ini disusun sebagai artikel akademik-naratif yang dapat dipakai untuk pengajaran, diskusi kebijakan, dan pengembangan wawasan lintas disiplin.

Daftar Isi

1. Pendahuluan: Laut sebagai Sistem Penyangga Kehidupan
2. Fondasi Fisik dan Biogeokimia Ekosistem Laut
3. Dimensi Keanekaragaman Hayati Maritim
4. Terumbu Karang: Kota Biologis di Laut Tropis
5. Mangrove, Lamun, dan Estuari
6. Laut Pelagis, Dasar Laut, dan Ekosistem Laut Dalam
7. Jasa Ekosistem dan Nilai bagi Masyarakat

8. Indonesia dan Coral Triangle
 9. Perikanan, Akuakultur, dan Rantai Pangan Laut
 10. Ancaman Lokal dan Dampak Kumulatif
 11. Perubahan Iklim: Pemanasan, Pengasaman, dan Deoksigenasi
 12. Konservasi Berbasis Kawasan dan Konektivitas
 13. Restorasi Ekosistem Laut
 14. Tata Ruang Laut dan Pengelolaan Berbasis Ekosistem
 15. Ekonomi Biru dan Bisnis yang Bergantung pada Alam
 16. Sains, Teknologi, dan Pemantauan Biodiversitas
 17. Pengetahuan Lokal, Pendidikan, dan Keadilan
 18. Agenda Strategis Indonesia 2026–2045
 19. Kesimpulan
- Glossarium
- Daftar Pustaka

1. Pendahuluan: Laut sebagai Sistem Penyangga Kehidupan

Laut menutupi sebagian besar permukaan planet dan menjadi pengatur utama suhu, siklus air, karbon, oksigen, serta distribusi unsur hara. Namun kebesaran geografis itu sering menimbulkan ilusi bahwa laut tidak terbatas. Dalam kenyataan ekologis, produktivitas dan daya pulih laut dibatasi oleh suhu, cahaya, sirkulasi, ketersediaan nutrisi, struktur habitat, dan kecepatan reproduksi organisme. Kerusakan yang terjadi pada satu teluk dapat menyebar melalui arus, rantai makanan, perdagangan, atau perpindahan armada penangkapan. Karena itu, laut harus dipahami sebagai sistem dinamis dengan batas-batas biofisik yang nyata.

Konsep ekosistem menempatkan organisme, lingkungan fisik, dan aliran energi dalam satu kesatuan analisis. Biodiversitas menambahkan dimensi variasi: gen, populasi, spesies, sifat fungsional, komunitas, habitat, dan bentang laut. Dua konsep tersebut tidak identik, tetapi saling menguatkan. Ekosistem menjelaskan hubungan dan proses, sedangkan biodiversitas menjelaskan banyaknya bentuk kehidupan serta pilihan-pilihan ekologis yang memungkinkan sistem bertahan terhadap gangguan. Dalam pengelolaan, keduanya perlu dipertemukan agar kebijakan tidak berhenti pada jumlah spesies atau luasan kawasan.

Bagi masyarakat pesisir, laut adalah ruang hidup, sumber pangan, jalur mobilitas, tempat kerja, warisan budaya, dan wilayah spiritual. Nilai tersebut tidak seluruhnya dapat dikonversi menjadi harga pasar. Ikan memiliki nilai komersial, tetapi keberlanjutan stok, rasa aman nelayan, pengetahuan musim, dan identitas kampung juga merupakan bagian dari manfaat laut. Perspektif jasa ekosistem berguna untuk memperlihatkan kontribusi tersebut, selama tidak menyederhanakan alam menjadi komoditas semata. Kerangka yang lebih utuh mengakui nilai intrinsik, relasional, budaya, dan ekonomi secara bersamaan.

Urgensi pembahasan meningkat karena perubahan iklim memperkuat tekanan yang sudah ada. Gelombang panas laut, kenaikan muka laut, pengasaman, deoksigenasi, badai, dan perubahan distribusi spesies berinteraksi dengan penangkapan berlebih, pencemaran, sedimentasi, reklamasi, serta fragmentasi habitat. IPCC menilai bahwa risiko terhadap ekosistem laut meningkat bersama bertambahnya pemanasan global (IPCC, 2019, 2022). Oleh sebab itu, adaptasi sektoral yang terpisah-pisah tidak cukup; dibutuhkan transformasi kelembagaan dan pola produksi-konsumsi.

Dalam konteks 1. pendahuluan, dimensi resiliensi perlu diberi perhatian khusus. Resiliensi bukan kemampuan kembali persis ke keadaan lama, melainkan kapasitas menyerap gangguan, mempertahankan fungsi penting, beradaptasi, dan bila perlu bertransformasi tanpa kehilangan identitas sosial-ekologis. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus

dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 1. pendahuluan, dimensi skala perlu diberi perhatian khusus. Masalah laut selalu bersifat multiskala: proses mikroba terjadi dalam mikrometer dan jam, sementara arus, migrasi, perubahan iklim, serta investasi bekerja lintas dekade dan yurisdiksi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

2. Fondasi Fisik dan Biogeokimia Ekosistem Laut

Struktur kehidupan laut ditentukan oleh gradien cahaya, suhu, tekanan, salinitas, oksigen, arus, dan kedalaman. Zona fotik memungkinkan fotosintesis fitoplankton, lamun, alga, dan simbiosis karang, sedangkan zona afotik bergantung pada materi organik yang tenggelam, migrasi vertikal, kemosintesis, dan jaringan makanan khusus. Perbedaan beberapa meter pada kedalaman, kejernihan, atau paparan gelombang dapat menghasilkan komunitas yang sangat berbeda. Karena itu, peta habitat perlu menangkap heterogenitas, bukan sekadar membagi laut menjadi pesisir dan lepas pantai.

Sirkulasi laut memindahkan panas, larva, nutrisi, polutan, dan karbon. Upwelling membawa air kaya nutrisi ke permukaan sehingga meningkatkan produktivitas primer, tetapi dapat pula mengangkat air rendah oksigen atau lebih asam. Front oseanografi mempertemukan massa air dan sering menjadi lokasi konsentrasi plankton, ikan, burung, serta mamalia laut. Di Indonesia, arus lintas kepulauan dan kompleksitas selat membentuk konektivitas ekologis yang tinggi sekaligus menuntut kerja sama antardaerah dalam pengelolaan.

Siklus karbon laut mencakup pompa kelarutan, pompa biologis, dan penyimpanan dalam sedimen pesisir. Fitoplankton menangkap karbon melalui fotosintesis; sebagian dimakan, direspirasikan, didaur ulang, atau tenggelam ke kedalaman. Mangrove, lamun, dan rawa pasang surut menyimpan karbon dalam

biomassa serta sedimen selama waktu panjang, sehingga dikenal sebagai ekosistem karbon biru. Akan tetapi, bila habitat terganggu, cadangan karbon dapat terlepas dan fungsi perlindungan pantai menurun bersamaan.

Nitrogen, fosfor, silika, dan unsur mikro membatasi produktivitas pada tempat dan waktu tertentu. Masukan nutrisi dari pertanian, limbah domestik, dan akuakultur dapat mendorong eutrofikasi: ledakan alga, penurunan kejernihan, dekomposisi intensif, dan hipoksia. Masalah ini memperlihatkan bahwa kesehatan laut ditentukan pula oleh tata kelola daerah aliran sungai. Prinsip *source-to-sea* menuntut koordinasi dari hulu hingga zona ekonomi eksklusif.

Dalam konteks 2. fondasi fisik dan biogeokimia ekosistem laut, dimensi ketidakpastian perlu diberi perhatian khusus. Ketidakpastian perlu dinyatakan secara terbuka melalui rentang, tingkat keyakinan, skenario, dan asumsi. Ia tidak menghapus kebutuhan bertindak ketika risiko besar, tertunda, atau tidak dapat dipulihkan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembandingan digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 2. fondasi fisik dan biogeokimia ekosistem laut, dimensi indikator perlu diberi perhatian khusus. Indikator yang baik harus relevan terhadap tujuan, sensitif terhadap perubahan, dapat diukur berulang, dan memiliki ambang yang menghubungkan informasi dengan keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembandingan digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

3. Dimensi Keanekaragaman Hayati Maritim

Keanekaragaman genetik merupakan variasi di dalam spesies yang menentukan kapasitas adaptasi terhadap suhu, penyakit, salinitas, dan gangguan. Populasi karang atau ikan yang tampak sama secara morfologis dapat memiliki struktur genetik berbeda dan konektivitas terbatas. Kehilangan populasi lokal berarti kehilangan kombinasi gen yang mungkin penting bagi ketahanan masa depan. Konservasi karenanya perlu menjaga ukuran populasi efektif, jalur migrasi, lokasi pemijahan, dan representasi unit evolusioner.

Keanekaragaman spesies adalah dimensi yang paling mudah dikenali, tetapi pengukurannya menuntut perhatian terhadap spesies langka, kriptik, mikroba, dan kelompok yang belum banyak diteliti. Inventarisasi taksonomi masih timpang secara geografis dan bias terhadap organisme besar atau bernilai ekonomi. Metabarcoding DNA lingkungan, citra bawah air, dan akustik dapat memperluas deteksi, tetapi tidak menggantikan keahlian taksonomi, spesimen rujukan, dan pengamatan lapangan.

Keanekaragaman fungsional menilai perbedaan peran organisme, misalnya herbivora yang mengendalikan alga, predator puncak yang membentuk perilaku mangsa, pemakan suspensi yang menyaring air, serta bioturbator yang mengaduk sedimen. Dua komunitas dengan jumlah spesies sama dapat memiliki stabilitas berbeda bila salah satunya kehilangan fungsi kunci. Redundansi fungsional memberi cadangan ketika satu spesies menurun, meskipun tidak semua fungsi dapat saling menggantikan.

Keanekaragaman ekosistem mencakup mosaik terumbu, mangrove, lamun, estuari, pantai berpasir, rawa pasang surut, laut pelagis, gunung bawah laut, ventilasi hidrotermal, dan dataran abisal. Nilai biodiversitas muncul bukan hanya dari tiap habitat, melainkan dari konektivitas di antara habitat tersebut. Pendekatan bentang laut atau seascape ecology menilai pergerakan organisme, bahan, energi, serta pengaruh konfigurasi ruang terhadap fungsi ekologis.

Dalam konteks 3. dimensi keanekaragaman hayati maritim, dimensi kelembagaan perlu diberi perhatian khusus. Kegagalan ekologis sering berakar pada kegagalan kelembagaan: kewenangan terpecah, insentif salah arah, data tertutup, pengawasan lemah, dan kelompok terdampak tidak memiliki suara. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih

aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 3. dimensi keanekaragaman hayati maritim, dimensi keadilan perlu diberi perhatian khusus. Keadilan menuntut perhatian pada siapa yang memperoleh manfaat, siapa menanggung biaya, siapa diakui pengetahuannya, dan siapa dapat memengaruhi keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

4. Terumbu Karang: Kota Biologi di Laut Tropis

Terumbu karang dibangun oleh koloni hewan karang yang bersimbiosis dengan mikroalga fotosintetik. Struktur tiga dimensinya menyediakan tempat berlindung, makan, pemijahan, dan pembesaran bagi ribuan organisme. Produktivitas tinggi di perairan yang relatif miskin nutrisi dimungkinkan oleh daur ulang unsur yang efisien, simbiosis, dan interaksi kompleks. Keragaman ini menjadikan terumbu karang penting bagi perikanan, wisata, obat-obatan potensial, dan perlindungan garis pantai.

Pemutihan terjadi ketika stres, terutama suhu tinggi, mengganggu hubungan karang dengan simbiotiknya. Karang yang memutih belum tentu mati, tetapi kehilangan sumber energi utama dan menjadi lebih rentan terhadap penyakit serta kompetisi. Dampak gelombang panas bergantung pada intensitas, durasi, riwayat paparan, kualitas air, spesies, dan waktu pemulihan antarkejadian. Bila gangguan terlalu sering, komunitas dapat bergeser dari dominasi karang menuju alga atau struktur yang lebih sederhana.

Tekanan lokal mempersempit ruang adaptasi karang. Sedimentasi menutup permukaan dan mengurangi cahaya; nutrisi mengubah kompetisi; penangkapan herbivora melemahkan pengendalian alga; alat tangkap merusak struktur; dan pembangunan pantai memutus konektivitas. Mengurangi tekanan tersebut tidak menghentikan pemanasan global, tetapi memperbesar peluang bertahan dan pulih. Konservasi terumbu dengan demikian merupakan strategi lokal sekaligus bagian dari mitigasi iklim global.

Restorasi karang mencakup pembibitan, transplantasi, stabilisasi substrat, peningkatan rekrutmen, dan eksperimen ketahanan panas. Intervensi dapat berguna pada lokasi prioritas, tetapi tidak boleh

dipromosikan sebagai pengganti pengurangan emisi atau perbaikan kualitas perairan. Skala restorasi masih kecil dibandingkan luas ancaman. Keberhasilan harus diukur melalui kelangsungan hidup jangka panjang, reproduksi, keragaman genetik, fungsi habitat, dan manfaat sosial, bukan jumlah fragmen yang ditanam.

Dalam konteks 4. terumbu karang, dimensi pembelajaran perlu diberi perhatian khusus. Pengelolaan harus membangun siklus pembelajaran: menetapkan tujuan, mengukur kondisi awal, melaksanakan tindakan, memantau hasil, mengevaluasi sebab, lalu memperbaiki kebijakan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 4. terumbu karang, dimensi konektivitas perlu diberi perhatian khusus. Konektivitas ekologis mengingatkan bahwa kualitas satu tempat bergantung pada tempat lain melalui arus, larva, migrasi, sedimen, nutrisi, dan aktivitas ekonomi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

5. Mangrove, Lamun, dan Estuari

Mangrove hidup pada zona pasang surut tropis dan subtropis, menghadapi salinitas, genangan, sedimen lunak, dan gelombang. Akar kompleks memerangkap sedimen, meredam energi gelombang, menyediakan habitat asuhan, dan menopang rantai detritus. Mangrove juga menyimpan karbon besar dalam tanah anaerob. Nilai tersebut sering tidak terlihat dalam keputusan konversi karena manfaatnya tersebar lintas sektor dan waktu, sedangkan keuntungan tambak atau properti tampak segera.

Padang lamun adalah ekosistem tumbuhan berbunga laut yang menstabilkan sedimen, meningkatkan kejernihan air, menyimpan karbon, dan menjadi habitat dugong, penyu, ikan, serta invertebrata. Lamun sensitif terhadap kekeruhan, nutrisi berlebih, jangkar, pengerukan, dan perubahan garis pantai. Karena berada di perairan dangkal yang digunakan intensif, degradasinya dapat berlangsung tanpa perhatian publik sebesar kerusakan terumbu atau mangrove.

Estuari mempertemukan air tawar dan laut, menciptakan gradien salinitas serta produktivitas tinggi. Ia berfungsi sebagai tempat pembesaran, jalur migrasi, penyaring bahan, dan penyangga banjir. Namun estuari juga menerima beban pencemaran dari seluruh daerah aliran sungai. Reklamasi, bendungan, ekstraksi air, dan modifikasi muara mengubah sedimen, aliran, serta isyarat migrasi organisme.

Keterhubungan mangrove–lamun–terumbu menghasilkan manfaat sinergis. Ikan dapat menggunakan mangrove sebagai tempat berlindung saat juvenil, lamun sebagai kawasan mencari makan, dan terumbu sebagai habitat dewasa. Mangrove serta lamun menahan sedimen yang bila berlebihan merusak karang, sedangkan terumbu memecah gelombang sehingga melindungi habitat di belakangnya. Konservasi satu habitat tanpa memperhatikan tetangganya dapat gagal mempertahankan siklus hidup spesies dan jasa ekosistem (Moberg & Rönnbäck, 2003; zu Ermgassen et al., 2021).

Dalam konteks 5. mangrove, lamun, dan estuari, dimensi resiliensi perlu diberi perhatian khusus. Resiliensi bukan kemampuan kembali persis ke keadaan lama, melainkan kapasitas menyerap gangguan, mempertahankan fungsi penting, beradaptasi, dan bila perlu bertransformasi tanpa kehilangan identitas sosial-ekologis. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 5. mangrove, lamun, dan estuari, dimensi skala perlu diberi perhatian khusus. Masalah laut selalu bersifat multiskala: proses mikroba terjadi dalam mikrometer dan jam, sementara arus, migrasi, perubahan iklim, serta investasi bekerja lintas dekade dan yurisdiksi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan

memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

6. Laut Pelagis, Dasar Laut, dan Ekosistem Laut Dalam

Zona pelagis mencakup kolom air dari permukaan hingga kedalaman. Fitoplankton menjadi dasar produksi primer, zooplankton menghubungkannya dengan ikan dan predator, sedangkan migrasi vertikal harian memindahkan karbon serta energi. Tuna, hiu, penyu, burung laut, dan mamalia bermigrasi melintasi batas yurisdiksi. Pengelolaannya memerlukan data lintas negara, aturan penangkapan yang konsisten, dan perlindungan koridor ekologis dinamis.

Dasar laut dangkal dan dalam menampung komunitas benthik yang beragam. Sedimen yang tampak seragam dapat dihuni mikroba, cacing, moluska, krustasea, spons, dan karang air dingin. Organisme ini mendaur ulang nutrisi, mengubur karbon, membentuk habitat, dan menjadi pakan. Aktivitas seperti trawl dasar, pengerukan, penambangan, kabel, dan pembuangan material dapat mengubah struktur yang pulih sangat lambat.

Ventilasi hidrotermal dan rembesan dingin mendukung komunitas kemolitotik yang memperoleh energi dari senyawa kimia, bukan cahaya. Penemuan ini memperluas pemahaman tentang batas kehidupan dan hubungan bumi-biosfer. Banyak spesies laut dalam memiliki pertumbuhan lambat, kematangan terlambat, dan sebaran sempit. Ketidakpastian ilmiah bukan alasan untuk mempercepat eksploitasi; dalam kebijakan kehati-hatian, ketidakpastian justru memperbesar kewajiban perlindungan.

Ekosistem laut dalam juga penting bagi pompa karbon, penyimpanan jangka panjang, dan warisan ilmiah. Rencana penambangan mineral dasar laut menimbulkan pertanyaan tentang sedimen tersuspensi, kebisingan, cahaya, hilangnya habitat, dan dampak kumulatif. Standar penilaian harus mempertimbangkan irreversibilitas, keterbatasan data dasar, distribusi manfaat, serta kepentingan generasi mendatang.

Dalam konteks 6. laut pelagis, dasar laut, dan ekosistem laut dalam, dimensi ketidakpastian perlu diberi perhatian khusus. Ketidakpastian perlu dinyatakan secara terbuka melalui rentang, tingkat keyakinan, skenario, dan asumsi. Ia tidak menghapus kebutuhan bertindak ketika risiko besar, tertunda, atau tidak dapat dipulihkan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif

dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 6. laut pelagis, dasar laut, dan ekosistem laut dalam, dimensi indikator perlu diberi perhatian khusus. Indikator yang baik harus relevan terhadap tujuan, sensitif terhadap perubahan, dapat diukur berulang, dan memiliki ambang yang menghubungkan informasi dengan keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

7. Jasa Ekosistem dan Nilai bagi Masyarakat

Jasa penyediaan laut mencakup ikan, kerang, rumput laut, garam, bahan biokimia, dan sumber genetik. Ketahanan pangan tidak hanya ditentukan oleh volume produksi, tetapi juga akses, harga, mutu gizi, budaya konsumsi, dan hak masyarakat kecil. Kebijakan yang menaikkan ekspor dapat bersamaan dengan menurunkan ketersediaan pangan lokal bila akses sumber daya terkonsentrasi.

Jasa pengaturan meliputi penyerapan panas dan karbon, perlindungan pantai, pengendalian erosi, pemurnian air, serta pengaturan penyakit dan organisme pengganggu. Banyak jasa ini bersifat barang publik dan tidak tercatat dalam pendapatan nasional. Ketika mangrove hilang, biaya baru muncul dalam bentuk abrasi, banjir, infrastruktur pelindung, kehilangan hasil tangkap, dan emisi karbon. Akuntansi ekosistem membantu menampilkan perubahan aset alam tanpa menganggap nilai moneter sebagai satu-satunya ukuran.

Jasa budaya mencakup rekreasi, estetika, pendidikan, pengetahuan tradisional, spiritualitas, rasa tempat, dan identitas. Hubungan masyarakat adat dan lokal dengan laut sering berupa norma, ritual, hak ulayat, pengetahuan musim, serta kewajiban menjaga ruang bersama. Memasukkan dimensi budaya berarti melibatkan pemegang pengetahuan sejak perumusan masalah, bukan hanya meminta persetujuan setelah rancangan selesai.

Penilaian ekonomi dapat memperkuat argumen konservasi, tetapi memiliki keterbatasan etis dan metodologis. Harga pasar cenderung mengabaikan spesies tanpa komoditas, hak generasi mendatang, risiko ambang ekologis, serta ketidaksetaraan. Keputusan yang baik menggunakan penilaian majemuk: indikator biofisik, sosial, budaya, distribusional, dan ekonomi. Pertanyaan pokoknya bukan hanya berapa nilai laut, tetapi nilai apa, bagi siapa, pada skala mana, dan siapa yang menanggung kehilangan.

Dalam konteks 7. jasa ekosistem dan nilai bagi masyarakat, dimensi kelembagaan perlu diberi perhatian khusus. Kegagalan ekologis sering berakar pada kegagalan kelembagaan: kewenangan terpecah, insentif salah arah, data tertutup, pengawasan lemah, dan kelompok terdampak tidak memiliki suara. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 7. jasa ekosistem dan nilai bagi masyarakat, dimensi keadilan perlu diberi perhatian khusus. Keadilan menuntut perhatian pada siapa yang memperoleh manfaat, siapa menanggung biaya, siapa diakui pengetahuannya, dan siapa dapat memengaruhi keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

8. Indonesia dan Coral Triangle

Indonesia berada pada persilangan Samudra Hindia dan Pasifik, memiliki ribuan pulau, garis pantai panjang, serta variasi habitat yang luar biasa. Posisi ini menciptakan kekayaan spesies dan konektivitas,

tetapi juga kompleksitas tata kelola. Arus, ikan, sedimen, dan pencemaran melintasi batas administratif; kewenangan tersebar di tingkat pusat dan daerah; dan kapasitas pengawasan berbeda antarwilayah.

Coral Triangle dikenal sebagai pusat global keanekaragaman karang dan ikan karang. Raja Ampat memperlihatkan mosaik terumbu, mangrove, lamun, pulau, dan laut dalam yang bernilai dunia. UNESCO mencatat bahwa cagar biosfer Raja Ampat berada di jantung Coral Triangle dan menampung proporsi besar spesies karang yang dikenal serta lebih dari seribu spesies ikan karang (UNESCO, n.d.-a). Kekayaan ini adalah tanggung jawab nasional dan kontribusi Indonesia bagi planet.

Bunaken–Tangkoko–Minahasa memperlihatkan keterhubungan darat dan laut di Sulawesi Utara. Cagar biosfer tersebut mencakup terumbu, lamun, mangrove, hutan pantai, pulau, dan ekosistem daratan dalam satu bentang sosial-ekologis (UNESCO, n.d.-b). Bagi pengelolaan, hal ini menegaskan bahwa kualitas terumbu Bunaken dipengaruhi oleh limbah kota, aliran sungai, pelabuhan, wisata, perikanan, dan perubahan penggunaan lahan di kawasan yang lebih luas.

Keunggulan biodiversitas tidak otomatis menghasilkan kesejahteraan atau konservasi. Diperlukan kelembagaan yang memastikan hak akses adil, nilai tambah lokal, kepatuhan usaha, pengawasan, dan reinvestasi pendapatan pada pemulihan ekosistem. Pemerintah, universitas, masyarakat, pelaku usaha, dan organisasi sipil perlu membangun data bersama serta mekanisme penyelesaian konflik yang dipercaya.

Dalam konteks 8. Indonesia dan Coral Triangle, dimensi pembelajaran perlu diberi perhatian khusus. Pengelolaan harus membangun siklus pembelajaran: menetapkan tujuan, mengukur kondisi awal, melaksanakan tindakan, memantau hasil, mengevaluasi sebab, lalu memperbaiki kebijakan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 8. Indonesia dan Coral Triangle, dimensi konektivitas perlu diberi perhatian khusus. Konektivitas ekologis mengingatkan bahwa kualitas satu tempat bergantung pada tempat lain melalui arus, larva, migrasi, sedimen, nutrisi, dan aktivitas ekonomi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan

risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

9. Perikanan, Akuakultur, dan Rantai Pangan Laut

Perikanan merupakan interaksi antara populasi ikan, armada, teknologi, pasar, institusi, dan perilaku. Penangkapan berlebih terjadi ketika mortalitas akibat penangkapan melampaui kemampuan stok mengganti individu. Dampaknya bukan hanya penurunan biomassa, tetapi perubahan ukuran, umur, struktur makanan, dan ketahanan. Data pendaratan yang tampak stabil dapat menutupi pergeseran lokasi, peningkatan upaya, atau penggantian spesies target.

Pendekatan ekosistem untuk perikanan memperluas fokus dari satu stok menuju habitat, tangkapan sampingan, predator-mangsa, dampak alat tangkap, iklim, dan tujuan sosial. Aturan dapat berupa batas tangkapan, pengendalian upaya, penutupan musim dan lokasi, perlindungan pemijahan, selektivitas alat, serta pengurangan tangkapan sampingan. Kombinasi harus disesuaikan dengan data, kapasitas pengawasan, dan karakter perikanan skala kecil.

Akuakultur dapat menyediakan pangan dan mengurangi tekanan tertentu, tetapi juga menghasilkan dampak melalui pakan, limbah, penyakit, bahan kimia, perubahan habitat, dan pelarian organisme. Keberlanjutan ditentukan oleh lokasi, spesies, kepadatan, sumber pakan, sirkulasi air, biosekuriti, serta pembagian manfaat. Budidaya rumput laut dan kerang memiliki profil berbeda dari budidaya karnivora intensif; karena itu label tunggal 'akuakultur' tidak cukup untuk menilai dampak.

Rantai pasok menentukan siapa memperoleh nilai dan siapa memikul risiko. Ketertelusuran, sertifikasi, teknologi digital, dan transparansi dapat membantu, tetapi harus dapat diakses nelayan kecil. Jika biaya kepatuhan terlalu tinggi, sistem formal dapat mengecualikan produsen yang sebenarnya relatif rendah dampak. Kebijakan perlu menggabungkan insentif pasar dengan hak, pembiayaan transisi, koperasi, infrastruktur dingin, dan penegakan terhadap pelaku besar.

Dalam konteks 9. perikanan, akuakultur, dan rantai pangan laut, dimensi resiliensi perlu diberi perhatian khusus. Resiliensi bukan kemampuan kembali persis ke keadaan lama, melainkan kapasitas menyerap gangguan, mempertahankan fungsi penting, beradaptasi, dan bila perlu bertransformasi tanpa kehilangan identitas sosial-ekologis. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan

antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 9. perikanan, akuakultur, dan rantai pangan laut, dimensi skala perlu diberi perhatian khusus. Masalah laut selalu bersifat multiskala: proses mikroba terjadi dalam mikrometer dan jam, sementara arus, migrasi, perubahan iklim, serta investasi bekerja lintas dekade dan yurisdiksi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

10. Ancaman Lokal dan Dampak Kumulatif

Pencemaran laut berasal dari plastik, nutrien, patogen, minyak, logam berat, pestisida, bahan farmasi, kebisingan, dan cahaya. Setiap polutan memiliki jalur, ketahanan, dan efek berbeda. Mikroplastik dapat masuk rantai makanan, sedangkan jaring hantu terus menangkap organisme. Limbah nutrien mendorong eutrofikasi; kebisingan mengganggu komunikasi dan navigasi; cahaya mengubah perilaku penyu, burung, ikan, dan plankton.

Perubahan habitat melalui reklamasi, pengerukan, pelabuhan, tanggul, pariwisata, dan permukiman dapat menghilangkan area dangkal produktif serta mengubah arus dan sedimen. Penilaian proyek sering berfokus pada tapak, padahal dampak dapat berpindah ke pantai tetangga atau muncul setelah beberapa tahun. Analisis alternatif harus mempertanyakan kebutuhan, lokasi, desain, skala, dan pilihan tanpa pembangunan, bukan hanya merancang kompensasi.

Spesies asing invasif masuk melalui air ballast, biofouling kapal, akuakultur, perdagangan akuarium, atau kanal. Sebagian tidak bertahan, tetapi yang berhasil dapat memangsa spesies lokal, menyebarkan penyakit, atau mengubah habitat. Pencegahan lebih murah daripada eradikasi setelah penyebaran.

Sistem peringatan dini, inspeksi, protokol biosekuriti, dan respons cepat harus terhubung dengan pelabuhan serta komunitas pemantau.

Dampak kumulatif muncul ketika berbagai tekanan bertumpuk dalam ruang dan waktu. Terumbu yang mengalami pemanasan mungkin masih pulih bila herbivora tersedia dan air bersih; peluang itu menurun ketika penangkapan, sedimentasi, dan penyakit terjadi bersamaan. Perencanaan perlu menggunakan peta tekanan, ambang ekologis, skenario, serta evaluasi lintas proyek. Izin satu per satu tanpa neraca kawasan menghasilkan 'kematian oleh seribu sayatan'.

Dalam konteks 10. ancaman lokal dan dampak kumulatif, dimensi ketidakpastian perlu diberi perhatian khusus. Ketidakpastian perlu dinyatakan secara terbuka melalui rentang, tingkat keyakinan, skenario, dan asumsi. Ia tidak menghapus kebutuhan bertindak ketika risiko besar, tertunda, atau tidak dapat dipulihkan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 10. ancaman lokal dan dampak kumulatif, dimensi indikator perlu diberi perhatian khusus. Indikator yang baik harus relevan terhadap tujuan, sensitif terhadap perubahan, dapat diukur berulang, dan memiliki ambang yang menghubungkan informasi dengan keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

11. Perubahan Iklim: Pemanasan, Pengasaman, dan Deoksigenasi

Laut menyerap sebagian besar kelebihan panas dalam sistem iklim. Akibatnya, suhu rata-rata meningkat dan gelombang panas laut menjadi ancaman bagi karang, lamun, kelp, ikan, burung, serta mamalia. Spesies bergeser menuju kutub atau kedalaman bila jalur dan habitat tersedia. Pergeseran ini mengubah interaksi ekologi, wilayah penangkapan, hak akses, dan hubungan antarnegara.

Penyerapan karbon dioksida mengubah kimia karbonat dan menurunkan pH laut. Pengasaman menyulitkan sebagian organisme pembentuk cangkang atau kerangka, meskipun sensitivitas bervariasi menurut spesies, tahap hidup, nutrisi, dan kondisi lokal. Dampak berinteraksi dengan pemanasan, hipoksia, dan pencemaran. Pemantauan perlu menggabungkan pH, alkalinitas, karbon anorganik terlarut, biologi, dan data sosial.

Deoksigenasi terjadi karena air hangat menahan lebih sedikit oksigen, stratifikasi mengurangi ventilasi, dan eutrofikasi meningkatkan konsumsi oksigen. Zona rendah oksigen mempersempit habitat, meningkatkan stres, dan dapat mengubah siklus nutrisi. Organisme bergerak atau mati tergantung kemampuan, sedangkan nelayan menghadapi perubahan distribusi. Pengurangan nutrisi lokal dan emisi global sama-sama diperlukan.

Kenaikan muka laut mengancam mangrove, rawa pasang surut, pantai peneluran, dan permukiman. Ekosistem pesisir dapat bermigrasi ke darat bila tersedia ruang, tetapi sering terjepit oleh tanggul, jalan, dan bangunan. Strategi adaptasi meliputi perlindungan alami, akomodasi, peninggian, relokasi terencana, serta pengendalian pembangunan baru. Keadilan harus menjadi pusat karena kelompok berpenghasilan rendah biasanya memiliki pilihan paling terbatas.

Dalam konteks 11. perubahan iklim, dimensi kelembagaan perlu diberi perhatian khusus. Kegagalan ekologis sering berakar pada kegagalan kelembagaan: kewenangan terpecah, insentif salah arah, data tertutup, pengawasan lemah, dan kelompok terdampak tidak memiliki suara. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 11. perubahan iklim, dimensi keadilan perlu diberi perhatian khusus. Keadilan menuntut perhatian pada siapa yang memperoleh manfaat, siapa menanggung biaya, siapa diakui pengetahuannya, dan siapa dapat memengaruhi keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

12. Konservasi Berbasis Kawasan dan Konektivitas

Kawasan konservasi laut dapat melindungi habitat, biomassa, struktur umur, proses pemijahan, dan nilai budaya. Namun luasan yang ditetapkan tidak sama dengan efektivitas. Kawasan membutuhkan tujuan jelas, desain ekologis, aturan, anggaran, staf, pemantauan, kepatuhan, serta legitimasi sosial. Kawasan yang hanya ada pada peta menghasilkan rasa aman palsu.

Jejaring kawasan perlu mewakili beragam habitat, melindungi lokasi penting, memiliki ukuran memadai, replikasi, dan konektivitas larva serta migrasi. Dalam iklim yang berubah, desain harus memperhitungkan refugia, gradien suhu, koridor, dan pergeseran distribusi. Kawasan dinamis atau pengaturan musiman dapat melengkapi batas tetap untuk spesies pelagis.

Target global perlindungan wilayah berguna untuk mobilisasi, tetapi kualitas, pemerataan, dan hak tidak boleh dikalahkan oleh angka. Penetapan tanpa persetujuan dan pembagian manfaat dapat memindahkan beban kepada nelayan kecil, sedangkan industri besar tetap memperoleh akses di luar batas. Konservasi yang berkeadilan mengakui hak, menyediakan mekanisme pengaduan, dan melibatkan masyarakat dalam pengetahuan, keputusan, pekerjaan, serta manfaat.

Kawasan konservasi bukan pulau kebijakan. Ia harus didukung perikanan berkelanjutan, pengendalian pencemaran, tata ruang laut, mitigasi iklim, dan pengelolaan daratan. Bila kualitas air buruk atau suhu ekstrem melampaui toleransi, batas kawasan tidak mampu menghentikan kerusakan. Integrasi kebijakan menjadi syarat daya tahan.

Dalam konteks 12. konservasi berbasis kawasan dan konektivitas, dimensi pembelajaran perlu diberi perhatian khusus. Pengelolaan harus membangun siklus pembelajaran: menetapkan tujuan, mengukur kondisi awal, melaksanakan tindakan, memantau hasil, mengevaluasi sebab, lalu memperbaiki kebijakan.

Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 12. konservasi berbasis kawasan dan konektivitas, dimensi konektivitas perlu diberi perhatian khusus. Konektivitas ekologis mengingatkan bahwa kualitas satu tempat bergantung pada tempat lain melalui arus, larva, migrasi, sedimen, nutrien, dan aktivitas ekonomi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

13. Restorasi Ekosistem Laut

Restorasi bertujuan membantu pemulihan struktur, fungsi, biodiversitas, dan jasa ekosistem. Langkah pertama bukan menanam, melainkan mengidentifikasi penyebab degradasi dan menghilangkannya. Mangrove yang ditanam pada elevasi atau hidrologi yang salah akan gagal; lamun yang ditransplantasi ke air keruh tidak bertahan; karang yang ditempel di lokasi tercemar hanya memindahkan organisme ke lingkungan berisiko.

Pemulihan pasif melalui perlindungan dan perbaikan kondisi sering lebih murah serta skalabel. Intervensi aktif diperlukan ketika sumber propagul hilang, substrat tidak stabil, hidrologi rusak, atau ambang perubahan telah terlampaui. Pemilihan metode harus berdasarkan kondisi referensi, trajektori ekologis, risiko iklim, keragaman genetik, dan tujuan sosial.

Keberhasilan restorasi harus dinilai dalam jangka waktu ekologis. Indikator mencakup kelangsungan hidup, pertumbuhan, reproduksi, rekrutmen alami, kompleksitas habitat, komunitas terkait,

penyimpanan karbon, perlindungan pantai, serta manfaat dan biaya bagi masyarakat. Foto setelah penanaman bukan bukti pemulihan. Kegagalan juga perlu dilaporkan agar pembelajaran tidak bias.

Restorasi memiliki dimensi tata kelola. Hak atas lahan atau perairan, pemeliharaan, pembiayaan, konflik penggunaan, dan distribusi manfaat menentukan keberlanjutan. Program padat karya dapat mendukung ekonomi lokal, tetapi partisipasi tidak boleh dibatasi pada tenaga tanam. Masyarakat perlu terlibat dalam desain, pemantauan, evaluasi, dan kepemilikan hasil.

Dalam konteks 13. restorasi ekosistem laut, dimensi resiliensi perlu diberi perhatian khusus. Resiliensi bukan kemampuan kembali persis ke keadaan lama, melainkan kapasitas menyerap gangguan, mempertahankan fungsi penting, beradaptasi, dan bila perlu bertransformasi tanpa kehilangan identitas sosial-ekologis. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 13. restorasi ekosistem laut, dimensi skala perlu diberi perhatian khusus. Masalah laut selalu bersifat multiskala: proses mikroba terjadi dalam mikrometer dan jam, sementara arus, migrasi, perubahan iklim, serta investasi bekerja lintas dekade dan yurisdiksi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

14. Tata Ruang Laut dan Pengelolaan Berbasis Ekosistem

Tata ruang laut mengalokasikan penggunaan dalam ruang dan waktu untuk mengurangi konflik serta menjaga tujuan ekologis. Peta diperlukan, tetapi proses lebih penting: siapa menentukan data, nilai apa diprioritaskan, bagaimana ketidakpastian diperlakukan, dan apakah keputusan dapat ditinjau ulang. Tata

ruang yang hanya memfasilitasi investasi tanpa batas ekologis dapat mempercepat degradasi secara terorganisasi.

Pengelolaan berbasis ekosistem memperhatikan hubungan antarspesies, habitat, sektor, skala, dan manusia. Tujuannya menjaga integritas, fungsi, resiliensi, serta manfaat yang adil, bukan memaksimalkan satu komoditas. Pendekatan ini memerlukan koordinasi lintas kementerian, daerah, ilmu, dan pengguna; suatu tantangan kelembagaan yang lebih besar daripada tantangan pemetaan.

Prinsip kehati-hatian menyatakan bahwa ancaman kerusakan serius atau tidak dapat dipulihkan tidak boleh ditunda hanya karena ketidakpastian ilmiah. Prinsip pencemar membayar menempatkan biaya pencegahan dan pemulihan pada pihak yang menimbulkan dampak. Prinsip subsidiaritas mendorong keputusan pada tingkat terdekat yang mampu, sedangkan prinsip keadilan memastikan suara dan manfaat tidak terkonsentrasi.

Pengelolaan adaptif memperlakukan kebijakan sebagai hipotesis yang diuji. Tujuan, indikator, ambang, tindakan, dan jadwal evaluasi ditetapkan sejak awal. Ketika hasil berbeda dari harapan, aturan diperbaiki. Adaptif bukan berarti longgar; ia membutuhkan data, transparansi, kapasitas belajar, dan kewenangan bertindak.

Dalam konteks 14. tata ruang laut dan pengelolaan berbasis ekosistem, dimensi ketidakpastian perlu diberi perhatian khusus. Ketidakpastian perlu dinyatakan secara terbuka melalui rentang, tingkat keyakinan, skenario, dan asumsi. Ia tidak menghapus kebutuhan bertindak ketika risiko besar, tertunda, atau tidak dapat dipulihkan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 14. tata ruang laut dan pengelolaan berbasis ekosistem, dimensi indikator perlu diberi perhatian khusus. Indikator yang baik harus relevan terhadap tujuan, sensitif terhadap perubahan, dapat diukur berulang, dan memiliki ambang yang menghubungkan informasi dengan keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut

mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

15. Ekonomi Biru dan Bisnis yang Bergantung pada Alam

Ekonomi biru menjanjikan pertumbuhan dari perikanan, akuakultur, wisata, pelayaran, energi, bioteknologi, dan jasa ekosistem. Namun kata 'biru' tidak otomatis berarti berkelanjutan. Kegiatan hanya layak disebut bagian dari ekonomi biru bila menjaga modal alam, berada dalam batas ekologis, membagi manfaat secara adil, menghormati hak, dan memperhitungkan emisi serta dampak kumulatif.

Bisnis bergantung pada biodiversitas melalui bahan baku, kualitas air, perlindungan pantai, reputasi, izin sosial, dan stabilitas rantai pasok. Perusahaan perlu memetakan dependensi, dampak, risiko, dan peluang pada seluruh rantai nilai. Pelaporan tanpa perubahan keputusan investasi, pembelian, lokasi, dan desain produk berisiko menjadi bluewashing.

Instrumen ekonomi dapat mencakup penghapusan subsidi merusak, tarif pencemaran, jaminan pemulihan, pembayaran jasa ekosistem, obligasi biru, asuransi berbasis alam, dan pembiayaan campuran. Setiap instrumen memerlukan indikator tambahanitas, permanensi, kebocoran, hak, dan pembagian manfaat. Monetisasi yang lemah dapat menciptakan klaim ganda atau mengalihkan kontrol dari masyarakat.

Investasi publik tetap penting untuk riset, pemantauan, sanitasi, penegakan hukum, pendidikan, dan infrastruktur dasar. Pasar tidak otomatis membiayai pengetahuan terbuka atau perlindungan spesies tanpa nilai komersial. Negara harus menetapkan batas, mengoreksi insentif, dan memastikan transisi tidak memperlebar ketimpangan.

Dalam konteks 15. ekonomi biru dan bisnis yang bergantung pada alam, dimensi kelembagaan perlu diberi perhatian khusus. Kegagalan ekologis sering berakar pada kegagalan kelembagaan: kewenangan terpecah, insentif salah arah, data tertutup, pengawasan lemah, dan kelompok terdampak tidak memiliki suara. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin,

atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 15. ekonomi biru dan bisnis yang bergantung pada alam, dimensi keadilan perlu diberi perhatian khusus. Keadilan menuntut perhatian pada siapa yang memperoleh manfaat, siapa menanggung biaya, siapa diakui pengetahuannya, dan siapa dapat memengaruhi keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

16. Sains, Teknologi, dan Pemantauan Biodiversitas

Pemantauan modern menggabungkan survei penyelam, penginderaan jauh, sonar, kendaraan bawah air, kamera, akustik pasif, penandaan satelit, DNA lingkungan, kecerdasan buatan, dan ilmu warga. Kombinasi metode diperlukan karena setiap alat memiliki bias. Satelit melihat luas tetapi terbatas di kedalaman; eDNA sensitif tetapi sulit menaksir kelimpahan; kamera merekam perilaku tetapi cakupannya sempit.

Data harus dapat ditemukan, diakses sesuai etika, interoperabel, dan dapat digunakan kembali. Standar metadata, taksonomi, kalibrasi, serta seri waktu memungkinkan perbandingan. Namun keterbukaan perlu menghormati lokasi spesies sensitif, pengetahuan sakral, dan kedaulatan data masyarakat. Prinsip CARE melengkapi FAIR dengan perhatian pada manfaat kolektif, kewenangan, tanggung jawab, dan etika.

Kecerdasan buatan dapat mengklasifikasi citra, mengenali suara, mendeteksi kapal, dan memprediksi habitat. Model tetap bergantung pada data pelatihan dan dapat menghasilkan bias geografis atau taksonomi. Keputusan penegakan tidak boleh bergantung pada skor algoritmik tanpa verifikasi, dokumentasi, dan mekanisme banding. Teknologi adalah alat institusi, bukan pengganti tata kelola.

Indikator perlu menghubungkan tekanan, keadaan, fungsi, manfaat, respons, dan keadilan. Luas mangrove saja tidak mengungkap komposisi, hidrologi, karbon, atau akses masyarakat. Jumlah patroli tidak sama dengan kepatuhan. Sistem evaluasi yang baik menggunakan seperangkat indikator ringkas tetapi berlapis, disertai ambang tindakan dan pelaporan publik.

Dalam konteks 16. sains, teknologi, dan pemantauan biodiversitas, dimensi pembelajaran perlu diberi perhatian khusus. Pengelolaan harus membangun siklus pembelajaran: menetapkan tujuan, mengukur kondisi awal, melaksanakan tindakan, memantau hasil, mengevaluasi sebab, lalu memperbaiki kebijakan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 16. sains, teknologi, dan pemantauan biodiversitas, dimensi konektivitas perlu diberi perhatian khusus. Konektivitas ekologis mengingatkan bahwa kualitas satu tempat bergantung pada tempat lain melalui arus, larva, migrasi, sedimen, nutrien, dan aktivitas ekonomi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

17. Pengetahuan Lokal, Pendidikan, dan Keadilan

Masyarakat pesisir memiliki pengetahuan tentang arus, musim, habitat, pemijahan, cuaca, dan perilaku spesies yang terbentuk melalui pengalaman panjang. Pengetahuan ini bukan sekadar data tambahan; ia memiliki cara validasi, nilai, dan aturan berbagi sendiri. Kolaborasi yang etis membutuhkan persetujuan, pengakuan sumber, perlindungan hak intelektual, serta manfaat kembali.

Pendidikan kelautan harus menghubungkan konsep global dengan pengalaman lokal. Siswa dapat memetakan sampah, mengamati lamun, membaca pasang surut, mewawancarai nelayan, dan menganalisis kebijakan. Universitas dapat berfungsi sebagai penghubung antara riset, pemerintah daerah,

sekolah, usaha, dan komunitas. Literasi laut juga dibutuhkan oleh masyarakat perkotaan karena pola konsumsi dan limbah mereka memengaruhi pesisir.

Keadilan lingkungan menilai distribusi manfaat dan beban, pengakuan identitas, partisipasi, serta kemampuan memperoleh pemulihan. Penutupan kawasan dapat menguntungkan wisata tetapi membatasi nelayan; pelabuhan dapat menciptakan pendapatan nasional tetapi memindahkan kampung; konservasi karbon dapat mengubah hak. Analisis harus membedakan dampak menurut gender, usia, kelas, pekerjaan, dan status tenurial.

Keadilan antargenerasi menuntut agar keputusan hari ini tidak menghabiskan pilihan ekologis masa depan. Spesies yang punah, habitat laut dalam yang dihancurkan, atau stok ikan yang runtuh tidak mudah dipulihkan. Tingkat diskonto ekonomi tidak boleh menghapus kewajiban moral terhadap generasi berikutnya.

Dalam konteks 17. pengetahuan lokal, pendidikan, dan keadilan, dimensi resiliensi perlu diberi perhatian khusus. Resiliensi bukan kemampuan kembali persis ke keadaan lama, melainkan kapasitas menyerap gangguan, mempertahankan fungsi penting, beradaptasi, dan bila perlu bertransformasi tanpa kehilangan identitas sosial-ekologis. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 17. pengetahuan lokal, pendidikan, dan keadilan, dimensi skala perlu diberi perhatian khusus. Masalah laut selalu bersifat multiskala: proses mikroba terjadi dalam mikrometer dan jam, sementara arus, migrasi, perubahan iklim, serta investasi bekerja lintas dekade dan yurisdiksi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih

aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

18. Agenda Strategis Indonesia 2026–2045

Agenda pertama adalah membangun neraca kesehatan laut nasional berbasis ekosistem. Neraca tersebut perlu menggabungkan luas dan kondisi habitat, biodiversitas, stok ikan, kualitas air, karbon, tekanan kumulatif, jasa ekosistem, serta indikator sosial. Data harus disajikan pada skala nasional dan lokal, dengan ketidakpastian yang jelas dan pembaruan berkala.

Agenda kedua adalah menghubungkan perencanaan darat, daerah aliran sungai, pesisir, dan laut. Target sanitasi, pengelolaan sampah, pertanian, kota, industri, pelabuhan, energi, dan konservasi harus memakai batas beban ekologis bersama. Pengendalian dari sumber biasanya lebih efektif daripada membersihkan pencemaran setelah mencapai laut.

Agenda ketiga adalah memperkuat perikanan skala kecil dan kepatuhan industri. Registrasi yang sederhana, pengakuan wilayah kelola, koperasi, akses pembiayaan, infrastruktur dingin, data partisipatif, serta perlindungan sosial perlu berjalan bersama pengawasan kapal besar, ketertelusuran, dan sanksi yang konsisten. Transisi harus menjaga penghidupan sambil memulihkan stok.

Agenda keempat adalah membangun jejaring konservasi dan restorasi yang tahan iklim, efektif, dan adil. Prioritas meliputi habitat kritis, refugia, koridor, lokasi pemijahan, karbon biru, dan wilayah budaya. Pendanaan jangka panjang, co-management, serta evaluasi hasil harus menjadi syarat, bukan pelengkap.

Agenda kelima adalah mengembangkan diplomasi laut dan ilmu pengetahuan. Arus, migrasi, perdagangan, pencemaran, dan iklim melampaui batas negara. Indonesia dapat memimpin kerja sama Coral Triangle, ASEAN, dan forum global dengan menggabungkan biodiversitas, pangan, iklim, serta keadilan. Kepemimpinan paling meyakinkan lahir dari keberhasilan domestik yang terukur.

Dalam konteks 18. agenda strategis indonesia 2026–2045, dimensi ketidakpastian perlu diberi perhatian khusus. Ketidakpastian perlu dinyatakan secara terbuka melalui rentang, tingkat keyakinan, skenario, dan asumsi. Ia tidak menghapus kebutuhan bertindak ketika risiko besar, tertunda, atau tidak dapat dipulihkan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih

aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 18. agenda strategis indonesia 2026–2045, dimensi indikator perlu diberi perhatian khusus. Indikator yang baik harus relevan terhadap tujuan, sensitif terhadap perubahan, dapat diukur berulang, dan memiliki ambang yang menghubungkan informasi dengan keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

19. Kesimpulan

Ekosistem laut adalah jaringan proses fisik, kimia, biologis, sosial, ekonomi, dan budaya. Keanekaragaman hayati memberi struktur, fungsi, pilihan adaptasi, serta nilai yang tidak dapat digantikan sepenuhnya oleh teknologi. Terumbu, mangrove, lamun, estuari, laut pelagis, dan laut dalam bukan unit yang terpisah, melainkan bagian dari bentang laut yang terhubung.

Ancaman terbesar bukan satu tekanan tunggal, melainkan akumulasi pemanasan, pengasaman, deoksigenasi, penangkapan berlebih, pencemaran, perubahan habitat, dan ketimpangan tata kelola. Respons yang terfragmentasi akan tertinggal dari perubahan. Pengurangan emisi global harus berjalan bersama pengendalian tekanan lokal, perlindungan efektif, perikanan adaptif, restorasi berbasis proses, dan transformasi produksi-konsumsi.

Bagi Indonesia, biodiversitas maritim merupakan keunggulan ekologis sekaligus amanah. Ia dapat menopang pangan, pekerjaan, budaya, ilmu, dan ekonomi biru hanya bila integritas ekosistem dijadikan modal yang dipelihara, bukan stok yang dihabiskan. Ukuran kemajuan perlu bergeser dari volume ekstraksi menuju kesehatan ekosistem, ketahanan masyarakat, keadilan, dan kemampuan mewariskan pilihan kepada generasi berikutnya.

Pada akhirnya, menjaga laut berarti mengelola hubungan manusia dengan batas-batas alam. Sains menyediakan bukti, teknologi memperluas pengamatan, ekonomi membantu membaca insentif, hukum

menetapkan tanggung jawab, dan budaya memberi makna. Semua itu harus disatukan oleh etika perawatan: laut yang sehat bukan hadiah otomatis, melainkan hasil keputusan kolektif yang konsisten.

Dalam konteks 19. kesimpulan, dimensi kelembagaan perlu diberi perhatian khusus. Kegagalan ekologis sering berakar pada kegagalan kelembagaan: kewenangan terpecah, insentif salah arah, data tertutup, pengawasan lemah, dan kelompok terdampak tidak memiliki suara. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 19. kesimpulan, dimensi keadilan perlu diberi perhatian khusus. Keadilan menuntut perhatian pada siapa yang memperoleh manfaat, siapa menanggung biaya, siapa diakui pengetahuannya, dan siapa dapat memengaruhi keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Matriks Sintesis: Ekosistem, Fungsi, Tekanan, dan Prioritas

Ekosistem	Fungsi utama	Tekanan dominan	Prioritas pengelolaan
Terumbu karang	Habitat tiga dimensi, perikanan, wisata, perlindungan pantai	Gelombang panas, pengasaman, sedimentasi, penangkapan merusak	Kualitas air, herbivora, refugia, jejaring konservasi, mitigasi iklim
Mangrove	Habitat asuhan, karbon biru, peredam gelombang	Konversi, perubahan hidrologi, pencemaran, kenaikan muka laut	Perlindungan hidrologi, ruang migrasi, restorasi berbasis elevasi
Padang lamun	Stabilisasi sedimen, karbon, habitat dugong/penyu/ikan	Kekeruhan, jangkar, pengerukan, nutrisi	Perbaikan kejernihan, zona tambat, perlindungan bentang laut

Ekosistem	Fungsi utama	Tekanan dominan	Prioritas pengelolaan
Estuari	Produktivitas, migrasi, penyangga banjir	Limbah DAS, reklamasi, bendungan, ekstraksi air	Pengelolaan source-to-sea dan aliran lingkungan
Pelagis	Produksi primer, migrasi, pangan, pompa biologis	Penangkapan berlebih, bycatch, pemanasan, kebisingan	Pengelolaan lintas batas, aturan adaptif, koridor dinamis
Laut dalam	Daur nutrisi, karbon, habitat unik, nilai ilmiah	Trawl, penambangan, polusi, kabel, ketidakpastian tinggi	Kehati-hatian, data dasar, kawasan referensi, moratorium bila bukti belum cukup

Lampiran: Kerangka Evaluasi Program Kelautan

Dalam konteks evaluasi program kelautan, dimensi resiliensi perlu diberi perhatian khusus. Resiliensi bukan kemampuan kembali persis ke keadaan lama, melainkan kapasitas menyerap gangguan, mempertahankan fungsi penting, beradaptasi, dan bila perlu bertransformasi tanpa kehilangan identitas sosial-ekologis. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks evaluasi program kelautan, dimensi skala perlu diberi perhatian khusus. Masalah laut selalu bersifat multiskala: proses mikroba terjadi dalam mikrometer dan jam, sementara arus, migrasi, perubahan iklim, serta investasi bekerja lintas dekade dan yurisdiksi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks evaluasi program kelautan, dimensi ketidakpastian perlu diberi perhatian khusus. Ketidakpastian perlu dinyatakan secara terbuka melalui rentang, tingkat keyakinan, skenario, dan asumsi. Ia tidak menghapus kebutuhan bertindak ketika risiko besar, tertunda, atau tidak dapat dipulihkan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks evaluasi program kelautan, dimensi indikator perlu diberi perhatian khusus. Indikator yang baik harus relevan terhadap tujuan, sensitif terhadap perubahan, dapat diukur berulang, dan memiliki ambang yang menghubungkan informasi dengan keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks evaluasi program kelautan, dimensi kelembagaan perlu diberi perhatian khusus. Kegagalan ekologis sering berakar pada kegagalan kelembagaan: kewenangan terpecah, insentif salah arah, data tertutup, pengawasan lemah, dan kelompok terdampak tidak memiliki suara. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks evaluasi program kelautan, dimensi keadilan perlu diberi perhatian khusus. Keadilan menuntut perhatian pada siapa yang memperoleh manfaat, siapa menanggung biaya, siapa diakui pengetahuannya, dan siapa dapat memengaruhi keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks evaluasi program kelautan, dimensi pembelajaran perlu diberi perhatian khusus. Pengelolaan harus membangun siklus pembelajaran: menetapkan tujuan, mengukur kondisi awal, melaksanakan tindakan, memantau hasil, mengevaluasi sebab, lalu memperbaiki kebijakan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks evaluasi program kelautan, dimensi konektivitas perlu diberi perhatian khusus. Konektivitas ekologis mengingatkan bahwa kualitas satu tempat bergantung pada tempat lain melalui arus, larva, migrasi, sedimen, nutrisi, dan aktivitas ekonomi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks evaluasi program kelautan, dimensi resiliensi perlu diberi perhatian khusus. Resiliensi bukan kemampuan kembali persis ke keadaan lama, melainkan kapasitas menyerap gangguan, mempertahankan fungsi penting, beradaptasi, dan bila perlu bertransformasi tanpa kehilangan identitas sosial-ekologis. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks evaluasi program kelautan, dimensi skala perlu diberi perhatian khusus. Masalah laut selalu bersifat multiskala: proses mikroba terjadi dalam mikrometer dan jam, sementara arus, migrasi, perubahan iklim, serta investasi bekerja lintas dekade dan yurisdiksi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks evaluasi program kelautan, dimensi ketidakpastian perlu diberi perhatian khusus. Ketidakpastian perlu dinyatakan secara terbuka melalui rentang, tingkat keyakinan, skenario, dan asumsi. Ia tidak menghapus kebutuhan bertindak ketika risiko besar, tertunda, atau tidak dapat dipulihkan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks evaluasi program kelautan, dimensi indikator perlu diberi perhatian khusus. Indikator yang baik harus relevan terhadap tujuan, sensitif terhadap perubahan, dapat diukur berulang, dan memiliki ambang yang menghubungkan informasi dengan keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks evaluasi program kelautan, dimensi kelembagaan perlu diberi perhatian khusus. Kegagalan ekologis sering berakar pada kegagalan kelembagaan: kewenangan terpecah, insentif salah arah, data tertutup, pengawasan lemah, dan kelompok terdampak tidak memiliki suara. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks evaluasi program kelautan, dimensi keadilan perlu diberi perhatian khusus. Keadilan menuntut perhatian pada siapa yang memperoleh manfaat, siapa menanggung biaya, siapa diakui pengetahuannya, dan siapa dapat memengaruhi keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks evaluasi program kelautan, dimensi pembelajaran perlu diberi perhatian khusus. Pengelolaan harus membangun siklus pembelajaran: menetapkan tujuan, mengukur kondisi awal, melaksanakan tindakan, memantau hasil, mengevaluasi sebab, lalu memperbaiki kebijakan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks evaluasi program kelautan, dimensi konektivitas perlu diberi perhatian khusus. Konektivitas ekologis mengingatkan bahwa kualitas satu tempat bergantung pada tempat lain melalui arus, larva, migrasi, sedimen, nutrien, dan aktivitas ekonomi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks evaluasi program kelautan, dimensi resiliensi perlu diberi perhatian khusus. Resiliensi bukan kemampuan kembali persis ke keadaan lama, melainkan kapasitas menyerap gangguan, mempertahankan fungsi penting, beradaptasi, dan bila perlu bertransformasi tanpa kehilangan identitas sosial-ekologis. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks evaluasi program kelautan, dimensi skala perlu diberi perhatian khusus. Masalah laut selalu bersifat multiskala: proses mikroba terjadi dalam mikrometer dan jam, sementara arus, migrasi, perubahan iklim, serta investasi bekerja lintas dekade dan yurisdiksi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Pendalaman Analitis Lintas Tema

Dalam konteks 1. pendahuluan, dimensi skala perlu diberi perhatian khusus. Masalah laut selalu bersifat multiskala: proses mikroba terjadi dalam mikrometer dan jam, sementara arus, migrasi, perubahan iklim, serta investasi bekerja lintas dekade dan yurisdiksi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 2. fondasi fisik dan biogeokimia ekosistem laut, dimensi ketidakpastian perlu diberi perhatian khusus. Ketidakpastian perlu dinyatakan secara terbuka melalui rentang, tingkat keyakinan, skenario, dan asumsi. Ia tidak menghapus kebutuhan bertindak ketika risiko besar, tertunda, atau tidak dapat dipulihkan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan

yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 3. dimensi keanekaragaman hayati maritim, dimensi indikator perlu diberi perhatian khusus. Indikator yang baik harus relevan terhadap tujuan, sensitif terhadap perubahan, dapat diukur berulang, dan memiliki ambang yang menghubungkan informasi dengan keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 4. terumbu karang, dimensi kelembagaan perlu diberi perhatian khusus. Kegagalan ekologis sering berakar pada kegagalan kelembagaan: kewenangan terpecah, insentif salah arah, data tertutup, pengawasan lemah, dan kelompok terdampak tidak memiliki suara. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 5. mangrove, lamun, dan estuari, dimensi keadilan perlu diberi perhatian khusus. Keadilan menuntut perhatian pada siapa yang memperoleh manfaat, siapa menanggung biaya, siapa diakui pengetahuannya, dan siapa dapat memengaruhi keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa

pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 6. laut pelagis, dasar laut, dan ekosistem laut dalam, dimensi pembelajaran perlu diberi perhatian khusus. Pengelolaan harus membangun siklus pembelajaran: menetapkan tujuan, mengukur kondisi awal, melaksanakan tindakan, memantau hasil, mengevaluasi sebab, lalu memperbaiki kebijakan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 7. jasa ekosistem dan nilai bagi masyarakat, dimensi konektivitas perlu diberi perhatian khusus. Konektivitas ekologis mengingatkan bahwa kualitas satu tempat bergantung pada tempat lain melalui arus, larva, migrasi, sedimen, nutrien, dan aktivitas ekonomi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 8. Indonesia dan coral triangle, dimensi resiliensi perlu diberi perhatian khusus. Resiliensi bukan kemampuan kembali persis ke keadaan lama, melainkan kapasitas menyerap gangguan, mempertahankan fungsi penting, beradaptasi, dan bila perlu bertransformasi tanpa kehilangan identitas sosial-ekologis. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat,

bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 9. perikanan, akuakultur, dan rantai pangan laut, dimensi skala perlu diberi perhatian khusus. Masalah laut selalu bersifat multiskala: proses mikroba terjadi dalam mikrometer dan jam, sementara arus, migrasi, perubahan iklim, serta investasi bekerja lintas dekade dan yurisdiksi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 10. ancaman lokal dan dampak kumulatif, dimensi ketidakpastian perlu diberi perhatian khusus. Ketidakpastian perlu dinyatakan secara terbuka melalui rentang, tingkat keyakinan, skenario, dan asumsi. Ia tidak menghapus kebutuhan bertindak ketika risiko besar, tertunda, atau tidak dapat dipulihkan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 11. perubahan iklim, dimensi indikator perlu diberi perhatian khusus. Indikator yang baik harus relevan terhadap tujuan, sensitif terhadap perubahan, dapat diukur berulang, dan memiliki ambang yang menghubungkan informasi dengan keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran

administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 12. konservasi berbasis kawasan dan konektivitas, dimensi kelembagaan perlu diberi perhatian khusus. Kegagalan ekologis sering berakar pada kegagalan kelembagaan: kewenangan terpecah, insentif salah arah, data tertutup, pengawasan lemah, dan kelompok terdampak tidak memiliki suara. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 13. restorasi ekosistem laut, dimensi keadilan perlu diberi perhatian khusus. Keadilan menuntut perhatian pada siapa yang memperoleh manfaat, siapa menanggung biaya, siapa diakui pengetahuannya, dan siapa dapat memengaruhi keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 14. tata ruang laut dan pengelolaan berbasis ekosistem, dimensi pembelajaran perlu diberi perhatian khusus. Pengelolaan harus membangun siklus pembelajaran: menetapkan tujuan, mengukur kondisi awal, melaksanakan tindakan, memantau hasil, mengevaluasi sebab, lalu memperbaiki kebijakan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin,

atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 15. ekonomi biru dan bisnis yang bergantung pada alam, dimensi konektivitas perlu diberi perhatian khusus. Konektivitas ekologis mengingatkan bahwa kualitas satu tempat bergantung pada tempat lain melalui arus, larva, migrasi, sedimen, nutrien, dan aktivitas ekonomi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 16. sains, teknologi, dan pemantauan biodiversitas, dimensi resiliensi perlu diberi perhatian khusus. Resiliensi bukan kemampuan kembali persis ke keadaan lama, melainkan kapasitas menyerap gangguan, mempertahankan fungsi penting, beradaptasi, dan bila perlu bertransformasi tanpa kehilangan identitas sosial-ekologis. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 17. pengetahuan lokal, pendidikan, dan keadilan, dimensi skala perlu diberi perhatian khusus. Masalah laut selalu bersifat multiskala: proses mikroba terjadi dalam mikrometer dan jam, sementara arus, migrasi, perubahan iklim, serta investasi bekerja lintas dekade dan yurisdiksi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah

dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 18. agenda strategis indonesia 2026–2045, dimensi ketidakpastian perlu diberi perhatian khusus. Ketidakpastian perlu dinyatakan secara terbuka melalui rentang, tingkat keyakinan, skenario, dan asumsi. Ia tidak menghapus kebutuhan bertindak ketika risiko besar, tertunda, atau tidak dapat dipulihkan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 19. kesimpulan, dimensi indikator perlu diberi perhatian khusus. Indikator yang baik harus relevan terhadap tujuan, sensitif terhadap perubahan, dapat diukur berulang, dan memiliki ambang yang menghubungkan informasi dengan keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 1. pendahuluan, dimensi kelembagaan perlu diberi perhatian khusus. Kegagalan ekologis sering berakar pada kegagalan kelembagaan: kewenangan terpecah, insentif salah arah, data tertutup, pengawasan lemah, dan kelompok terdampak tidak memiliki suara. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan

keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 2. fondasi fisik dan biogeokimia ekosistem laut, dimensi keadilan perlu diberi perhatian khusus. Keadilan menuntut perhatian pada siapa yang memperoleh manfaat, siapa menanggung biaya, siapa diakui pengetahuannya, dan siapa dapat memengaruhi keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 3. dimensi keanekaragaman hayati maritim, dimensi pembelajaran perlu diberi perhatian khusus. Pengelolaan harus membangun siklus pembelajaran: menetapkan tujuan, mengukur kondisi awal, melaksanakan tindakan, memantau hasil, mengevaluasi sebab, lalu memperbaiki kebijakan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 4. terumbu karang, dimensi konektivitas perlu diberi perhatian khusus. Konektivitas ekologis mengingatkan bahwa kualitas satu tempat bergantung pada tempat lain melalui arus, larva, migrasi, sedimen, nutrien, dan aktivitas ekonomi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran

administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 5. mangrove, lamun, dan estuari, dimensi resiliensi perlu diberi perhatian khusus. Resiliensi bukan kemampuan kembali persis ke keadaan lama, melainkan kapasitas menyerap gangguan, mempertahankan fungsi penting, beradaptasi, dan bila perlu bertransformasi tanpa kehilangan identitas sosial-ekologis. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 6. laut pelagis, dasar laut, dan ekosistem laut dalam, dimensi skala perlu diberi perhatian khusus. Masalah laut selalu bersifat multiskala: proses mikroba terjadi dalam mikrometer dan jam, sementara arus, migrasi, perubahan iklim, serta investasi bekerja lintas dekade dan yurisdiksi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 7. jasa ekosistem dan nilai bagi masyarakat, dimensi ketidakpastian perlu diberi perhatian khusus. Ketidakpastian perlu dinyatakan secara terbuka melalui rentang, tingkat keyakinan, skenario, dan asumsi. Ia tidak menghapus kebutuhan bertindak ketika risiko besar, tertunda, atau tidak dapat dipulihkan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah

dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 8. Indonesia dan coral triangle, dimensi indikator perlu diberi perhatian khusus. Indikator yang baik harus relevan terhadap tujuan, sensitif terhadap perubahan, dapat diukur berulang, dan memiliki ambang yang menghubungkan informasi dengan keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 9. perikanan, akuakultur, dan rantai pangan laut, dimensi kelembagaan perlu diberi perhatian khusus. Kegagalan ekologis sering berakar pada kegagalan kelembagaan: kewenangan terpecah, insentif salah arah, data tertutup, pengawasan lemah, dan kelompok terdampak tidak memiliki suara. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 10. ancaman lokal dan dampak kumulatif, dimensi keadilan perlu diberi perhatian khusus. Keadilan menuntut perhatian pada siapa yang memperoleh manfaat, siapa menanggung biaya, siapa diakui pengetahuannya, dan siapa dapat memengaruhi keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan

memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 11. perubahan iklim, dimensi pembelajaran perlu diberi perhatian khusus. Pengelolaan harus membangun siklus pembelajaran: menetapkan tujuan, mengukur kondisi awal, melaksanakan tindakan, memantau hasil, mengevaluasi sebab, lalu memperbaiki kebijakan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembandingan digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 12. konservasi berbasis kawasan dan konektivitas, dimensi konektivitas perlu diberi perhatian khusus. Konektivitas ekologis mengingatkan bahwa kualitas satu tempat bergantung pada tempat lain melalui arus, larva, migrasi, sedimen, nutrien, dan aktivitas ekonomi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembandingan digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 13. restorasi ekosistem laut, dimensi resiliensi perlu diberi perhatian khusus. Resiliensi bukan kemampuan kembali persis ke keadaan lama, melainkan kapasitas menyerap gangguan, mempertahankan fungsi penting, beradaptasi, dan bila perlu bertransformasi tanpa kehilangan identitas sosial-ekologis. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembandingan digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif

dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 14. tata ruang laut dan pengelolaan berbasis ekosistem, dimensi skala perlu diberi perhatian khusus. Masalah laut selalu bersifat multiskala: proses mikroba terjadi dalam mikrometer dan jam, sementara arus, migrasi, perubahan iklim, serta investasi bekerja lintas dekade dan yurisdiksi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 15. ekonomi biru dan bisnis yang bergantung pada alam, dimensi ketidakpastian perlu diberi perhatian khusus. Ketidakpastian perlu dinyatakan secara terbuka melalui rentang, tingkat keyakinan, skenario, dan asumsi. Ia tidak menghapus kebutuhan bertindak ketika risiko besar, tertunda, atau tidak dapat dipulihkan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 16. sains, teknologi, dan pemantauan biodiversitas, dimensi indikator perlu diberi perhatian khusus. Indikator yang baik harus relevan terhadap tujuan, sensitif terhadap perubahan, dapat diukur berulang, dan memiliki ambang yang menghubungkan informasi dengan keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi,

kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 17. pengetahuan lokal, pendidikan, dan keadilan, dimensi kelembagaan perlu diberi perhatian khusus. Kegagalan ekologis sering berakar pada kegagalan kelembagaan: kewenangan terpecah, insentif salah arah, data tertutup, pengawasan lemah, dan kelompok terdampak tidak memiliki suara. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 18. agenda strategis indonesia 2026–2045, dimensi keadilan perlu diberi perhatian khusus. Keadilan menuntut perhatian pada siapa yang memperoleh manfaat, siapa menanggung biaya, siapa diakui pengetahuannya, dan siapa dapat memengaruhi keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 19. kesimpulan, dimensi pembelajaran perlu diberi perhatian khusus. Pengelolaan harus membangun siklus pembelajaran: menetapkan tujuan, mengukur kondisi awal, melaksanakan tindakan, memantau hasil, mengevaluasi sebab, lalu memperbaiki kebijakan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan

bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 1. pendahuluan, dimensi konektivitas perlu diberi perhatian khusus. Konektivitas ekologis mengingatkan bahwa kualitas satu tempat bergantung pada tempat lain melalui arus, larva, migrasi, sedimen, nutrisi, dan aktivitas ekonomi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 2. fondasi fisik dan biogeokimia ekosistem laut, dimensi resiliensi perlu diberi perhatian khusus. Resiliensi bukan kemampuan kembali persis ke keadaan lama, melainkan kapasitas menyerap gangguan, mempertahankan fungsi penting, beradaptasi, dan bila perlu bertransformasi tanpa kehilangan identitas sosial-ekologis. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 3. dimensi keanekaragaman hayati maritim, dimensi skala perlu diberi perhatian khusus. Masalah laut selalu bersifat multiskala: proses mikroba terjadi dalam mikrometer dan jam, sementara arus, migrasi, perubahan iklim, serta investasi bekerja lintas dekade dan yurisdiksi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut

mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 4. terumbu karang, dimensi ketidakpastian perlu diberi perhatian khusus. Ketidakpastian perlu dinyatakan secara terbuka melalui rentang, tingkat keyakinan, skenario, dan asumsi. Ia tidak menghapus kebutuhan bertindak ketika risiko besar, tertunda, atau tidak dapat dipulihkan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 5. mangrove, lamun, dan estuari, dimensi indikator perlu diberi perhatian khusus. Indikator yang baik harus relevan terhadap tujuan, sensitif terhadap perubahan, dapat diukur berulang, dan memiliki ambang yang menghubungkan informasi dengan keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 6. laut pelagis, dasar laut, dan ekosistem laut dalam, dimensi kelembagaan perlu diberi perhatian khusus. Kegagalan ekologis sering berakar pada kegagalan kelembagaan: kewenangan terpecah, insentif salah arah, data tertutup, pengawasan lemah, dan kelompok terdampak tidak memiliki suara. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan

sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 7. jasa ekosistem dan nilai bagi masyarakat, dimensi keadilan perlu diberi perhatian khusus. Keadilan menuntut perhatian pada siapa yang memperoleh manfaat, siapa menanggung biaya, siapa diakui pengetahuannya, dan siapa dapat memengaruhi keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 8. indonesia dan coral triangle, dimensi pembelajaran perlu diberi perhatian khusus. Pengelolaan harus membangun siklus pembelajaran: menetapkan tujuan, mengukur kondisi awal, melaksanakan tindakan, memantau hasil, mengevaluasi sebab, lalu memperbaiki kebijakan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 9. perikanan, akuakultur, dan rantai pangan laut, dimensi konektivitas perlu diberi perhatian khusus. Konektivitas ekologis mengingatkan bahwa kualitas satu tempat bergantung pada tempat lain melalui arus, larva, migrasi, sedimen, nutrisi, dan aktivitas ekonomi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi,

manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembandingan digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 10. ancaman lokal dan dampak kumulatif, dimensi resiliensi perlu diberi perhatian khusus. Resiliensi bukan kemampuan kembali persis ke keadaan lama, melainkan kapasitas menyerap gangguan, mempertahankan fungsi penting, beradaptasi, dan bila perlu bertransformasi tanpa kehilangan identitas sosial-ekologis. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembandingan digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 11. perubahan iklim, dimensi skala perlu diberi perhatian khusus. Masalah laut selalu bersifat multiskala: proses mikroba terjadi dalam mikrometer dan jam, sementara arus, migrasi, perubahan iklim, serta investasi bekerja lintas dekade dan yurisdiksi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembandingan digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 12. konservasi berbasis kawasan dan konektivitas, dimensi ketidakpastian perlu diberi perhatian khusus. Ketidakpastian perlu dinyatakan secara terbuka melalui rentang, tingkat keyakinan, skenario, dan asumsi. Ia tidak menghapus kebutuhan bertindak ketika risiko besar, tertunda, atau tidak dapat dipulihkan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan

antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 13. restorasi ekosistem laut, dimensi indikator perlu diberi perhatian khusus. Indikator yang baik harus relevan terhadap tujuan, sensitif terhadap perubahan, dapat diukur berulang, dan memiliki ambang yang menghubungkan informasi dengan keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 14. tata ruang laut dan pengelolaan berbasis ekosistem, dimensi kelembagaan perlu diberi perhatian khusus. Kegagalan ekologis sering berakar pada kegagalan kelembagaan: kewenangan terpecah, insentif salah arah, data tertutup, pengawasan lemah, dan kelompok terdampak tidak memiliki suara. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 15. ekonomi biru dan bisnis yang bergantung pada alam, dimensi keadilan perlu diberi perhatian khusus. Keadilan menuntut perhatian pada siapa yang memperoleh manfaat, siapa menanggung biaya, siapa diakui pengetahuannya, dan siapa dapat memengaruhi keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka

perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 16. sains, teknologi, dan pemantauan biodiversitas, dimensi pembelajaran perlu diberi perhatian khusus. Pengelolaan harus membangun siklus pembelajaran: menetapkan tujuan, mengukur kondisi awal, melaksanakan tindakan, memantau hasil, mengevaluasi sebab, lalu memperbaiki kebijakan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 17. pengetahuan lokal, pendidikan, dan keadilan, dimensi konektivitas perlu diberi perhatian khusus. Konektivitas ekologis mengingatkan bahwa kualitas satu tempat bergantung pada tempat lain melalui arus, larva, migrasi, sedimen, nutrien, dan aktivitas ekonomi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 18. agenda strategis indonesia 2026–2045, dimensi resiliensi perlu diberi perhatian khusus. Resiliensi bukan kemampuan kembali persis ke keadaan lama, melainkan kapasitas menyerap gangguan, mempertahankan fungsi penting, beradaptasi, dan bila perlu bertransformasi tanpa kehilangan identitas

sosial-ekologis. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 19. kesimpulan, dimensi skala perlu diberi perhatian khusus. Masalah laut selalu bersifat multiskala: proses mikroba terjadi dalam mikrometer dan jam, sementara arus, migrasi, perubahan iklim, serta investasi bekerja lintas dekade dan yurisdiksi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 1. pendahuluan, dimensi ketidakpastian perlu diberi perhatian khusus. Ketidakpastian perlu dinyatakan secara terbuka melalui rentang, tingkat keyakinan, skenario, dan asumsi. Ia tidak menghapus kebutuhan bertindak ketika risiko besar, tertunda, atau tidak dapat dipulihkan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 2. fondasi fisik dan biogeokimia ekosistem laut, dimensi indikator perlu diberi perhatian khusus. Indikator yang baik harus relevan terhadap tujuan, sensitif terhadap perubahan, dapat diukur berulang, dan memiliki ambang yang menghubungkan informasi dengan keputusan. Implikasinya adalah

bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 3. dimensi keanekaragaman hayati maritim, dimensi kelembagaan perlu diberi perhatian khusus. Kegagalan ekologis sering berakar pada kegagalan kelembagaan: kewenangan terpecah, insentif salah arah, data tertutup, pengawasan lemah, dan kelompok terdampak tidak memiliki suara. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 4. terumbu karang, dimensi keadilan perlu diberi perhatian khusus. Keadilan menuntut perhatian pada siapa yang memperoleh manfaat, siapa menanggung biaya, siapa diakui pengetahuannya, dan siapa dapat memengaruhi keputusan. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 5. mangrove, lamun, dan estuari, dimensi pembelajaran perlu diberi perhatian khusus. Pengelolaan harus membangun siklus pembelajaran: menetapkan tujuan, mengukur kondisi awal, melaksanakan tindakan, memantau hasil, mengevaluasi sebab, lalu memperbaiki kebijakan. Implikasinya

adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Dalam konteks 6. laut pelagis, dasar laut, dan ekosistem laut dalam, dimensi konektivitas perlu diberi perhatian khusus. Konektivitas ekologis mengingatkan bahwa kualitas satu tempat bergantung pada tempat lain melalui arus, larva, migrasi, sedimen, nutrien, dan aktivitas ekonomi. Implikasinya adalah bahwa pengelola tidak cukup memilih satu instrumen dan menganggap persoalan selesai. Mereka perlu menyusun teori perubahan yang menjelaskan hubungan antara tekanan, tindakan, perubahan kondisi, manfaat sosial, dan risiko yang tersisa. Data dasar harus dikumpulkan sebelum intervensi, kelompok pembanding digunakan bila memungkinkan, dan hasil negatif dilaporkan. Pendekatan tersebut mengurangi kecenderungan memilih program yang mudah dihitung tetapi lemah dampaknya. Ia juga membantu membedakan keluaran administratif—seperti jumlah rapat, bibit, izin, atau patroli—dari hasil ekologis berupa pemulihan fungsi dan hasil sosial berupa penghidupan yang lebih aman. Dengan demikian, pembahasan biodiversitas bergerak dari inventarisasi menuju pengelolaan adaptif yang dapat dipertanggungjawabkan.

Glossarium

Akuakultur: Budidaya organisme air seperti ikan, kerang, udang, dan rumput laut dalam sistem terkelola.

Bentos: Organisme yang hidup pada atau di dalam dasar perairan.

Biodiversitas: Variasi kehidupan pada tingkat gen, populasi, spesies, fungsi, komunitas, dan ekosistem.

Biosekuriti: Tindakan untuk mencegah masuk, menyebar, dan berdampaknya penyakit atau organisme asing.

Blue carbon (karbon biru): Karbon yang ditangkap dan disimpan ekosistem pesisir dan laut, terutama mangrove, lamun, dan rawa pasang surut.

Bycatch: Tangkapan sampingan yang bukan target utama kegiatan penangkapan.

Deoksigenasi: Penurunan kandungan oksigen terlarut di laut.

DNA lingkungan (eDNA): Materi genetik yang dilepas organisme ke lingkungan dan digunakan untuk mendeteksi keberadaannya.

Ekosistem: Kesatuan organisme, lingkungan fisik, dan interaksi yang mengatur aliran energi serta materi.

Estuari: Perairan semi-tertutup tempat air tawar bercampur dengan air laut.

Eutrofikasi: Pengayaan nutrisi yang mendorong pertumbuhan alga berlebihan dan dapat menyebabkan hipoksia.

Gelombang panas laut: Periode suhu laut yang luar biasa tinggi dan berlangsung cukup lama pada suatu wilayah.

Hipoksia: Kondisi oksigen terlarut sangat rendah sehingga menekan kehidupan aerobik.

Jasa ekosistem: Kontribusi ekosistem terhadap manusia, termasuk pangan, pengaturan iklim, perlindungan, dan nilai budaya.

Kemosintesis: Pembentukan bahan organik menggunakan energi kimia, tanpa bergantung pada cahaya.

Konektivitas: Hubungan antarhabitat atau populasi melalui perpindahan organisme, gen, energi, atau materi.

Metabarcoding: Identifikasi banyak taksa sekaligus melalui penanda DNA dari sampel campuran.

Mitigasi: Upaya mengurangi sumber atau meningkatkan penyerapan gas rumah kaca.

Pengasaman laut: Perubahan kimia laut, termasuk penurunan pH, akibat penyerapan karbon dioksida.

Resiliensi: Kapasitas sistem menyerap gangguan, mempertahankan fungsi, beradaptasi, atau bertransformasi.

Restorasi ekologis: Upaya membantu pemulihan ekosistem yang rusak atau terdegradasi.

Seascape: Bentang laut sebagai mosaik habitat dan penggunaan yang saling terhubung.

Spesies kunci: Spesies dengan pengaruh ekologis yang besar dibandingkan kelimpahannya.

Upwelling: Naiknya air dalam yang biasanya dingin dan kaya nutrisi ke permukaan.

Zona fotik: Lapisan perairan yang menerima cahaya cukup untuk fotosintesis.

Daftar Pustaka

- Alongi, D. M. (2014). Carbon cycling and storage in mangrove forests. *Annual Review of Marine Science*, 6, 195–219. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010213-135020>
- Barbier, E. B., Hacker, S. D., Kennedy, C., Koch, E. W., Stier, A. C., & Silliman, B. R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, 81(2), 169–193. <https://doi.org/10.1890/10-1510.1>
- Bindoff, N. L., Cheung, W. W. L., Kairo, J. G., et al. (2019). Changing ocean, marine ecosystems, and dependent communities. In IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. <https://doi.org/10.1017/9781009157964.007>
- Bruno, J. F., & Valdivia, A. (2016). Coral reef degradation is not correlated with local human population density. *Scientific Reports*, 6, 29778. <https://doi.org/10.1038/srep29778>
- Costanza, R., de Groot, R., Sutton, P., et al. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26, 152–158. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>
- Duarte, C. M., Dennison, W. C., Orth, R. J. W., & Carruthers, T. J. B. (2008). The charisma of coastal ecosystems. *Estuaries and Coasts*, 31, 233–238. <https://doi.org/10.1007/s12237-008-9038-7>
- Duarte, C. M., Losada, I. J., Hendriks, I. E., Mazarrasa, I., & Marbà, N. (2013). The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. *Nature Climate Change*, 3, 961–968. <https://doi.org/10.1038/nclimate1970>
- Edgar, G. J., Stuart-Smith, R. D., Willis, T. J., et al. (2014). Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *Nature*, 506, 216–220. <https://doi.org/10.1038/nature13022>

- Gattuso, J.-P., Magnan, A., Billé, R., et al. (2015). Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO₂ emissions scenarios. *Science*, 349(6243), aac4722. <https://doi.org/10.1126/science.aac4722>
- Halpern, B. S., Frazier, M., Afflerbach, J., et al. (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>
- Hoegh-Guldberg, O., Poloczanska, E. S., Skirving, W., & Dove, S. (2017). Coral reef ecosystems under climate change and ocean acidification. *Frontiers in Marine Science*, 4, 158. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00158>
- IPBES. (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services. IPBES Secretariat. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673>
- IPCC. (2019). IPCC special report on the ocean and cryosphere in a changing climate. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009157964>
- IPCC. (2022). Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844>
- Jones, K. R., Klein, C. J., Halpern, B. S., et al. (2018). The location and protection status of Earth's diminishing marine wilderness. *Current Biology*, 28(15), 2506–2512.e3. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.06.010>
- Kelleher, G. (1999). Guidelines for marine protected areas. IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.1999.PAG.3.en>
- Levin, L. A., & Le Bris, N. (2015). The deep ocean under climate change. *Science*, 350(6262), 766–768. <https://doi.org/10.1126/science.aad0126>
- Lotze, H. K., Lenihan, H. S., Bourque, B. J., et al. (2006). Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas. *Science*, 312(5781), 1806–1809. <https://doi.org/10.1126/science.1128035>
- Mcleod, E., Chmura, G. L., Bouillon, S., et al. (2011). A blueprint for blue carbon. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9(10), 552–560. <https://doi.org/10.1890/110004>
- Moberg, F., & Rönnbäck, P. (2003). Ecosystem services of the tropical seascape. *Ecological Economics*, 44(2–3), 215–233. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00270-9](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00270-9)
- Mora, C., Tittensor, D. P., Adl, S., Simpson, A. G. B., & Worm, B. (2011). How many species are there on Earth and in the ocean? *PLoS Biology*, 9(8), e1001127. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001127>

- Mumby, P. J., & Steneck, R. S. (2008). Coral reef management and conservation in light of rapidly evolving ecological paradigms. *Trends in Ecology & Evolution*, 23(10), 555–563. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2008.06.011>
- Nagelkerken, I., Sheaves, M., Baker, R., & Connolly, R. M. (2015). The seascape nursery: A novel spatial approach to identify and manage nurseries for coastal marine fauna. *Fish and Fisheries*, 16(2), 362–371. <https://doi.org/10.1111/faf.12057>
- Orth, R. J., Carruthers, T. J. B., Dennison, W. C., et al. (2006). A global crisis for seagrass ecosystems. *BioScience*, 56(12), 987–996. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2006\)56\[987:AGCFSE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2006)56[987:AGCFSE]2.0.CO;2)
- Pendleton, L., Donato, D. C., Murray, B. C., et al. (2012). Estimating global blue carbon emissions from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems. *PLoS ONE*, 7(9), e43542. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043542>
- Poloczanska, E. S., Brown, C. J., Sydeman, W. J., et al. (2013). Global imprint of climate change on marine life. *Nature Climate Change*, 3, 919–925. <https://doi.org/10.1038/nclimate1958>
- Rogers, A. D., & Gianni, M. (2010). The implementation of UNGA resolutions 61/105 and 64/72 in the management of deep-sea fisheries. *International Programme on the State of the Ocean*.
- Selig, E. R., Casey, K. S., & Bruno, J. F. (2012). Temperature-driven coral decline: The role of marine protected areas. *Global Change Biology*, 18(5), 1561–1570. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2012.02658.x>
- Spalding, M. D., McIvor, A. L., Beck, M. W., et al. (2014). Coastal ecosystems: A critical element of risk reduction. *Conservation Letters*, 7(3), 293–301. <https://doi.org/10.1111/conl.12074>
- UNESCO. (n.d.-a). Raja Ampat Biosphere Reserve. <https://www.unesco.org/en/mab/raja-ampat>
- UNESCO. (n.d.-b). Bunaken Tangkoko Minahasa Biosphere Reserve. <https://www.unesco.org/en/mab/bunaken-tangkoko-minahasa>
- Waycott, M., Duarte, C. M., Carruthers, T. J. B., et al. (2009). Accelerating loss of seagrasses across the globe. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(30), 12377–12381. <https://doi.org/10.1073/pnas.0905620106>
- Worm, B., Barbier, E. B., Beaumont, N., et al. (2006). Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services. *Science*, 314(5800), 787–790. <https://doi.org/10.1126/science.1132294>
- zu Ermgassen, P. S. E., Baker, R., Beck, M. W., et al. (2021). Fishers who rely on mangroves: Modelling and mapping the global intensity of mangrove-associated fisheries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 248, 107159. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.107159>