

BUKU
REFERENSI

OPTIMASI PEMANFAATAN SUMBERDAYA PESISIR

**KONSEP, FUNGSI, DAN STRATEGI
PENGELOLAAN BERKELANJUTAN**

Sajriawati, S.Pi., M.Si.
Sunarni, S.Pi., M.Si.
Nurliah, S.P., M.Si.



OPTIMASI PEMANFAATAN SUMBERDAYA PESISIR KONSEP, FUNGSI, DAN STRATEGI PENGELOLAAN BERKELANJUTAN

Ditulis oleh:

Sajriawati, S.Pi., M.Si.

Sunarni, S.Pi., M.Si.

Nurliah, S.P., M.Si.

Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang. Dilarang keras memperbanyak, menerjemahkan atau mengutip baik sebagian ataupun keseluruhan isi buku tanpa izin tertulis dari penerbit.



ISBN: 978 – 634 – 7662 – 53 – 8

V + 237 hlm; 18,2 x 25,7 cm.

Cetakan I, April 2026

Desain Cover dan Tata Letak:

Muhammad Rasyua

Diterbitkan, dicetak, dan didistribusikan oleh

PT Media Penerbit Indonesia

Royal Suite No. 6C, Jalan Sedap Malam IX, Sempakata

Kecamatan Medan Selayang, Kota Medan 20131

Telp: 081362150605

Email: ptmediapenerbitindonesia@gmail.com

Web: <https://mediapenerbitindonesia.com>

Anggota IKAPI No.088/SUT/2024



KATA PENGANTAR

Wilayah pesisir merupakan salah satu kawasan yang memiliki peran strategis dalam pembangunan karena menjadi titik pertemuan antara ekosistem daratan dan lautan yang kaya akan sumber daya alam. Kawasan ini tidak hanya memiliki fungsi ekologis sebagai habitat keanekaragaman hayati dan pelindung alami terhadap bencana, tetapi juga memiliki nilai ekonomi yang besar melalui sektor perikanan, pariwisata bahari, energi kelautan, serta berbagai aktivitas sosial-ekonomi masyarakat pesisir. Namun demikian, pemanfaatan sumber daya pesisir yang tidak terkelola secara optimal dapat menimbulkan berbagai permasalahan lingkungan seperti degradasi ekosistem, pencemaran, dan penurunan daya dukung wilayah.

Buku referensi ini membahas konsep dasar wilayah pesisir, karakteristik ekosistem pesisir, serta fungsi dan peran sumberdaya pesisir dalam mendukung kehidupan masyarakat dan pembangunan ekonomi. Selain itu, buku referensi ini membahas berbagai pendekatan pengelolaan sumberdaya pesisir secara terpadu dan berkelanjutan, termasuk kerangka kebijakan, metode penilaian potensi, serta strategi pengelolaan wilayah pesisir. Buku referensi ini juga membahas pemanfaatan teknologi, pemberdayaan masyarakat pesisir, serta studi kasus dan rekomendasi kebijakan untuk mendukung pengelolaan pesisir yang efektif dan berkelanjutan.

Semoga buku referensi ini dapat menambah wawasan dalam memahami konsep, fungsi, dan strategi pengelolaan sumberdaya pesisir secara berkelanjutan.

Salam Hangat,

Penulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii

BAB I	PENDAHULUAN: PERSPEKTIF SUMBERDAYA PESISIR DAN URGENSI PENGELOLAAN BERKELANJUTAN	1
A.	Definisi dan Ruang Lingkup Pesisir	1
B.	Perubahan Global dan Dinamika Pesisir	5
C.	Tantangan dan Peluang dalam Optimalisasi Pemanfaatan.....	10
BAB II	KONSEP DASAR SISTEM PESISIR TERPADU	17
A.	Teori Sistem Pesisir	18
B.	Komponen Biofisik dan Sosial-Ekonomi	21
C.	Interaksi Manusia–Lingkungan	24
BAB III	FUNGSI EKOSISTEM PESISIR DAN JASA LINGKUNGAN	30
A.	Jasa Ekosistem: Regulasi, Penyedia, Kultural, dan Pendukung	30
B.	Nilai Ekonomi Ekosistem Pesisir	35
C.	Keanekaragaman Hayati sebagai Modal Pembangunan....	38
BAB IV	KERANGKA KEBIJAKAN DAN REGULASI PESISIR DI ERA PERUBAHAN IKLIM.....	43
A.	Kebijakan Nasional, Regional, dan Internasional.....	43
B.	Harmonisasi Aturan Sektoral.....	48
C.	Instrumen Perencanaan Berbasis Ekosistem	51
BAB V	PENILAIAN POTENSI DAN DAYA DUKUNG WILAYAH PESISIR.....	58

A.	Metode Penilaian Sumberdaya dan Daya Dukung	58
B.	Indikator Keberlanjutan	62
C.	Peran Teknologi Penginderaan Jauh dan GIS	67
BAB VI	STRATEGI PENGELOLAAN RUANG PESISIR TERPADU (<i>INTEGRATED COASTAL ZONE MANAGEMENT</i>)	72
A.	Prinsip dan Pendekatan ICZM.....	72
B.	Perencanaan Tata Ruang Laut (<i>Marine Spatial Planning</i>)	77
C.	Kolaborasi Multi-Stakeholder	82
BAB VII	OPTIMASI PEMANFAATAN SUMBERDAYA PESISIR UNTUK KETAHANAN PANGAN DAN EKONOMI LOKAL.....	88
A.	<i>Blue Economy</i> dan Inovasi Ekonomi Pesisir	89
B.	Akuakultur Berkelanjutan.....	93
C.	Perikanan Rakyat dan Nilai Tambah Produk	97
BAB VIII	TEKNOLOGI DAN INOVASI DALAM MONITORING DAN PENGELOLAAN PESISIR....	102
A.	Sensor, Drones, dan Sistem Pemantauan Real-Time.....	102
B.	<i>Digital Twin</i> dan <i>Big Data</i>	106
C.	Teknologi Ramah Lingkungan	110
BAB IX	ADAPTASI PERUBAHAN IKLIM DAN KETANGGUHAN KOMUNITAS PESISIR	117
A.	Risiko Abrasi, Kenaikan Muka Air Laut, Badai.....	117
B.	Strategi Adaptasi Berbasis Komunitas	120
C.	Pembangunan Infrastruktur Hijau.....	126
BAB X	KONSERVASI DAN RESTORASI EKOSISTEM PESISIR.....	130
A.	<i>Mangrove</i> , Terumbu Karang, Lamun	130
B.	Restorasi Berbasis Masyarakat	134
C.	Praktik Rehabilitasi Terbaru	137

BAB XI	PENDEKATAN EKONOMI BIRU (<i>BLUE ECONOMY</i>) DAN PEMBIAYAAN BERKELANJUTAN	142
A.	Model Bisnis Berkelanjutan	142
B.	Mekanisme Insentif dan Pasar Hijau	146
C.	Skema Pembiayaan Inovatif (mis. PES, Karbon Biru)....	151
BAB XII	PEMBERDAYAAN MASYARAKAT DAN KAJIAN SOSIOKULTURAL	157
A.	Peran Lembaga Adat dan Budaya Pesisir	157
B.	Gender dan Inklusi Sosial.....	162
C.	Edukasi dan Pengembangan Kapasitas.....	165
BAB XIII	STUDI KASUS GLOBAL DAN NUSANTARA: INOVASI DAN TANTANGAN.....	173
A.	Studi Kasus <i>Best Practice</i> dari Berbagai Negara	173
B.	Pembelajaran dari Kegagalan	181
C.	Integrasi Kebijakan dan Praktik Lokal	188
BAB XIV	ARAH KEBIJAKAN MASA DEPAN DAN REKOMENDASI IMPLEMENTASI.....	194
A.	Rekomendasi untuk Pembuat Kebijakan	194
B.	Rencana Aksi Implementatif	203
C.	Agenda Penelitian Lanjut	210
BAB XV	KESIMPULAN.....	220
DAFTAR PUSTAKA		222
GLOSARIUM.....		229
INDEKS		233
BIOGRAFI PENULIS.....		236
SINOPSIS		237



BAB I

PENDAHULUAN: PERSPEKTIF SUMBERDAYA PESISIR DAN URGENSI PENGELOLAAN BERKELANJUTAN

Wilayah pesisir merupakan salah satu ekosistem paling produktif dan strategis di dunia, yang menyediakan berbagai jasa lingkungan, sosial, dan ekonomi. Pesisir menjadi habitat bagi beragam spesies, sumber pangan melalui perikanan dan akuakultur, serta mendukung kegiatan ekonomi seperti pariwisata, perdagangan, dan energi terbarukan. Selain itu, pesisir juga memiliki fungsi ekologis penting, termasuk penyangga terhadap bencana alam, pengendalian erosi, dan penyimpanan karbon biru. Kompleksitas interaksi antara manusia dan lingkungan pesisir menciptakan sistem sosial-ekologis yang dinamis, di mana keseimbangan antara pemanfaatan dan konservasi menjadi kunci keberlanjutan.

Perubahan global seperti kenaikan muka air laut, degradasi habitat, polusi, serta pertumbuhan populasi pesisir semakin menekankan urgensi pengelolaan berkelanjutan. Aktivitas antropogenik yang tidak terkontrol, termasuk *overfishing*, konversi lahan, dan pembangunan pesisir tanpa mempertimbangkan kapasitas ekologis, berpotensi menurunkan produktivitas dan fungsi ekosistem. Dampak perubahan iklim, seperti badai ekstrem dan abrasi pantai, memperburuk kerentanan sosial dan ekonomi komunitas pesisir. Upaya pengelolaan harus bersifat adaptif, berbasis ilmu pengetahuan, serta melibatkan partisipasi aktif masyarakat untuk meminimalkan risiko dan menjaga ketahanan ekosistem.

A. Definisi dan Ruang Lingkup Pesisir

Wilayah pesisir merupakan salah satu ruang geografis paling strategis dalam pembangunan global abad ke-21. Kawasan ini menjadi

titik temu antara sistem daratan dan lautan yang membentuk ekosistem transisi dengan produktivitas biologis tinggi, dinamika fisik kompleks, serta interaksi sosial-ekonomi yang intens. Dalam perspektif pembangunan berkelanjutan, pesisir tidak hanya dipahami sebagai ruang fisik, melainkan sebagai sistem sosial-ekologis (*social-ecological system*) yang menyatukan komponen biotik, abiotik, dan aktivitas manusia dalam relasi yang saling memengaruhi (Pörtner *et al.*, 2019).

Secara global, lebih dari 40% populasi dunia tinggal dalam radius 100 km dari garis pantai, dan proporsi ini diproyeksikan terus meningkat seiring urbanisasi dan pertumbuhan ekonomi berbasis kelautan. Kawasan pesisir berkontribusi signifikan terhadap ketahanan pangan, perdagangan internasional, pariwisata, energi, serta jasa ekosistem seperti perlindungan pantai dan penyerapan karbon biru. Sumberdaya pesisir menjadi elemen kunci dalam agenda *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya SDG 14 (*Life Below Water*), SDG 13 (*Climate Action*), dan SDG 15 (*Life on Land*) (Biswas *et al.*, 2021).

Intensifikasi pemanfaatan pesisir telah memunculkan tekanan ekologis yang serius, seperti degradasi *mangrove*, penurunan stok ikan, abrasi pantai, pencemaran laut, serta dampak perubahan iklim berupa kenaikan muka air laut dan peningkatan frekuensi badai (Halpern *et al.*, 2019). Kondisi ini menegaskan urgensi redefinisi pengelolaan pesisir dari pendekatan eksploitatif menuju pendekatan optimasi berkelanjutan berbasis ekosistem.

Secara konseptual, wilayah pesisir (*coastal zone*) didefinisikan sebagai zona peralihan antara ekosistem daratan dan lautan yang dipengaruhi oleh proses alami dari keduanya. UNESCO-IOC (2020) mendefinisikan pesisir sebagai area interaksi dinamis antara atmosfer, laut, dan daratan yang mencakup garis pantai, perairan dangkal, estuaria, laguna, delta, hingga wilayah daratan yang secara langsung dipengaruhi oleh proses kelautan.

Pada perspektif hukum dan tata kelola, wilayah pesisir sering kali ditentukan berdasarkan batas administratif tertentu yang mencakup daratan pesisir, perairan pesisir, serta pulau-pulau kecil. Di Indonesia, definisi pesisir merujuk pada wilayah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan laut, termasuk

wilayah yang masih mendapat pengaruh pasang surut, intrusi air laut, dan aktivitas sosial-ekonomi berbasis kelautan.

Secara ekologis, pesisir mencakup berbagai ekosistem penting seperti *mangrove*, padang lamun, terumbu karang, estuaria, dan rawa payau. Ekosistem ini memiliki fungsi ekologis yang saling terhubung dan membentuk jaringan produktivitas primer tinggi yang menopang rantai makanan laut (FAO, 2020). Batas wilayah pesisir tidak hanya bersifat spasial, tetapi juga fungsional, tergantung pada keterkaitan ekosistemnya. Ruang lingkup sumberdaya pesisir dapat diklasifikasikan menjadi tiga kategori utama: sumberdaya hayati, non-hayati, dan jasa ekosistem.

1. Sumberdaya Hayati

Sumberdaya hayati pesisir merupakan fondasi utama ketahanan pangan, ekonomi lokal, dan stabilitas ekosistem laut. Perikanan tangkap dan budidaya laut menyediakan sumber protein hewani yang terjangkau dan bergizi bagi miliaran penduduk dunia, sekaligus menjadi sumber mata pencaharian bagi masyarakat pesisir. Selain perikanan, ekosistem *mangrove*, lamun, dan terumbu karang berperan sebagai habitat pemijahan, pembesaran, dan tempat mencari makan berbagai biota laut. Keanekaragaman hayati di wilayah pesisir juga memiliki nilai ekologis dan genetik yang tinggi, mendukung ketahanan ekosistem terhadap gangguan lingkungan serta perubahan iklim (FAO, 2020)

Tekanan eksploitasi berlebih, praktik penangkapan destruktif, dan degradasi habitat telah menyebabkan penurunan signifikan stok ikan global. Sekitar sepertiga stok ikan dunia berada pada kondisi tangkap lebih (*overfished*), yang mengancam keberlanjutan produksi dan kesejahteraan nelayan. Kondisi ini menegaskan pentingnya penerapan pendekatan *Maximum Sustainable Yield* (MSY) untuk menjaga keseimbangan antara pemanfaatan dan regenerasi stok, serta penerapan *ecosystem-based fisheries management* yang mempertimbangkan interaksi *antarspecies*, kesehatan habitat, dan dinamika sosial-ekonomi dalam pengelolaan perikanan secara berkelanjutan.

2. Sumberdaya Non-Hayati

Sumberdaya non-hayati di wilayah pesisir mencakup pasir laut, mineral, minyak dan gas lepas pantai, serta potensi energi terbarukan

seperti energi gelombang, arus, dan angin lepas pantai. Pemanfaatan sumber daya ini memberikan kontribusi signifikan terhadap pertumbuhan ekonomi, penyediaan energi, dan pembangunan infrastruktur nasional. Energi angin lepas pantai, misalnya, berkembang pesat sebagai bagian dari transisi menuju energi rendah karbon, sementara eksplorasi minyak dan gas tetap menjadi tulang punggung energi di banyak negara (Jouffray *et al.*, 2020).

Eksplorasi sumberdaya non-hayati membawa risiko ekologis yang tidak kecil. Kegiatan penambangan pasir laut dapat memicu abrasi dan kerusakan habitat bentik, sedangkan eksplorasi minyak dan gas berpotensi menimbulkan pencemaran laut. Pengembangan energi laut terbarukan juga harus mempertimbangkan dampaknya terhadap jalur migrasi biota dan ruang hidup masyarakat pesisir.

3. Jasa Ekosistem

Pendekatan jasa ekosistem menempatkan wilayah pesisir sebagai penyedia berbagai manfaat ekologis, sosial, dan ekonomi yang sering kali tidak terlihat secara langsung. Selain menghasilkan sumber daya perikanan, pesisir menyediakan perlindungan alami terhadap gelombang, badai, dan abrasi melalui ekosistem seperti *mangrove* dan terumbu karang. Pesisir juga berperan dalam pengendalian erosi, penyaringan polutan, serta menyediakan ruang rekreasi dan nilai budaya yang memperkuat identitas komunitas lokal. Kontribusi jasa ekosistem ini sangat penting bagi kesejahteraan manusia dan keberlanjutan pembangunan. Bahkan, Dasgupta (2021) menunjukkan bahwa nilai ekonomi jasa ekosistem sering kali melampaui nilai manfaat ekstraktif jangka pendek.

Mangrove dan padang lamun memiliki peran strategis sebagai penyerap karbon biru (*blue carbon*) yang efektif dalam mitigasi perubahan iklim. Ekosistem ini mampu menyimpan karbon dalam biomassa dan sedimen dalam jangka panjang, sehingga berkontribusi pada pengurangan konsentrasi karbon di atmosfer. Kerusakan ekosistem pesisir tidak hanya mengurangi fungsi lokal, tetapi juga berdampak pada stabilitas iklim global.

B. Perubahan Global dan Dinamika Pesisir

Wilayah pesisir merupakan salah satu kawasan paling dinamis sekaligus paling rentan terhadap perubahan global. Perubahan tersebut tidak hanya bersumber dari faktor ekologis seperti perubahan iklim dan degradasi keanekaragaman hayati, tetapi juga dari transformasi sosial-ekonomi, globalisasi perdagangan, urbanisasi pesisir, dan ekspansi ekonomi biru (*blue economy*). Dalam dua dekade terakhir, literatur ilmiah menunjukkan bahwa tekanan kumulatif terhadap pesisir meningkat secara signifikan dan berdampak sistemik terhadap fungsi ekologis maupun kesejahteraan masyarakat (Halpern *et al.*, 2019).

Lautan dan wilayah pesisir berada dalam kondisi pemanasan yang belum pernah terjadi sebelumnya akibat peningkatan konsentrasi gas rumah kaca. Pemanasan laut, kenaikan muka air laut, pengasaman laut (*ocean acidification*), serta peningkatan intensitas badai tropis merupakan bentuk nyata perubahan global yang secara langsung memengaruhi stabilitas pesisir. Dalam konteks ini, pesisir tidak lagi dapat dipahami sebagai ruang statis, melainkan sebagai sistem sosial-ekologis yang mengalami transformasi cepat akibat interaksi antara perubahan lingkungan dan aktivitas manusia.

1. Perubahan Iklim dan Dampaknya terhadap Pesisir

Perubahan iklim merupakan faktor dominan dalam dinamika pesisir global. Laporan IPCC (2019) menyatakan bahwa permukaan laut global telah meningkat sekitar 20 cm sejak awal abad ke-20 dan laju kenaikannya semakin cepat. Dalam skenario emisi tinggi, kenaikan muka air laut diproyeksikan dapat melebihi satu meter pada akhir abad ini. Kondisi ini meningkatkan risiko banjir pesisir, abrasi, intrusi air laut, dan hilangnya lahan produktif.

Pemanasan laut menyebabkan pemutihan terumbu karang secara masif. Terumbu karang, yang menjadi habitat penting bagi sekitar 25% spesies laut, sangat sensitif terhadap peningkatan suhu permukaan laut. IPCC (2019) memperkirakan bahwa pada kenaikan suhu global 1,5°C, sekitar 70–90% terumbu karang dunia dapat hilang, sementara pada 2°C hampir seluruhnya terancam punah.

Dampak perubahan iklim juga memengaruhi sistem sosial-ekonomi pesisir. Komunitas nelayan kecil sangat rentan terhadap

perubahan pola migrasi ikan dan penurunan stok perikanan. FAO (2022) melaporkan bahwa perubahan iklim telah memengaruhi distribusi stok ikan secara global, sehingga mengubah produktivitas perikanan di banyak wilayah tropis. Perubahan iklim bukan hanya isu lingkungan, tetapi juga isu ketahanan pangan, ekonomi lokal, dan keadilan sosial di wilayah pesisir.

2. Urbanisasi dan Pertumbuhan Penduduk Pesisir

Urbanisasi dan globalisasi telah mendorong peningkatan konsentrasi penduduk di wilayah pesisir secara signifikan dalam beberapa dekade terakhir. Kota-kota pesisir berkembang menjadi pusat pertumbuhan ekonomi karena kedekatannya dengan jalur perdagangan maritim, pelabuhan internasional, serta akses terhadap sumber daya laut. Sebagian besar *megacity* dunia berada di kawasan pesisir, menjadikannya simpul strategis dalam jaringan ekonomi global. Aktivitas industri, logistik, perikanan, dan pariwisata tumbuh pesat, menciptakan peluang ekonomi sekaligus meningkatkan tekanan terhadap lingkungan pesisir (Bebianno *et al.*, 2021).

Urbanisasi pesisir yang tidak terencana sering kali menimbulkan dampak ekologis serius. Konversi hutan *mangrove* menjadi kawasan permukiman, reklamasi pantai untuk infrastruktur, serta pembuangan limbah domestik dan industri ke laut mempercepat degradasi ekosistem. Hilangnya vegetasi pesisir mengurangi fungsi perlindungan alami terhadap abrasi dan banjir rob, sehingga meningkatkan kerentanan wilayah terhadap bencana. Tekanan ini diperparah oleh lemahnya pengawasan tata ruang dan rendahnya kepatuhan terhadap regulasi lingkungan.

Fenomena yang dikenal sebagai *coastal squeeze* menggambarkan kondisi penyempitan ruang alami pesisir akibat ekspansi infrastruktur di darat dan kenaikan muka air laut secara bersamaan. Habitat seperti *mangrove* dan rawa pesisir terjepit di antara pembangunan fisik dan tekanan iklim, sehingga kehilangan ruang untuk beradaptasi. Dampaknya adalah berkurangnya fungsi ekologis sebagai penyangga gelombang, penyerap karbon, dan habitat biodiversitas.

3. Ekspansi Ekonomi Biru dan “Blue Acceleration”

Pada beberapa tahun terakhir, konsep *blue economy* berkembang sebagai paradigma pembangunan yang menempatkan laut dan wilayah pesisir sebagai motor pertumbuhan ekonomi baru. Pendekatan ini menekankan optimalisasi pemanfaatan sumber daya kelautan untuk mendorong pertumbuhan, penciptaan lapangan kerja, dan inovasi, dengan tetap menjaga keberlanjutan ekosistem. Sektor-sektor seperti perikanan berkelanjutan, akuakultur, pariwisata bahari, energi terbarukan lepas pantai, dan bioteknologi laut memiliki potensi besar untuk mendukung transformasi ekonomi rendah karbon dan inklusif.

Perkembangan ini juga memunculkan dinamika yang lebih kompleks. Jouffray *et al.* (2020) memperkenalkan istilah *blue acceleration* untuk menggambarkan percepatan ekspansi aktivitas manusia di laut secara masif dan simultan. Ekspansi energi angin lepas pantai, akuakultur intensif, pertambangan laut dalam, serta pembangunan pelabuhan skala besar meningkatkan tekanan terhadap ruang dan sumber daya laut. Intensifikasi ini berpotensi menimbulkan dampak kumulatif terhadap ekosistem pesisir, termasuk degradasi habitat, konflik ruang, dan peningkatan risiko ekologis.

Fenomena *blue acceleration* menunjukkan bahwa pertumbuhan ekonomi kelautan tidak selalu berjalan selaras dengan prinsip keberlanjutan. Tanpa regulasi yang kuat, eksploitasi berlebihan dapat mempercepat kerusakan ekosistem, mengancam keanekaragaman hayati, dan mengurangi kapasitas laut dalam menyediakan jasa lingkungan. Selain itu, ekspansi industri kelautan berisiko memarginalkan masyarakat pesisir tradisional yang bergantung pada sumber daya lokal.

4. Degradasi Keanekaragaman Hayati Pesisir

Degradasi keanekaragaman hayati pesisir menjadi salah satu isu lingkungan paling mendesak dalam beberapa dekade terakhir. Díaz *et al.* (2019) melaporkan bahwa sekitar satu juta spesies di dunia terancam punah, dengan ekosistem pesisir dan laut termasuk yang paling terdampak oleh aktivitas manusia. Hilangnya hutan *mangrove*, padang lamun, dan terumbu karang tidak hanya mengurangi kekayaan biodiversitas, tetapi juga melemahkan fungsi ekologis yang menopang

kehidupan manusia. Ekosistem tersebut berperan penting dalam perlindungan pantai dari abrasi dan badai, penyediaan sumber pangan melalui perikanan, serta penyerapan karbon biru yang signifikan dalam mitigasi perubahan iklim.

Tekanan terhadap ekosistem pesisir bersifat kumulatif dan saling memperkuat. Intensitas tekanan terhadap laut meningkat secara signifikan antara 2008 dan 2018, terutama akibat penangkapan ikan berlebihan, pemanasan laut, pengasaman samudra, dan pencemaran berbasis daratan. Kombinasi faktor-faktor ini mempercepat degradasi habitat dan mengganggu keseimbangan trofik dalam ekosistem. Ketika keanekaragaman hayati menurun, kemampuan ekosistem untuk pulih dari gangguan atau yang dikenal sebagai *ecosystem resilience* juga melemah.

Penurunan ketahanan ekosistem berdampak langsung pada komunitas pesisir yang bergantung pada stabilitas sumber daya alam. Ekosistem yang terdegradasi lebih rentan terhadap badai, gelombang ekstrem, dan kenaikan muka air laut. Selain itu, penurunan stok ikan dan rusaknya habitat pemijahan mengancam ketahanan pangan dan mata pencaharian masyarakat pesisir. Dalam perspektif ekonomi, kegagalan sistem ekonomi dalam menghitung nilai alam sebagai modal alami menyebabkan eksploitasi berlebihan dan kerugian jangka panjang. Degradasi biodiversitas pesisir bukan hanya krisis ekologis, tetapi juga ancaman terhadap kesejahteraan dan pembangunan berkelanjutan di masa depan.

5. Pencemaran dan Krisis Lingkungan Pesisir

Pencemaran laut merupakan salah satu krisis lingkungan paling nyata di wilayah pesisir saat ini. Sampah plastik, mikroplastik, serta limbah padat lainnya mencemari perairan pesisir dan mengancam kehidupan biota laut. Dickson (2021) mencatat bahwa jutaan ton plastik memasuki laut setiap tahun, dengan sebagian besar bersumber dari aktivitas di daratan dan wilayah pesisir yang padat penduduk. Plastik yang terakumulasi di laut tidak hanya merusak estetika lingkungan, tetapi juga membahayakan organisme laut melalui proses tertelan (*ingestion*) dan jeratan (*entanglement*), serta berpotensi masuk ke rantai makanan manusia.

Pencemaran nutrisi menjadi ancaman serius bagi kualitas ekosistem pesisir. Limpasan pupuk pertanian, limbah domestik, dan buangan industri meningkatkan kadar nitrogen dan fosfor di perairan. Kondisi ini memicu eutrofikasi, yaitu pertumbuhan alga secara berlebihan yang mengurangi kadar oksigen terlarut dalam air. Dampaknya adalah terbentuknya zona mati (*dead zones*), di mana organisme laut sulit bertahan hidup akibat kekurangan oksigen. Fenomena ini telah terjadi di berbagai wilayah pesisir dunia dan mengancam produktivitas perikanan.

Krisis pencemaran menunjukkan bahwa dinamika pesisir tidak dapat dipisahkan dari aktivitas di wilayah daratan. Sungai menjadi jalur utama masuknya polutan ke laut, sehingga masalah pesisir sering kali berakar pada tata kelola daratan yang kurang efektif. Urbanisasi, pertanian intensif, dan pengelolaan limbah yang tidak memadai memperburuk beban pencemaran di perairan pesisir. Pengelolaan pesisir harus mengadopsi pendekatan terpadu yang mempertimbangkan keterkaitan darat-laut (*land-sea interaction*). Upaya pengendalian pencemaran memerlukan koordinasi lintas sektor, peningkatan sistem pengelolaan limbah, serta kebijakan preventif yang berbasis pada prinsip kehati-hatian dan keberlanjutan.

6. Transformasi Tata Kelola Pesisir

Perubahan global yang ditandai oleh peningkatan tekanan pembangunan, perubahan iklim, dan eksploitasi sumber daya laut mendorong transformasi tata kelola pesisir menuju pendekatan yang lebih terintegrasi dan adaptif. Model pengelolaan sektoral yang terfragmentasi terbukti kurang efektif dalam mengatasi konflik pemanfaatan ruang dan degradasi lingkungan. Konsep *Marine Spatial Planning* (MSP) dan *Integrated Coastal Zone Management* (ICZM) berkembang sebagai instrumen strategis untuk menyelaraskan kepentingan ekonomi, sosial, dan ekologis dalam satu kerangka perencanaan terpadu. Pendekatan ini memungkinkan pengaturan zonasi yang jelas, pengurangan konflik antar sektor, serta perlindungan kawasan bernilai ekologis tinggi.

MSP berfokus pada perencanaan tata ruang laut secara sistematis dan berbasis data, sedangkan ICZM menekankan integrasi pengelolaan darat dan laut secara menyeluruh. Kedua pendekatan ini bertujuan

menciptakan keseimbangan antara konservasi dan pemanfaatan sumber daya. Dengan koordinasi lintas sektor dan partisipasi pemangku kepentingan, tata kelola pesisir dapat menjadi lebih transparan, inklusif, dan efektif dalam menghadapi dinamika pembangunan.

Pörtner *et al.* (2022) menegaskan pentingnya adaptasi berbasis ekosistem (*ecosystem-based adaptation*) sebagai strategi utama menghadapi dampak perubahan iklim di wilayah pesisir. Restorasi *mangrove*, perlindungan terumbu karang, dan rehabilitasi padang lamun merupakan contoh solusi berbasis alam (*nature-based solutions*) yang mampu mengurangi risiko abrasi, banjir rob, dan badai, sekaligus meningkatkan kapasitas penyerapan karbon. Dalam konteks kompleksitas perubahan global, tata kelola pesisir harus bersifat adaptif, partisipatif, dan berbasis ilmu pengetahuan. Integrasi data ilmiah, teknologi pemantauan, serta kearifan lokal menjadi kunci untuk memastikan kebijakan yang responsif dan berkelanjutan dalam jangka panjang.

C. Tantangan dan Peluang dalam Optimasi Pemanfaatan

Optimasi pemanfaatan sumberdaya pesisir dalam konteks pembangunan berkelanjutan bukan sekadar upaya meningkatkan produksi atau nilai ekonomi, melainkan proses menyeimbangkan kepentingan ekologis, sosial, dan ekonomi dalam satu kerangka tata kelola yang adaptif. Dalam literatur kontemporer, pendekatan ini sejalan dengan konsep *sustainable ocean economy* dan *ecosystem-based management* yang menekankan efisiensi pemanfaatan tanpa mengorbankan daya dukung lingkungan (Díaz *et al.*, 2019).

Wilayah pesisir memiliki potensi ekonomi besar melalui sektor perikanan, akuakultur, pariwisata bahari, energi terbarukan, dan jasa ekosistem. Sektor perikanan dan akuakultur global menyerap ratusan juta tenaga kerja dan menjadi sumber protein utama bagi lebih dari tiga miliar penduduk dunia. Namun, potensi tersebut diiringi tantangan serius berupa degradasi lingkungan, konflik ruang, dan perubahan iklim.

1. Tantangan Ekologis dalam Optimasi Pemanfaatan

Optimasi pemanfaatan sumber daya pesisir menghadapi tantangan ekologis yang serius, terutama dalam bentuk overeksploitasi sumberdaya hayati. Praktik penangkapan ikan yang melampaui kapasitas regeneratif stok telah menyebabkan tekanan besar terhadap ekosistem laut. Lebih dari sepertiga stok ikan global berada dalam kondisi tangkap berlebih (*overfished*), menunjukkan bahwa pemanfaatan telah melampaui batas *maximum sustainable yield* (MSY). Ketika eksploitasi melampaui ambang keberlanjutan, produktivitas jangka panjang menurun, struktur trofik terganggu, dan keseimbangan ekosistem menjadi rapuh. Halpern *et al.* (2019) juga menunjukkan bahwa tekanan kumulatif akibat kombinasi penangkapan ikan, perubahan iklim, dan pencemaran mempercepat degradasi laut, sehingga mengurangi resiliensi ekosistem pesisir.

Degradasi ekosistem kunci seperti *mangrove*, padang lamun, dan terumbu karang menjadi tantangan besar dalam optimasi pemanfaatan. Ekosistem ini berfungsi sebagai habitat pemijahan, pelindung pantai alami, dan penyerap karbon biru. Kehilangan biodiversitas pesisir berdampak langsung pada penurunan jasa ekosistem, termasuk perlindungan terhadap abrasi dan ketersediaan pangan laut. Ketika ekosistem penopang ini rusak, produktivitas perikanan dan ketahanan wilayah pesisir ikut terancam. Pemanasan dan pengasaman laut mempercepat pemutihan dan kematian terumbu karang secara global. Degradasi ini menurunkan kapasitas alam untuk mendukung aktivitas ekonomi dan sosial di pesisir.

2. Tantangan Sosial dan Kelembagaan

Optimasi pemanfaatan sumber daya pesisir tidak hanya menghadapi tantangan ekologis, tetapi juga persoalan sosial dan kelembagaan yang kompleks. Salah satu isu utama adalah konflik pemanfaatan ruang akibat ekspansi berbagai sektor ekonomi di wilayah pesisir. Aktivitas perikanan tradisional sering kali berbenturan dengan pengembangan pariwisata, reklamasi pantai, industri energi lepas pantai, maupun kegiatan pertambangan. Jouffray *et al.* (2020) menyebut dinamika ini sebagai bagian dari fenomena *blue acceleration*, yaitu percepatan ekspansi aktivitas manusia di laut yang tidak selalu diiringi tata kelola memadai. Tanpa penerapan *marine spatial planning* (MSP)

yang efektif, konflik ruang dapat memperburuk degradasi lingkungan, menurunkan efisiensi ekonomi, dan memicu ketegangan sosial antar kelompok pemanfaat.

Ketimpangan sosial dalam akses dan distribusi manfaat menjadi tantangan serius dalam implementasi ekonomi biru. Meskipun sektor kelautan memiliki potensi pertumbuhan tinggi, manfaatnya tidak selalu terdistribusi secara adil. Pelaku usaha besar dengan akses modal, teknologi, dan jaringan pasar cenderung lebih diuntungkan dibandingkan nelayan kecil dan komunitas pesisir tradisional. Ketimpangan ini dapat memperlebar kesenjangan sosial dan melemahkan legitimasi kebijakan pengelolaan pesisir. Komunitas pesisir sering menghadapi keterbatasan akses terhadap pembiayaan, inovasi teknologi, informasi pasar, dan perlindungan hukum. Tanpa kebijakan inklusif yang memperkuat kapasitas lokal, transformasi menuju ekonomi biru berisiko meminggirkan kelompok rentan.

3. Tantangan Perubahan Iklim

Perubahan iklim menjadi tantangan struktural dalam upaya optimasi pemanfaatan sumber daya pesisir karena menghadirkan ketidakpastian ekologis dan ekonomi yang semakin kompleks. Kenaikan muka air laut, peningkatan intensitas badai ekstrem, gelombang panas laut, serta pengasaman samudra telah meningkatkan risiko terhadap wilayah pesisir di seluruh dunia. Infrastruktur pelabuhan, kawasan permukiman, tambak, serta fasilitas pariwisata menjadi semakin rentan terhadap banjir rob dan abrasi. Di sisi lain, perubahan suhu dan arus laut memengaruhi distribusi dan produktivitas stok ikan, sehingga mengganggu stabilitas mata pencaharian masyarakat pesisir yang bergantung pada perikanan.

Ketidakpastian ini mempersulit perencanaan jangka panjang dalam pengelolaan sumber daya. Pola musim yang berubah, kejadian cuaca ekstrem yang lebih sering, serta pergeseran habitat spesies laut menuntut sistem pengelolaan yang fleksibel dan responsif. Model pengelolaan statis yang berbasis pada asumsi kondisi lingkungan yang stabil tidak lagi memadai. Pendekatan adaptif berbasis data ilmiah dan pemantauan berkelanjutan menjadi kebutuhan mendesak dalam menjaga keberlanjutan pemanfaatan pesisir.

Pörtner *et al.* (2022) juga menekankan pentingnya integrasi strategi adaptasi berbasis ekosistem (*ecosystem-based adaptation*) sebagai bagian dari solusi jangka panjang. Restorasi *mangrove*, perlindungan terumbu karang, dan rehabilitasi padang lamun dapat meningkatkan perlindungan alami terhadap risiko iklim sekaligus mempertahankan jasa ekosistem. Tanpa integrasi strategi ini, optimasi pemanfaatan sumber daya pesisir berisiko kehilangan fondasi ekologisnya dan menjadi tidak berkelanjutan dalam jangka panjang.

4. Tantangan Ekonomi dan Valuasi Sumberdaya

Salah satu tantangan mendasar dalam optimasi pemanfaatan sumber daya pesisir terletak pada persoalan ekonomi dan valuasi. Banyak jasa ekosistem pesisir seperti perlindungan pantai oleh *mangrove*, penyimpanan karbon biru, fungsi pemijahan ikan, dan nilai rekreasi tidak memiliki harga pasar yang jelas. Akibatnya, kontribusi ekologis tersebut sering diabaikan dalam perhitungan biaya dan manfaat pembangunan. Dasgupta (2021) menegaskan bahwa sistem ekonomi global cenderung gagal memasukkan nilai modal alam (*natural capital*) ke dalam mekanisme pasar, sehingga eksploitasi sumber daya tampak “murah” karena biaya ekologisnya tidak tercermin dalam harga.

Kegagalan pasar ini mendorong pengambilan keputusan yang berorientasi pada keuntungan jangka pendek. Investasi dalam reklamasi, pertambangan pesisir, atau eksploitasi perikanan intensif sering kali dianggap menguntungkan secara finansial, padahal menimbulkan kerugian lingkungan dan sosial dalam jangka panjang. Ketika degradasi ekosistem terjadi, biaya pemulihan dan kehilangan jasa lingkungan justru lebih besar dibandingkan manfaat ekonomi awal yang diperoleh. Hal ini menciptakan ketidakseimbangan antara pertumbuhan ekonomi dan keberlanjutan ekologis. Untuk mengatasi tantangan ini, diperlukan pendekatan valuasi ekonomi yang komprehensif dan integrasi konsep akuntansi modal alam dalam kebijakan publik. Instrumen seperti pembayaran jasa lingkungan, pajak lingkungan, dan skema karbon biru dapat membantu menginternalisasi biaya ekologis ke dalam sistem ekonomi.

5. Peluang dalam Optimasi Pemanfaatan Pesisir

Di balik berbagai tantangan, terdapat peluang strategis yang dapat mendorong optimasi pemanfaatan sumberdaya pesisir secara berkelanjutan.

a. Transformasi Menuju Ekonomi Biru Berkelanjutan

Transformasi menuju ekonomi biru berkelanjutan membuka peluang besar dalam optimasi pemanfaatan wilayah pesisir. Ekonomi laut yang dikelola secara berkelanjutan dapat menjadi motor pertumbuhan ekonomi global sekaligus mendukung konservasi lingkungan. Sektor-sektor seperti akuakultur berkelanjutan, pariwisata bahari ramah lingkungan, energi angin lepas pantai, serta bioteknologi kelautan memiliki potensi menciptakan lapangan kerja, meningkatkan pendapatan, dan mendorong inovasi. Pendekatan ini menempatkan keberlanjutan sebagai fondasi utama, sehingga pertumbuhan ekonomi tidak lagi bertumpu pada eksploitasi berlebihan sumber daya alam. Jika dirancang secara inklusif dan berbasis sains, ekonomi biru mampu mengintegrasikan kepentingan ekonomi, sosial, dan ekologis secara seimbang. Tata kelola yang transparan, penerapan teknologi ramah lingkungan, serta partisipasi masyarakat pesisir menjadi kunci keberhasilan transformasi ini.

b. Restorasi Ekosistem dan Solusi Berbasis Alam

Restorasi ekosistem pesisir menjadi salah satu peluang strategis dalam optimasi pemanfaatan sumber daya secara berkelanjutan. Pemulihan *mangrove*, padang lamun, dan ekosistem pesisir lainnya dapat mengembalikan fungsi ekologis yang hilang akibat degradasi. Restorasi tidak hanya meningkatkan keanekaragaman hayati dan produktivitas perikanan, tetapi juga memperbaiki kualitas perairan serta memperkuat perlindungan alami terhadap abrasi dan badai. Dengan memulihkan ekosistem kunci, kapasitas pesisir dalam menyediakan jasa lingkungan dapat ditingkatkan secara signifikan. IPCC (2022) menyebut solusi berbasis alam (*nature-based solutions*) sebagai strategi efektif untuk mitigasi dan adaptasi perubahan iklim di wilayah pesisir. Mangrove dan lamun memiliki kemampuan tinggi dalam menyerap dan

menyimpan karbon biru, sekaligus meningkatkan ketahanan komunitas terhadap risiko iklim.

c. Inovasi Teknologi dan Digitalisasi

Inovasi teknologi dan digitalisasi membuka peluang besar dalam optimasi pemanfaatan sumberdaya pesisir secara lebih presisi dan adaptif. Sistem pemantauan satelit resolusi tinggi, *geographic information systems* (GIS), serta teknologi penginderaan jauh memungkinkan pemetaan dinamika garis pantai, perubahan tutupan *mangrove*, dan distribusi habitat penting seperti terumbu karang dan lamun. Integrasi data oseanografi, cuaca, dan aktivitas kapal melalui *automatic identification system* (AIS) juga memperkuat pengawasan terhadap praktik penangkapan ikan ilegal, tidak dilaporkan, dan tidak diatur (IUU *fishing*). Dengan pendekatan ini, kebijakan pengelolaan dapat berbasis bukti (*evidence-based management*) dan responsif terhadap perubahan lingkungan. Selain itu, pemanfaatan *big data analytics* dan kecerdasan buatan memungkinkan analisis stok ikan, prediksi produktivitas perairan, serta simulasi skenario tata ruang laut. Digitalisasi mendukung transparansi, efisiensi, dan partisipasi publik melalui platform informasi terbuka. Dengan integrasi teknologi dalam tata kelola, optimasi pemanfaatan pesisir dapat dilakukan secara lebih akurat, berkelanjutan, dan adaptif terhadap dinamika perubahan global.

d. Pendekatan Tata Kelola Terintegrasi

Pendekatan tata kelola terintegrasi menjadi peluang strategis dalam optimasi pemanfaatan sumberdaya pesisir yang kompleks dan multi-sektor. Pengelolaan yang terfragmentasi sering kali memicu konflik ruang dan inefisiensi pemanfaatan. Melalui *Integrated Coastal Zone Management* (ICZM), perencanaan pesisir dilakukan secara holistik dengan mempertimbangkan keterkaitan darat-laut, aspek ekologis, sosial, dan ekonomi secara simultan. Sementara itu, *Marine Spatial Planning* (MSP) memungkinkan alokasi ruang laut secara sistematis untuk perikanan, konservasi, pariwisata, energi terbarukan, dan transportasi laut sehingga meminimalkan tumpang tindih kepentingan. Pendekatan ini juga membuka ruang kolaborasi

multipihak antara pemerintah, pelaku usaha, akademisi, dan masyarakat lokal. Partisipasi pemangku kepentingan memperkuat legitimasi kebijakan sekaligus meningkatkan kepatuhan dan efektivitas implementasi. Dengan tata kelola adaptif berbasis sains dan partisipasi, optimasi pemanfaatan pesisir dapat berjalan seimbang antara pertumbuhan ekonomi, perlindungan lingkungan, dan keadilan sosial.



BAB II

KONSEP DASAR SISTEM PESISIR TERPADU

Wilayah pesisir merupakan sistem yang kompleks, di mana komponen biofisik, sosial, dan ekonomi saling berinteraksi secara dinamis. Pesisir tidak hanya mencakup garis pantai dan zona laut dangkal, tetapi juga ekosistem pendukung seperti *mangrove*, terumbu karang, padang lamun, dan estuari yang berfungsi sebagai habitat, penyaring polutan, serta penyangga terhadap bencana alam. Interaksi manusia dengan ekosistem ini membentuk sistem sosial-ekologis yang saling memengaruhi; perubahan dalam satu komponen dapat berdampak signifikan pada keseluruhan sistem. Pengelolaan pesisir memerlukan pendekatan terpadu yang mempertimbangkan keterkaitan antara aspek ekologis dan sosial-ekonomi, serta menekankan prinsip keberlanjutan dan ketahanan.

Konsep sistem pesisir terpadu menekankan pemahaman terhadap komponen biofisik, termasuk hidrodinamika, kualitas air, produktivitas ekosistem, dan keanekaragaman hayati, serta komponen sosial-ekonomi seperti kegiatan perikanan, pariwisata, tata guna lahan, dan kesejahteraan komunitas. Pendekatan terpadu juga mengakui bahwa manusia bukan sekadar pengguna sumber daya, tetapi bagian integral dari sistem pesisir yang memengaruhi dan dipengaruhi oleh ekosistem. Interaksi ini menciptakan tantangan pengelolaan yang bersifat lintas sektoral, memerlukan koordinasi antar lembaga, dan strategi berbasis bukti ilmiah.

A. Teori Sistem Pesisir

Wilayah pesisir merupakan ruang interaksi dinamis antara sistem daratan dan lautan yang membentuk suatu kesatuan ekologis, fisik, sosial, dan ekonomi. Dalam perspektif ilmiah kontemporer, pesisir tidak lagi dipahami sebagai batas geografis semata, melainkan sebagai sistem kompleks yang melibatkan interaksi antara komponen biofisik dan manusia dalam kerangka sistem sosial-ekologis (*social-ecological systems*) (Díaz *et al.*, 2019). Pendekatan sistem ini menjadi landasan konseptual bagi pengelolaan pesisir terpadu karena memungkinkan analisis hubungan timbal balik, umpan balik (*feedback loops*), serta dinamika adaptif dalam jangka panjang.

Teori sistem pesisir berkembang dari teori sistem umum (*general systems theory*) yang diperkenalkan oleh Bertalanffy dan kemudian diadaptasi dalam ilmu lingkungan dan ekologi. Dalam konteks pesisir, sistem dipahami sebagai kumpulan komponen yang saling terhubung melalui aliran energi, materi, dan informasi. Gangguan pada satu komponen dapat memicu perubahan pada keseluruhan sistem. Pengelolaan pesisir memerlukan pendekatan integratif yang mempertimbangkan keterkaitan antar unsur tersebut.

Konsep sistem sosial-ekologis (SES) menekankan bahwa manusia dan alam merupakan bagian dari satu kesatuan yang tidak terpisahkan. Keberlanjutan ekosistem pesisir bergantung pada interaksi antara struktur ekologis (*mangrove*, lamun, terumbu karang), proses biofisik (pasang surut, sedimentasi, arus laut), serta institusi sosial dan ekonomi yang mengatur pemanfaatannya.

Pada sistem sosial-ekologis pesisir, aktivitas seperti perikanan, pariwisata, dan pembangunan infrastruktur menjadi bagian dari dinamika sistem. Perubahan iklim memperlihatkan bagaimana gangguan eksternal dapat mengubah keseimbangan sistem pesisir secara signifikan, misalnya melalui kenaikan muka air laut dan peningkatan frekuensi badai ekstrem. Respons sistem terhadap gangguan tersebut sangat dipengaruhi oleh kapasitas adaptif masyarakat dan kualitas tata kelola.

1. Prinsip Interaksi dan Umpan Balik (*Feedback*)

Prinsip interaksi dan umpan balik (*feedback*) merupakan fondasi penting dalam memahami dinamika sistem pesisir sebagai suatu sistem sosial-ekologis yang kompleks. Dalam kerangka teori sistem, setiap komponen baik biofisik maupun sosial-ekonomi tidak bekerja secara terpisah, melainkan saling terhubung melalui aliran energi, materi, dan informasi. Umpan balik positif terjadi ketika suatu perubahan awal memicu proses lanjutan yang memperkuat perubahan tersebut, sedangkan umpan balik negatif berfungsi menstabilkan sistem dengan mengurangi deviasi dari kondisi keseimbangan. Dalam konteks pesisir, mekanisme ini menentukan apakah suatu gangguan akan berkembang menjadi krisis ekologis atau justru dapat diredam melalui kapasitas adaptif sistem.

Sebagai ilustrasi, konversi hutan *mangrove* menjadi tambak atau kawasan permukiman mengurangi kemampuan pesisir dalam meredam gelombang dan menahan sedimen. Dampaknya adalah peningkatan erosi, intrusi air laut, dan kerusakan habitat pesisir lainnya. Proses ini menciptakan umpan balik positif yang mempercepat degradasi lingkungan. Sebaliknya, upaya restorasi *mangrove* dapat memperkuat perlindungan pantai, meningkatkan produktivitas perikanan, dan menyerap karbon biru, sehingga menghasilkan umpan balik negatif yang menstabilkan sistem (Dickson, 2021). Mekanisme ini menunjukkan bahwa intervensi berbasis ekosistem dapat mengubah arah dinamika sistem dari degradasi menuju pemulihan. Tekanan kumulatif terhadap laut seperti penangkapan ikan berlebihan, perubahan iklim, dan pencemaran sering menghasilkan efek sinergis yang tidak linier. Artinya, kombinasi tekanan dapat memicu ambang batas (*threshold*) yang menyebabkan perubahan mendadak dan sulit dipulihkan.

2. Resiliensi dan Adaptasi dalam Sistem Pesisir

Konsep resiliensi merupakan elemen sentral dalam teori sistem pesisir karena menggambarkan kemampuan sistem sosial-ekologis untuk menyerap gangguan, beradaptasi, dan tetap mempertahankan fungsi dasarnya. Dalam konteks pesisir, gangguan dapat berupa badai ekstrem, kenaikan muka air laut, degradasi habitat, hingga tekanan ekonomi akibat eksploitasi sumberdaya. Resiliensi tidak hanya berarti kembali ke kondisi semula setelah gangguan, tetapi juga kemampuan untuk

menyesuaikan struktur dan proses internal agar tetap berfungsi dalam kondisi baru. Pörtner *et al.* (2022) menekankan bahwa peningkatan resiliensi pesisir sangat terkait dengan penerapan pendekatan berbasis ekosistem (*ecosystem-based adaptation*), seperti restorasi *mangrove*, perlindungan terumbu karang, dan rehabilitasi padang lamun. Pendekatan ini tidak hanya mengurangi risiko bencana, tetapi juga memperkuat kapasitas alami ekosistem dalam meredam dampak perubahan iklim.

Keanekaragaman hayati memiliki peran fundamental dalam menopang resiliensi sistem pesisir. Ekosistem dengan tingkat biodiversitas tinggi cenderung memiliki redundansi fungsi ekologis, sehingga ketika satu spesies atau komponen terganggu, fungsi tersebut masih dapat dijalankan oleh komponen lain. Hal ini meningkatkan stabilitas dan kemampuan adaptasi terhadap perubahan lingkungan, termasuk fluktuasi suhu laut, pengasaman, dan tekanan antropogenik. Dengan demikian, konservasi biodiversitas bukan hanya tujuan etis, tetapi juga strategi pragmatis untuk menjaga ketahanan ekosistem dalam jangka panjang.

Pada dimensi sosial, resiliensi pesisir juga ditentukan oleh kapasitas institusi dan komunitas lokal dalam merespons perubahan secara adaptif. Tata kelola yang inklusif, partisipatif, dan berbasis pengetahuan ilmiah memungkinkan pengambilan keputusan yang responsif terhadap dinamika lingkungan dan sosial. Keterlibatan masyarakat dalam perencanaan dan pengelolaan sumberdaya memperkuat modal sosial serta meningkatkan legitimasi kebijakan.

3. Teori Integrasi: *Integrated Coastal Zone Management (ICZM)*

Teori sistem pesisir terpadu menemukan bentuk operasionalnya dalam konsep *Integrated Coastal Zone Management (ICZM)*, yaitu pendekatan pengelolaan yang memadukan dimensi ekologis, sosial, dan ekonomi dalam satu kerangka kebijakan yang terkoordinasi. ICZM berangkat dari pemahaman bahwa wilayah pesisir merupakan sistem sosial-ekologis yang kompleks, di mana aktivitas manusia dan proses alam saling berinteraksi secara dinamis. Pengelolaan tidak dapat dilakukan secara parsial atau sektoral. ICZM menekankan integrasi vertikal (antar tingkat pemerintahan) dan integrasi horizontal (antar

sektor seperti perikanan, pariwisata, industri, dan konservasi) agar kebijakan yang dihasilkan konsisten dan saling mendukung. Pendekatan ini juga mempertimbangkan keterkaitan darat–laut (*land-sea interaction*) sebagai satu kesatuan sistem.

Pengelolaan sektoral yang terfragmentasi sering menimbulkan tumpang tindih regulasi, konflik pemanfaatan ruang, serta inefisiensi penggunaan sumberdaya. Sebagai contoh, kebijakan ekspansi pelabuhan atau pariwisata pesisir yang tidak diselaraskan dengan rencana konservasi dapat mempercepat degradasi ekosistem. ICZM bertujuan menyelaraskan perencanaan tata ruang laut, perlindungan habitat, pengelolaan perikanan, dan pembangunan ekonomi dalam kerangka jangka panjang yang berorientasi pada keberlanjutan. Dengan integrasi tersebut, alokasi ruang dan sumberdaya dapat dilakukan secara lebih rasional dan berbasis bukti ilmiah. Tata kelola terpadu merupakan prasyarat bagi terwujudnya ekonomi biru yang berkelanjutan. Integrasi kelembagaan, koordinasi kebijakan, serta partisipasi aktif masyarakat lokal menjadi fondasi efektivitas ICZM. Keterlibatan pemangku kepentingan memperkuat legitimasi keputusan sekaligus meningkatkan kepatuhan terhadap aturan.

B. Komponen Biofisik dan Sosial-Ekonomi

Sistem pesisir terpadu merupakan pendekatan konseptual yang memandang wilayah pesisir sebagai kesatuan utuh antara komponen biofisik dan sosial-ekonomi yang saling berinteraksi secara dinamis. Dalam kerangka *social-ecological systems* (SES), ekosistem alam dan aktivitas manusia tidak dapat dipisahkan karena keduanya membentuk hubungan timbal balik yang menentukan keberlanjutan wilayah pesisir.

Wilayah pesisir memiliki kompleksitas tinggi karena berada pada zona transisi darat-laut yang dipengaruhi oleh dinamika oseanografi, geomorfologi, iklim, serta aktivitas sosial dan ekonomi. Pörtner *et al.* (2019) menegaskan bahwa perubahan global seperti kenaikan muka air laut, pemanasan laut, dan peningkatan frekuensi badai memperlihatkan keterkaitan erat antara faktor biofisik dan sistem sosial manusia di wilayah pesisir.

1. Komponen Biofisik Sistem Pesisir

Komponen biofisik dalam sistem pesisir mencakup unsur fisik (abiotik) dan biologis (biotik) yang membentuk struktur dan fungsi ekosistem.

a. Komponen Fisik (Abiotik)

Komponen fisik meliputi geomorfologi pantai, hidrodinamika (gelombang, arus, pasang surut), sedimentasi, kualitas air, dan karakteristik oseanografi. Proses fisik ini menentukan stabilitas garis pantai, distribusi sedimen, serta dinamika habitat pesisir. Kenaikan muka air laut global berdampak langsung pada erosi pantai, intrusi air laut, dan perubahan bentuk delta serta estuaria. Selain itu, perubahan suhu permukaan laut memengaruhi stratifikasi kolom air dan distribusi nutrisi, yang berdampak pada produktivitas primer laut. Perubahan ini memiliki implikasi signifikan terhadap stok ikan dan kesehatan ekosistem terumbu karang. Dalam konteks sistem terpadu, dinamika fisik menjadi fondasi yang menentukan daya dukung ekologis wilayah pesisir. Kualitas perairan pesisir juga dipengaruhi oleh aktivitas daratan melalui aliran sungai yang membawa nutrisi, sedimen, dan polutan. Pencemaran berbasis daratan (*land-based pollution*) menjadi salah satu ancaman utama bagi ekosistem pesisir global, khususnya akibat limpasan pertanian dan limbah domestik.

b. Komponen Biologis (Biotik)

Komponen biologis meliputi keanekaragaman hayati pesisir seperti *mangrove*, terumbu karang, padang lamun, estuaria, serta berbagai spesies ikan dan invertebrata. Ekosistem ini memiliki produktivitas tinggi dan berfungsi sebagai penyedia jasa ekosistem penting. Wilayah pesisir dan perairan dangkal merupakan habitat utama bagi sebagian besar spesies ikan komersial dunia. *Mangrove* dan lamun berfungsi sebagai *nursery grounds* yang mendukung siklus hidup berbagai spesies laut. Terumbu karang, selain sebagai pusat biodiversitas, juga berfungsi melindungi pantai dari energi gelombang.

Tekanan antropogenik seperti penangkapan ikan berlebih, reklamasi, dan perubahan iklim telah menyebabkan degradasi ekosistem pesisir secara luas. Kehilangan keanekaragaman hayati mengurangi kapasitas sistem pesisir dalam menyediakan

jasa ekosistem, termasuk perlindungan pantai dan penyediaan pangan. Komponen biologis juga memiliki fungsi penting dalam mitigasi perubahan iklim. Ekosistem *mangrove* dan lamun dikenal sebagai penyerap karbon biru (*blue carbon ecosystems*) yang mampu menyimpan karbon dalam jumlah signifikan.

2. Komponen Sosial-Ekonomi Sistem Pesisir

Wilayah pesisir juga dibentuk oleh dinamika sosial dan ekonomi masyarakat yang memanfaatkannya. Komponen sosial-ekonomi mencakup struktur demografis, mata pencaharian, kelembagaan, kebijakan, serta sistem nilai dan budaya masyarakat pesisir.

a. Struktur Sosial dan Demografi

Wilayah pesisir merupakan kawasan dengan kepadatan penduduk tinggi. Sebagian besar kota besar dunia berada di wilayah pesisir, menjadikannya pusat pertumbuhan ekonomi global. Urbanisasi pesisir meningkatkan tekanan terhadap sumberdaya alam, namun juga membuka peluang pembangunan ekonomi. Masyarakat pesisir sering kali memiliki ketergantungan tinggi terhadap sumberdaya laut, terutama dalam sektor perikanan skala kecil. Perikanan skala kecil berperan penting dalam ketahanan pangan dan pengentasan kemiskinan di banyak negara berkembang. Dimensi sosial dalam sistem pesisir sangat berkaitan dengan aspek kesejahteraan dan keadilan sosial.

b. Aktivitas Ekonomi

Komponen ekonomi pesisir meliputi perikanan tangkap, akuakultur, pariwisata bahari, pelabuhan, industri maritim, serta eksploitasi energi lepas pantai. Ekonomi laut memiliki potensi besar untuk mendukung pertumbuhan ekonomi global, namun memerlukan pengelolaan berkelanjutan agar tidak merusak fondasi ekologisnya. Konsep *blue economy* menekankan pemanfaatan sumberdaya laut secara efisien, rendah emisi, dan inklusif. Namun, percepatan ekspansi ekonomi laut atau *blue acceleration* dapat meningkatkan tekanan terhadap sistem pesisir jika tidak diimbangi tata kelola yang kuat. Ketergantungan ekonomi terhadap sumberdaya pesisir menciptakan hubungan

timbang balik dengan komponen biofisik. Penurunan stok ikan, misalnya, berdampak langsung pada pendapatan nelayan dan stabilitas ekonomi lokal.

c. Kelembagaan dan Tata Kelola

Kelembagaan merupakan komponen penting dalam sistem sosial-ekonomi pesisir. Tata kelola yang efektif dapat meningkatkan koordinasi lintas sektor dan mengurangi konflik pemanfaatan ruang. World Bank (2017) menekankan pentingnya pendekatan *Integrated Coastal Zone Management* (ICZM) dan *Marine Spatial Planning* (MSP) untuk mengintegrasikan berbagai kepentingan dalam satu kerangka kebijakan. Kapasitas adaptif masyarakat pesisir sangat dipengaruhi oleh kualitas institusi dan kebijakan publik. Tata kelola yang inklusif dan partisipatif dapat meningkatkan resiliensi sistem pesisir terhadap perubahan global.

C. Interaksi Manusia–Lingkungan

Interaksi manusia–lingkungan merupakan inti dari konsep sistem pesisir terpadu. Wilayah pesisir bukan hanya ruang fisik tempat bertemunya daratan dan lautan, melainkan juga arena interaksi intensif antara proses ekologis dan aktivitas sosial-ekonomi manusia. Dalam perspektif *social-ecological systems* (SES), manusia dan lingkungan dipandang sebagai komponen yang saling bergantung dan membentuk dinamika timbal balik yang kompleks (Gissi *et al.*, 2019). Perubahan global seperti perubahan iklim, urbanisasi pesisir, dan ekspansi ekonomi laut telah memperkuat intensitas hubungan manusia–lingkungan. Tekanan antropogenik mempercepat perubahan biofisik di wilayah pesisir, sementara dampak ekologis tersebut kembali memengaruhi kesejahteraan manusia.

Pendekatan sistem sosial-ekologis menempatkan manusia sebagai bagian dari ekosistem, bukan entitas eksternal. Kesejahteraan manusia bergantung pada kontribusi alam terhadap manusia (*nature's contributions to people*), seperti penyediaan pangan, perlindungan pantai, dan regulasi iklim. Dalam konteks pesisir, hubungan ini terlihat jelas dalam sektor perikanan, pariwisata bahari, serta perlindungan

terhadap bencana alam. Lebih dari tiga miliar orang menggantungkan asupan protein utamanya pada sumber daya laut. Ketergantungan ini menunjukkan bahwa gangguan terhadap ekosistem pesisir akan berdampak langsung pada ketahanan pangan global.

Teori interaksi manusia–lingkungan juga mengakui adanya umpan balik (*feedback loops*). Aktivitas manusia seperti penangkapan ikan berlebih atau konversi *mangrove* untuk tambak dapat menurunkan kualitas lingkungan. Penurunan tersebut kemudian berdampak pada produktivitas ekonomi dan kesejahteraan masyarakat pesisir, menciptakan lingkaran umpan balik negatif.

1. Aktivitas Manusia terhadap Sistem Pesisir

a. Eksploitasi Sumberdaya Hayati

Eksploitasi sumberdaya hayati di wilayah pesisir, terutama melalui penangkapan ikan berlebih (*overfishing*), merupakan salah satu tekanan terbesar terhadap sistem sosial-ekologis pesisir. FAO (2022) melaporkan bahwa sekitar 35% stok ikan global berada dalam kondisi tangkap berlebih, yang berarti tingkat eksploitasi telah melampaui kapasitas regenerasi alamnya. Kondisi ini tidak hanya menurunkan populasi spesies target, tetapi juga mengganggu struktur trofik dan keseimbangan rantai makanan laut. Hilangnya predator puncak atau spesies kunci dapat memicu perubahan ekosistem yang tidak terduga, termasuk ledakan populasi spesies tertentu dan penurunan biodiversitas secara keseluruhan. Selain perikanan tangkap, aktivitas budidaya pesisir yang intensif tanpa pengelolaan lingkungan yang memadai juga berpotensi menimbulkan dampak negatif. Limpasan pakan dan limbah organik dapat meningkatkan beban nutrisi di perairan, memicu eutrofikasi dan degradasi kualitas air. Dalam jangka panjang, tekanan kumulatif ini menurunkan daya dukung lingkungan pesisir dan meningkatkan risiko konflik sosial, terutama antara pelaku usaha skala besar dan nelayan tradisional yang bergantung pada keberlanjutan sumberdaya.

b. Konversi Lahan dan Urbanisasi Pesisir

Urbanisasi pesisir yang berlangsung cepat telah mendorong konversi lahan secara masif, termasuk alih fungsi hutan *mangrove*, reklamasi pantai, dan pembangunan infrastruktur pelabuhan, kawasan industri, serta permukiman. Sebagian besar kota megapolitan dunia berkembang di wilayah pesisir karena akses terhadap jalur perdagangan dan sumberdaya laut. Namun, konsentrasi penduduk dan aktivitas ekonomi ini meningkatkan tekanan terhadap ruang dan ekosistem pesisir. Reklamasi dan pembangunan tanpa perencanaan ekologis yang memadai sering kali mengubah dinamika hidrologi, mempersempit ruang alami pesisir, serta mengurangi kapasitas lingkungan dalam menopang kehidupan. Konversi *mangrove* menjadi kawasan terbangun berdampak signifikan terhadap fungsi perlindungan alami pesisir. Mangrove berperan penting dalam meredam energi gelombang, mengurangi abrasi, serta menyerap dan menyimpan karbon dalam jumlah besar. Hilangnya ekosistem ini tidak hanya mengurangi kapasitas mitigasi perubahan iklim, tetapi juga meningkatkan kerentanan masyarakat pesisir terhadap badai, banjir rob, dan kenaikan muka air laut.

c. Pencemaran dan Degradasi Kualitas Lingkungan

Pencemaran laut merupakan salah satu bentuk paling nyata dari tekanan antropogenik terhadap sistem pesisir. Limbah plastik, limbah domestik, serta limpasan nutrisi dari pertanian dan kawasan perkotaan bermuara ke sungai dan akhirnya mencapai wilayah pesisir. Sebagian besar polusi laut bersumber dari aktivitas daratan (*land-based sources*), menegaskan bahwa kualitas lingkungan pesisir tidak dapat dipisahkan dari tata kelola wilayah hulu. Akumulasi sampah plastik tidak hanya merusak estetika dan pariwisata, tetapi juga mengancam biota laut melalui proses tertelan (*ingestion*) dan jeratan (*entanglement*). Selain itu, pencemaran nutrisi seperti nitrogen dan fosfor memicu eutrofikasi, yaitu ledakan pertumbuhan alga yang menurunkan kadar oksigen terlarut dalam air. Kondisi ini dapat menyebabkan terbentuknya zona mati (*dead zones*) yang tidak mampu mendukung kehidupan ikan dan organisme lainnya. Fenomena

ini menunjukkan adanya keterkaitan spasial dan ekologis yang kuat antara aktivitas manusia di daratan dan kesehatan ekosistem pesisir, sehingga pengelolaan harus bersifat terpadu lintas wilayah.

2. Perubahan Lingkungan terhadap Masyarakat Pesisir

Interaksi manusia–lingkungan bersifat dua arah. Jika aktivitas manusia memengaruhi kondisi lingkungan, maka perubahan lingkungan juga berdampak pada masyarakat.

a. Perubahan Iklim dan Kerentanan Sosial

Perubahan iklim memberikan tekanan signifikan terhadap masyarakat pesisir melalui kenaikan muka air laut, peningkatan frekuensi dan intensitas badai, serta kejadian cuaca ekstrem lainnya. Wilayah pesisir termasuk kawasan yang paling rentan terhadap dampak tersebut, terutama di negara berkembang dengan kapasitas adaptif yang terbatas. Banjir rob, abrasi, dan kerusakan infrastruktur dasar seperti pelabuhan, tambak, dan permukiman meningkatkan risiko kerugian ekonomi dan sosial. Kerentanan ini sering kali diperparah oleh kemiskinan, keterbatasan akses terhadap asuransi dan pembiayaan, serta lemahnya perencanaan tata ruang berbasis risiko. Selain dampak fisik, perubahan iklim juga memengaruhi dinamika sumberdaya perikanan. Pemanasan laut mendorong pergeseran distribusi stok ikan ke wilayah yang lebih dingin atau lintang yang lebih tinggi. Pergeseran ini menciptakan ketidakpastian bagi nelayan kecil di wilayah tropis yang bergantung pada pola musim dan lokasi tangkap tradisional. Akibatnya, stabilitas pendapatan dan ketahanan pangan komunitas pesisir menjadi semakin rentan terhadap perubahan lingkungan global.

b. Kehilangan Jasa Ekosistem

Penurunan kualitas lingkungan pesisir secara langsung berdampak pada berkurangnya jasa ekosistem yang menopang kehidupan masyarakat. Hilangnya keanekaragaman hayati di wilayah pesisir mengurangi kapasitas ekosistem dalam menyediakan layanan penting seperti perlindungan pantai, penyediaan pangan, dan nilai budaya. Terumbu karang, misalnya, tidak hanya menjadi habitat bagi berbagai spesies ikan

bernilai ekonomi, tetapi juga berfungsi sebagai penahan gelombang alami yang melindungi garis pantai dari abrasi dan badai. Ketika terumbu karang mengalami pemutihan atau kerusakan, potensi pariwisata bahari menurun dan risiko kerusakan pesisir meningkat. Halpern *et al.* (2019) menunjukkan bahwa tekanan kumulatif mulai dari penangkapan ikan berlebih, pencemaran, hingga perubahan iklim secara signifikan mengurangi kemampuan ekosistem laut menyediakan jasa penting. Dampak ini tidak hanya bersifat ekologis, tetapi juga sosial-ekonomi. Degradasi jasa ekosistem menyebabkan penurunan pendapatan, meningkatnya kerentanan terhadap bencana, serta berkurangnya kualitas hidup masyarakat pesisir yang sangat bergantung pada keberlanjutan lingkungan sekitarnya.

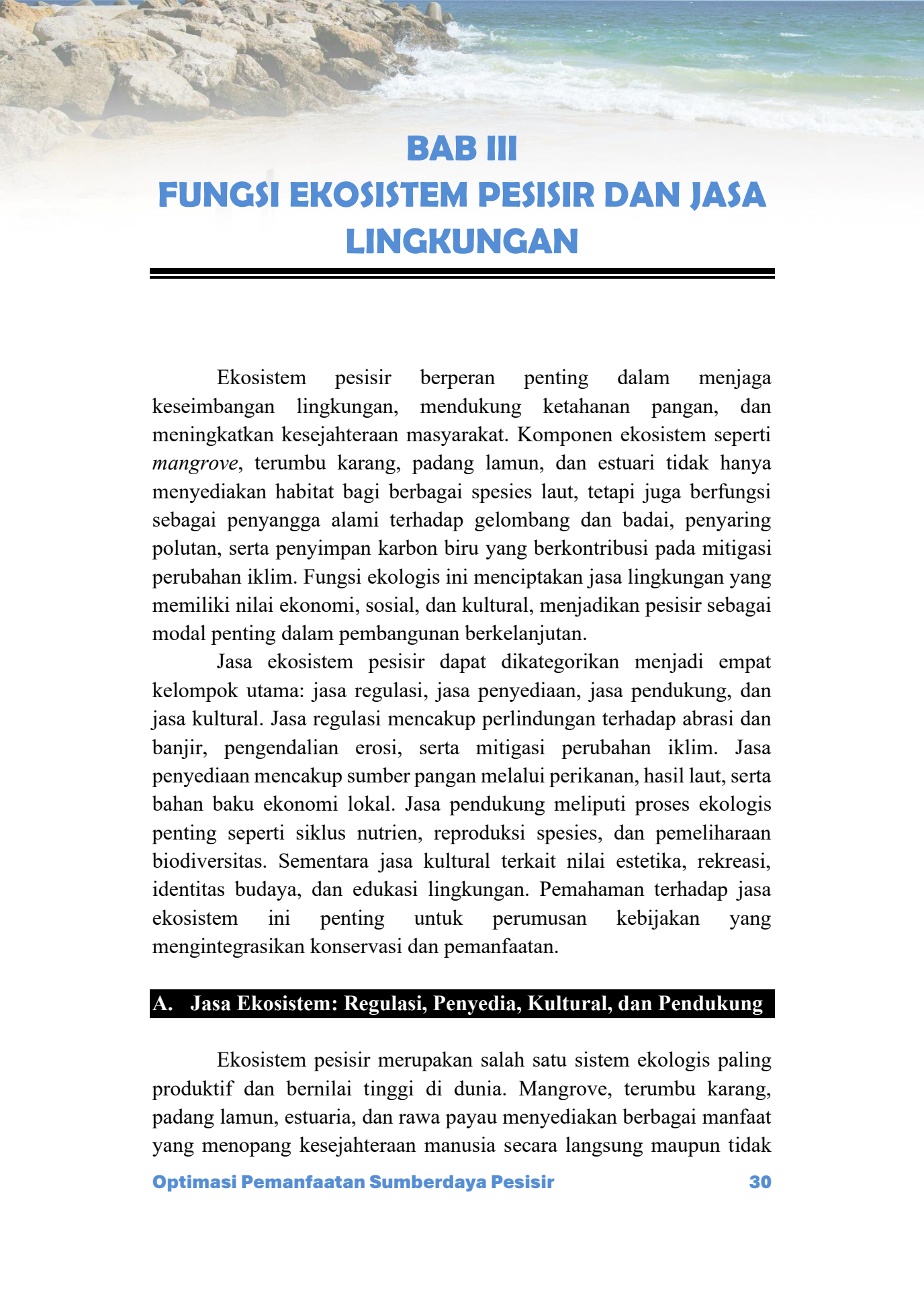
3. Adaptasi dan Resiliensi dalam Interaksi Manusia–Lingkungan

Penguatan resiliensi menjadi fondasi utama dalam menjaga keseimbangan interaksi manusia–lingkungan di wilayah pesisir yang semakin tertekan oleh perubahan iklim dan aktivitas antropogenik. Pörtner *et al.* (2022) menekankan pentingnya penerapan *ecosystem-based adaptation* (EbA) sebagai strategi yang memanfaatkan fungsi alami ekosistem untuk mengurangi risiko bencana dan meningkatkan kapasitas adaptif masyarakat. Pendekatan ini berfokus pada perlindungan, pengelolaan, dan restorasi ekosistem pesisir agar tetap mampu menyediakan jasa lingkungan yang krusial, seperti perlindungan terhadap badai dan kenaikan muka air laut. Dengan memperkuat fungsi ekologis, EbA tidak hanya mengurangi kerentanan fisik, tetapi juga meningkatkan ketahanan sosial dan ekonomi komunitas pesisir.

Restorasi *mangrove* dan padang lamun merupakan contoh konkret solusi berbasis alam (*nature-based solutions*) yang efektif. Mangrove mampu meredam energi gelombang secara signifikan, mengurangi abrasi, serta menyerap karbon biru dalam jumlah besar. Selain manfaat ekologis, ekosistem ini juga mendukung perikanan skala kecil dan kegiatan ekonomi lokal, seperti ekowisata dan budidaya ramah lingkungan. Konservasi dan pembangunan ekonomi tidak harus dipandang sebagai dua agenda yang saling bertentangan, melainkan

dapat dirancang untuk saling memperkuat dalam kerangka pembangunan berkelanjutan.

Keberhasilan adaptasi sangat bergantung pada integrasi pengetahuan ilmiah dengan kearifan lokal. Masyarakat pesisir memiliki pengalaman panjang dalam membaca tanda-tanda alam, mengelola sumberdaya secara tradisional, dan membangun mekanisme sosial untuk menghadapi risiko. Ketika pengetahuan lokal ini dikombinasikan dengan data ilmiah dan kebijakan yang inklusif, kapasitas adaptif sistem sosial-ekologis pesisir dapat ditingkatkan secara signifikan. Pendekatan kolaboratif inilah yang menjadi kunci resiliensi jangka panjang.



BAB III

FUNGSI EKOSISTEM PESISIR DAN JASA LINGKUNGAN

Ekosistem pesisir berperan penting dalam menjaga keseimbangan lingkungan, mendukung ketahanan pangan, dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Komponen ekosistem seperti *mangrove*, terumbu karang, padang lamun, dan estuari tidak hanya menyediakan habitat bagi berbagai spesies laut, tetapi juga berfungsi sebagai penyangga alami terhadap gelombang dan badai, penyaring polutan, serta penyimpan karbon biru yang berkontribusi pada mitigasi perubahan iklim. Fungsi ekologis ini menciptakan jasa lingkungan yang memiliki nilai ekonomi, sosial, dan kultural, menjadikan pesisir sebagai modal penting dalam pembangunan berkelanjutan.

Jasa ekosistem pesisir dapat dikategorikan menjadi empat kelompok utama: jasa regulasi, jasa penyediaan, jasa pendukung, dan jasa kultural. Jasa regulasi mencakup perlindungan terhadap abrasi dan banjir, pengendalian erosi, serta mitigasi perubahan iklim. Jasa penyediaan mencakup sumber pangan melalui perikanan, hasil laut, serta bahan baku ekonomi lokal. Jasa pendukung meliputi proses ekologis penting seperti siklus nutrisi, reproduksi spesies, dan pemeliharaan biodiversitas. Sementara jasa kultural terkait nilai estetika, rekreasi, identitas budaya, dan edukasi lingkungan. Pemahaman terhadap jasa ekosistem ini penting untuk perumusan kebijakan yang mengintegrasikan konservasi dan pemanfaatan.

A. Jasa Ekosistem: Regulasi, Penyedia, Kultural, dan Pendukung

Ekosistem pesisir merupakan salah satu sistem ekologis paling produktif dan bernilai tinggi di dunia. Mangrove, terumbu karang, padang lamun, estuaria, dan rawa payau menyediakan berbagai manfaat yang menopang kesejahteraan manusia secara langsung maupun tidak

langsung. Dalam kerangka *ecosystem services*, manfaat tersebut diklasifikasikan sebagai jasa ekosistem, yakni kontribusi ekosistem terhadap kesejahteraan manusia (Brondizio *et al.*, 2019).

Pendekatan jasa ekosistem berkembang dari kerangka *Millennium Ecosystem Assessment* dan diperluas oleh berbagai lembaga internasional untuk menekankan keterkaitan antara keberlanjutan lingkungan dan pembangunan ekonomi. Dalam konteks pesisir, jasa ekosistem menjadi landasan penting bagi perumusan kebijakan pengelolaan berkelanjutan, karena nilai ekologisnya berkontribusi langsung terhadap ketahanan pangan, mitigasi perubahan iklim, perlindungan bencana, dan identitas budaya masyarakat pesisir.

Secara umum, jasa ekosistem pesisir dikategorikan ke dalam empat kelompok utama: jasa regulasi, jasa penyedia (*provisioning*), jasa kultural, dan jasa pendukung (*supporting services*). Keempat kategori ini saling terkait dan membentuk fondasi sistem sosial-ekologis pesisir.

1. Jasa Penyedia (*Provisioning Services*)

Jasa penyedia merujuk pada produk material yang diperoleh langsung dari ekosistem pesisir, seperti ikan, kerang, rumput laut, kayu *mangrove*, dan sumber daya genetik laut. Sektor perikanan dan akuakultur menyediakan sumber protein utama bagi lebih dari tiga miliar orang di dunia dan menyerap jutaan tenaga kerja, terutama di negara berkembang. Ekosistem terumbu karang dan padang lamun berfungsi sebagai habitat pembesaran (*nursery grounds*) bagi berbagai spesies ikan komersial. Tanpa keberadaan habitat ini, produktivitas perikanan akan menurun secara signifikan. Selain itu, *mangrove* menyediakan kayu bakar dan bahan bangunan bagi masyarakat pesisir tradisional, meskipun pemanfaatan ini harus dikelola secara berkelanjutan untuk mencegah degradasi.

Ekosistem pesisir juga menyediakan sumber daya genetik yang penting bagi pengembangan farmasi dan bioteknologi kelautan. Potensi bioteknologi laut menjadi bagian dari ekonomi biru yang dapat memberikan nilai tambah ekonomi tinggi apabila dikembangkan secara berkelanjutan. Namun demikian, tekanan terhadap jasa penyedia semakin meningkat akibat *overfishing* dan degradasi habitat. Tekanan kumulatif terhadap laut berdampak langsung pada penurunan kapasitas produksi sumber daya hayati.

2. Jasa Regulasi (*Regulating Services*)

Jasa regulasi merupakan fungsi ekosistem dalam mengatur proses lingkungan yang mendukung stabilitas sistem alam dan manusia. Dalam ekosistem pesisir, jasa regulasi meliputi perlindungan pantai, regulasi iklim, pengendalian erosi, penyaringan polutan, dan pengaturan siklus nutrisi.

a. Perlindungan Pantai dan Mitigasi Bencana

Mangrove dan terumbu karang merupakan komponen kunci dalam jasa regulasi ekosistem pesisir, khususnya dalam perlindungan pantai dan mitigasi bencana. Ekosistem pesisir yang sehat mampu meredam energi gelombang secara signifikan sebelum mencapai daratan. Struktur akar *mangrove* yang rapat memperlambat arus dan mengurangi tinggi gelombang, sementara terumbu karang berfungsi sebagai pemecah gelombang alami di zona lepas pantai. Dengan mekanisme ini, risiko abrasi, banjir rob, serta kerusakan infrastruktur pesisir dapat ditekan secara substansial, sekaligus mengurangi potensi korban jiwa saat terjadi badai atau tsunami. UNEP (2021) melaporkan bahwa berbagai program restorasi *mangrove* di Asia dan Afrika menunjukkan peningkatan ketahanan pesisir terhadap badai tropis dan kenaikan muka air laut. Investasi dalam perlindungan ekosistem sering kali lebih hemat biaya dibandingkan pembangunan infrastruktur keras seperti tanggul beton. Dalam konteks perubahan iklim global yang meningkatkan frekuensi cuaca ekstrem, penguatan jasa regulasi ekosistem menjadi strategi adaptasi yang efektif dan berkelanjutan.

b. Regulasi Iklim dan Karbon Biru

Ekosistem *mangrove*, padang lamun, dan rawa payau dikenal sebagai ekosistem karbon biru (*blue carbon ecosystems*) karena kemampuannya menyerap dan menyimpan karbon dalam jumlah besar, baik pada biomassa vegetasi maupun sedimen di bawahnya. Kapasitas penyimpanan karbon per satuan luas pada

ekosistem pesisir ini dapat melampaui hutan tropis daratan, terutama karena akumulasi karbon dalam sedimen yang dapat bertahan selama ratusan hingga ribuan tahun. Perlindungan ekosistem karbon biru memiliki peran strategis dalam mengurangi konsentrasi karbon di atmosfer dan memperlambat laju pemanasan global. Konservasi dan restorasi *mangrove* serta lamun menjadi bagian penting dari strategi mitigasi perubahan iklim global. Upaya ini tidak hanya berkontribusi pada pengurangan emisi gas rumah kaca, tetapi juga memberikan manfaat tambahan seperti perlindungan pantai, peningkatan keanekaragaman hayati, dan dukungan terhadap mata pencaharian masyarakat pesisir. Integrasi karbon biru dalam kebijakan iklim nasional dan mekanisme pembiayaan karbon menjadi langkah penting menuju pembangunan rendah emisi yang berkelanjutan.

c. Pengendalian Kualitas Air

Ekosistem pesisir seperti *mangrove* dan padang lamun memiliki peran penting dalam pengendalian kualitas air melalui fungsi filtrasi dan penyerapan polutan. Akar *mangrove* yang kompleks mampu menjebak sedimen serta menyerap nutrisi berlebih seperti nitrogen dan fosfor yang terbawa aliran sungai dari wilayah daratan. Padang lamun berperan dalam memperlambat arus dan meningkatkan proses sedimentasi, sehingga partikel tersuspensi dan sebagian kontaminan dapat terendapkan sebelum mencapai perairan terbuka. Fungsi ini membantu menjaga kejernihan air, menekan risiko eutrofikasi, serta menciptakan kondisi yang lebih stabil bagi biota laut. Namun demikian, kapasitas alami ekosistem pesisir dalam menyaring polutan memiliki batas. Tekanan kumulatif akibat pencemaran, penangkapan ikan berlebih, dan perubahan iklim dapat melemahkan fungsi regulasi ekosistem. Jika beban limbah domestik, industri, dan pertanian melebihi daya dukung lingkungan, kemampuan *mangrove* dan lamun dalam memulihkan kualitas air akan menurun, sehingga memperbesar risiko degradasi ekosistem pesisir secara keseluruhan.

3. Jasa Kultural (*Cultural Services*)

Jasa kultural merupakan dimensi penting dari ekosistem pesisir yang sering kali tidak terukur secara kuantitatif, tetapi memiliki nilai sosial yang sangat besar. Manfaat non-material seperti rekreasi, estetika lanskap, spiritualitas, dan identitas budaya membentuk hubungan emosional dan historis antara manusia dan laut. Wilayah pesisir tidak hanya menjadi pusat aktivitas ekonomi, tetapi juga ruang hidup yang sarat makna sosial, terutama bagi masyarakat adat dan komunitas tradisional yang menggantungkan identitasnya pada laut. Keterikatan ini membentuk sistem nilai yang diwariskan lintas generasi (Bebiano *et al.*, 2021).

Pariwisata bahari menjadi salah satu manifestasi ekonomi dari jasa kultural pesisir. Terumbu karang, pantai berpasir, dan lanskap laut tropis menarik jutaan wisatawan setiap tahun. Sektor pariwisata laut memberikan kontribusi signifikan terhadap pendapatan nasional, devisa, serta penciptaan lapangan kerja di banyak negara pesisir. Ekowisata berbasis konservasi bahkan dapat menjadi instrumen insentif untuk menjaga kelestarian ekosistem. Namun, tanpa pengelolaan berkelanjutan, tekanan wisata massal justru berpotensi merusak sumber daya yang menjadi daya tarik utamanya.

Jasa kultural juga mencakup makna spiritual dan simbolik. Praktik adat, ritual laut, serta kearifan lokal dalam pengelolaan sumber daya mencerminkan relasi timbal balik antara manusia dan alam. Tradisi maritim seperti upacara syukuran laut atau sistem larangan tangkap musiman menunjukkan bahwa nilai budaya dapat berfungsi sebagai mekanisme konservasi berbasis komunitas. Dimensi ini memperkuat kohesi sosial dan rasa memiliki terhadap lingkungan pesisir. Namun, degradasi lingkungan seperti pencemaran, kerusakan terumbu karang, dan abrasi pantai dapat mengurangi nilai estetika dan daya tarik wisata. Penurunan kualitas lingkungan berdampak langsung pada ekonomi lokal serta melemahkan identitas budaya masyarakat pesisir.

4. Jasa Pendukung (*Supporting Services*)

Jasa pendukung (*supporting services*) merupakan fondasi ekologis yang menopang seluruh fungsi dan manfaat ekosistem pesisir. Jasa ini mencakup proses-proses dasar seperti siklus nutrisi,

pembentukan dan stabilisasi sedimen, produksi primer, serta penyediaan habitat bagi berbagai organisme. Tanpa berlangsungnya proses-proses ini secara stabil, jasa penyedia (seperti perikanan), jasa regulasi (seperti perlindungan pantai), maupun jasa kultural tidak dapat berfungsi secara optimal. Dengan kata lain, jasa pendukung merupakan infrastruktur ekologis tak terlihat yang menjaga keberlanjutan sistem pesisir secara keseluruhan.

Wilayah pesisir dikenal memiliki tingkat produksi primer yang tinggi. Interaksi antara limpasan nutrien dari daratan, dinamika pasang surut, dan proses oseanografi seperti *upwelling* menciptakan kondisi yang subur bagi pertumbuhan fitoplankton, lamun, dan vegetasi *mangrove*. Produktivitas primer ini menjadi dasar rantai makanan laut, yang pada akhirnya menopang stok ikan dan keberlanjutan sektor perikanan. Tingginya produktivitas ini menjadikan pesisir sebagai salah satu ekosistem paling produktif di dunia, sekaligus sangat penting bagi ketahanan pangan global.

Ekosistem pesisir menyediakan habitat penting bagi berbagai tahap kehidupan biota laut, termasuk area pemijahan (*spawning grounds*) dan pembesaran (*nursery grounds*). Mangrove, padang lamun, dan terumbu karang berfungsi sebagai tempat berlindung dan sumber pakan bagi berbagai spesies ikan dan invertebrata. Keanekaragaman hayati yang tinggi dalam habitat ini memperkuat stabilitas sistem melalui redundansi fungsi ekologis dan interaksi trofik yang kompleks.

B. Nilai Ekonomi Ekosistem Pesisir

Ekosistem pesisir memiliki nilai ekonomi yang sangat signifikan karena menyediakan berbagai jasa lingkungan yang menopang kesejahteraan manusia, pertumbuhan ekonomi, dan stabilitas sosial. Mangrove, terumbu karang, padang lamun, estuaria, dan kawasan pesisir lainnya tidak hanya memiliki fungsi ekologis, tetapi juga menghasilkan manfaat ekonomi langsung dan tidak langsung. Dalam pendekatan ekonomi lingkungan modern, nilai tersebut dikategorikan sebagai total *economic value* (TEV), yang mencakup nilai guna langsung, nilai guna tidak langsung, nilai pilihan (*option value*), serta nilai keberadaan (*existence value*) (Dasgupta, 2021).

Pengakuan terhadap nilai ekonomi ekosistem pesisir menjadi penting dalam konteks pembangunan berkelanjutan. Banyak kebijakan pembangunan pesisir yang mengabaikan nilai ekologis karena tidak tercermin dalam sistem pasar. Akibatnya, terjadi degradasi ekosistem yang pada akhirnya menimbulkan kerugian ekonomi jangka panjang. Integrasi valuasi ekonomi dalam perencanaan pesisir menjadi instrumen strategis untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya tanpa merusak fondasi ekologisnya.

1. Nilai Guna Langsung

a. Perikanan dan Akuakultur

Sektor perikanan dan akuakultur merupakan bentuk nyata dari nilai guna langsung ekosistem pesisir karena memberikan manfaat ekonomi yang dapat diukur secara langsung melalui produksi dan perdagangan hasil laut. FAO (2022) melaporkan bahwa produksi perikanan global telah melampaui 170 juta ton per tahun, dengan nilai ekonomi mencapai ratusan miliar dolar Amerika Serikat. Angka ini mencerminkan peran strategis sumberdaya pesisir dalam mendukung ketahanan pangan, penciptaan lapangan kerja, dan pertumbuhan ekonomi, khususnya di negara-negara berkembang yang bergantung pada sektor kelautan. Ekosistem pesisir seperti *mangrove*, padang lamun, dan terumbu karang berfungsi sebagai habitat pemijahan dan pembesaran bagi berbagai spesies ikan komersial. Degradasi atau hilangnya habitat tersebut dapat menurunkan produktivitas stok ikan dan secara langsung memengaruhi pendapatan nelayan.

b. Pariwisata Bahari

Pariwisata bahari merupakan salah satu bentuk nilai guna langsung yang signifikan dari ekosistem pesisir. Keindahan terumbu karang, pantai berpasir putih, dan keanekaragaman hayati laut menjadi daya tarik utama bagi wisatawan domestik maupun internasional. Pariwisata laut dan pesisir memberikan kontribusi besar terhadap ekonomi biru global, termasuk dalam penciptaan lapangan kerja, peningkatan pendapatan masyarakat lokal, dan perolehan devisa negara. Di banyak negara kepulauan dan wilayah tropis, sektor ini bahkan menjadi tulang punggung perekonomian nasional. Namun, keberlanjutan nilai ekonomi

pariwisata sangat bergantung pada kualitas dan kesehatan ekosistem pesisir. Pemanasan laut, pengasaman, dan pencemaran telah mempercepat degradasi terumbu karang secara global. Kerusakan ini mengurangi daya tarik wisata selam dan snorkeling, serta menurunkan pendapatan sektor pariwisata.

2. Nilai Guna Tidak Langsung

a. Perlindungan Pantai

Nilai guna tidak langsung dari ekosistem pesisir tercermin dalam fungsi perlindungan pantai yang diberikan oleh *mangrove* dan terumbu karang. Kedua ekosistem ini berperan sebagai penghalang alami yang mampu meredam energi gelombang, mengurangi abrasi, dan menahan dampak badai serta gelombang ekstrem sebelum mencapai daratan. Keberadaan ekosistem pesisir yang sehat dapat secara signifikan menurunkan risiko kerusakan infrastruktur dan kerugian ekonomi akibat bencana pesisir. Dalam banyak kasus, perlindungan alami ini berpotensi menghemat miliaran dolar yang seharusnya dialokasikan untuk pembangunan tanggul beton atau struktur pemecah gelombang. Solusi berbasis alam (*nature-based solutions*) sering kali lebih hemat biaya dan berkelanjutan dibandingkan pendekatan rekayasa konvensional. Selain fungsi proteksi fisik, *mangrove* dan terumbu karang juga memberikan manfaat tambahan seperti penyimpanan karbon, habitat keanekaragaman hayati, dan dukungan terhadap perikanan.

b. Penyimpanan Karbon Biru

Nilai guna tidak langsung ekosistem pesisir juga tercermin dalam kapasitasnya menyimpan karbon biru (*blue carbon*) dalam jumlah besar. Mangrove, padang lamun, dan rawa payau menyerap karbon melalui proses fotosintesis dan menyimpannya tidak hanya dalam biomassa vegetasi, tetapi juga dalam sedimen yang dapat mengakumulasi karbon selama ratusan hingga ribuan tahun. Perlindungan dan restorasi ekosistem pesisir berkontribusi signifikan terhadap mitigasi perubahan iklim dengan mencegah pelepasan emisi dari degradasi habitat sekaligus meningkatkan penyerapan karbon dari atmosfer. Seiring berkembangnya kebijakan iklim global, konsep karbon biru semakin relevan

dalam mekanisme pasar karbon dan skema pembayaran jasa lingkungan (*payment for ecosystem services*). Nilai ekonomi karbon yang tersimpan dapat dihitung dan diperdagangkan dalam kerangka dekarbonisasi.

3. Nilai Pilihan dan Nilai Non-Guna

Nilai pilihan (*option value*) dalam ekosistem pesisir merujuk pada potensi manfaat di masa depan yang saat ini belum sepenuhnya dimanfaatkan atau bahkan belum diketahui. Wilayah pesisir menyimpan keanekaragaman hayati dan sumber daya genetik yang berpotensi besar untuk pengembangan bioteknologi laut. Eksplorasi organisme laut telah menghasilkan berbagai inovasi dalam bidang farmasi, kosmetik, enzim industri, dan pangan fungsional bernilai tinggi. Spesies yang hidup di lingkungan ekstrem seperti terumbu karang atau zona pasang surut memiliki karakteristik biokimia unik yang dapat dimanfaatkan untuk kepentingan medis dan teknologi.

Terdapat pula nilai non-guna (*non-use value*), yaitu nilai yang diberikan masyarakat terhadap keberadaan suatu ekosistem atau spesies meskipun tidak dimanfaatkan secara langsung. Banyak individu menghargai keberadaan terumbu karang, penyu laut, atau spesies langka lainnya karena alasan moral, estetika, atau spiritual. Nilai keberadaan (*existence value*) ini mencerminkan kepedulian terhadap kelestarian alam sebagai bagian dari warisan bersama umat manusia.

Dimensi intergenerasional juga tercermin dalam nilai warisan (*bequest value*), yaitu keinginan untuk mewariskan lingkungan yang sehat kepada generasi mendatang. Ekonomi lingkungan harus mempertimbangkan dimensi etis ini, karena keputusan hari ini akan menentukan kualitas sumber daya yang tersedia di masa depan. Mengabaikan nilai non-guna dapat menyebabkan eksploitasi berlebihan yang merugikan kesejahteraan jangka panjang.

C. Keanekaragaman Hayati sebagai Modal Pembangunan

Keanekaragaman hayati (biodiversitas) pesisir merupakan fondasi ekologis sekaligus modal pembangunan yang strategis dalam kerangka ekonomi berkelanjutan. Wilayah pesisir yang mencakup

mangrove, terumbu karang, padang lamun, estuaria, dan perairan dangkal merupakan salah satu kawasan dengan produktivitas biologis tertinggi di dunia. Keanekaragaman spesies, genetik, dan ekosistem di wilayah ini tidak hanya menopang stabilitas ekologis, tetapi juga menyediakan berbagai jasa lingkungan yang bernilai ekonomi dan sosial (Barbier, 2017).

Pada perspektif pembangunan modern, biodiversitas tidak lagi dipandang semata sebagai objek konservasi, melainkan sebagai *natural capital* atau modal alam yang menghasilkan aliran manfaat jangka panjang. Ekonomi global pada dasarnya tertanam (*embedded*) dalam alam, sehingga degradasi biodiversitas berarti menggerus fondasi pertumbuhan ekonomi itu sendiri.

Modal alam merujuk pada stok sumber daya alam yang menghasilkan jasa ekosistem bagi manusia. Dalam konteks pesisir, stok tersebut mencakup keanekaragaman spesies ikan, terumbu karang, vegetasi *mangrove*, serta mikroorganisme laut. Pengelolaan ekonomi biru harus berbasis pada prinsip pelestarian modal alam agar tidak terjadi eksploitasi berlebihan yang merusak produktivitas jangka panjang.

Penurunan biodiversitas secara global telah mencapai tingkat yang mengkhawatirkan, termasuk di wilayah pesisir. Hilangnya spesies dan habitat berdampak pada penurunan fungsi ekosistem, seperti perlindungan pantai, penyimpanan karbon, dan produktivitas perikanan. Biodiversitas bukan hanya isu ekologis, tetapi juga isu ekonomi dan sosial. Pendekatan pembangunan berkelanjutan menuntut integrasi biodiversitas dalam sistem perencanaan nasional melalui akuntansi modal alam dan indikator kesejahteraan yang melampaui Produk Domestik Bruto.

1. Biodiversitas Pesisir dan Ketahanan Pangan

Keanekaragaman hayati pesisir merupakan fondasi penting bagi ketahanan pangan global, khususnya melalui kontribusinya terhadap sektor perikanan dan akuakultur. Ikan dan produk perikanan menjadi sumber protein hewani utama bagi miliaran penduduk dunia, terutama di negara berkembang dan wilayah kepulauan. Keberagaman spesies ikan, moluska, krustasea, serta organisme laut lainnya mendukung stabilitas pasokan pangan karena menyediakan variasi sumber nutrisi dan mengurangi ketergantungan pada satu jenis komoditas. Sistem yang kaya

biodiversitas cenderung lebih stabil dan produktif, sehingga mampu menopang kebutuhan pangan dalam jangka panjang.

Ekosistem pesisir seperti terumbu karang, *mangrove*, dan padang lamun berperan sebagai habitat penting dalam siklus hidup berbagai spesies perikanan. Kawasan ini berfungsi sebagai *nursery grounds* atau daerah pembesaran, tempat ikan-ikan muda memperoleh perlindungan dan sumber pakan sebelum bermigrasi ke perairan yang lebih luas. Kehilangan atau degradasi habitat tersebut akan mengurangi tingkat kelangsungan hidup juvenil dan pada akhirnya menurunkan produktivitas stok ikan komersial.

Biodiversitas pesisir menghadapi tekanan serius akibat perubahan iklim dan aktivitas manusia. Pemanasan laut, pengasaman, dan peningkatan frekuensi gelombang panas laut menyebabkan pemutihan terumbu karang secara luas. Selain itu, perubahan suhu laut memicu pergeseran distribusi spesies, yang berdampak pada pola penangkapan dan ketidakpastian produksi perikanan. Gangguan ini berpotensi mengancam mata pencaharian nelayan kecil serta stabilitas pasokan pangan lokal.

2. Biodiversitas sebagai Penopang Ekonomi Biru

Biodiversitas pesisir merupakan fondasi utama dalam pembangunan ekonomi biru berkelanjutan. Konsep ekonomi biru tidak hanya berfokus pada peningkatan *output* ekonomi dari sektor kelautan, tetapi juga menekankan bahwa pertumbuhan tersebut harus bergantung pada ekosistem yang sehat dan produktif. Potensi ekonomi laut mulai dari perikanan, pariwisata, energi terbarukan, hingga bioteknologi hanya dapat dimaksimalkan apabila keanekaragaman hayati dan fungsi ekosistem tetap terjaga. Dengan kata lain, biodiversitas bukan sekadar aset ekologis, melainkan modal alam (*natural capital*) yang menopang keberlanjutan pertumbuhan ekonomi kelautan.

Pariwisata bahari merupakan contoh nyata keterkaitan antara biodiversitas dan ekonomi. Keindahan terumbu karang, keragaman ikan tropis, serta lanskap pantai yang alami menjadi daya tarik utama bagi wisatawan. Nilai ekonomi pariwisata laut sangat sensitif terhadap kualitas ekosistem. Degradasi terumbu karang akibat pemutihan, pencemaran, atau praktik wisata yang tidak berkelanjutan dapat

menurunkan kunjungan wisatawan dan berdampak langsung pada pendapatan daerah serta lapangan kerja masyarakat pesisir.

Biodiversitas laut juga membuka peluang ekonomi melalui pengembangan bioteknologi dan farmasi. Organisme laut menghasilkan senyawa bioaktif unik yang telah dimanfaatkan dalam penelitian obat kanker, antibiotik, dan produk kesehatan lainnya. Potensi ini mencerminkan nilai pilihan (*option value*) dari biodiversitas pesisir, yakni manfaat yang mungkin diperoleh di masa depan dari sumber daya yang saat ini belum sepenuhnya dieksplorasi.

3. Peran Biodiversitas dalam Stabilitas Ekosistem

Keanekaragaman hayati memiliki peran fundamental dalam menjaga stabilitas dan resiliensi ekosistem pesisir. Sistem dengan tingkat biodiversitas yang tinggi cenderung memiliki redundansi fungsi ekologis, di mana beberapa spesies dapat menjalankan peran yang serupa dalam rantai makanan atau proses ekosistem. Redundansi ini meningkatkan kemampuan sistem untuk menyerap gangguan seperti badai, pencemaran, atau fluktuasi suhu tanpa kehilangan fungsi dasarnya. Dengan kata lain, semakin beragam komponen suatu ekosistem, semakin besar peluangnya untuk tetap stabil di tengah tekanan lingkungan.

Pada konteks perubahan iklim, biodiversitas juga memperluas kapasitas adaptif sistem pesisir. Solusi berbasis alam seperti restorasi *mangrove* dan padang lamun tidak hanya berfungsi dalam mitigasi dan adaptasi perubahan iklim, tetapi juga memperkuat stabilitas sosial-ekonomi masyarakat pesisir. Ekosistem yang sehat mendukung perikanan, melindungi garis pantai, dan menyediakan sumber pendapatan alternatif seperti ekowisata.

Tekanan kumulatif terhadap laut terus meningkat akibat kombinasi penangkapan ikan berlebih, pencemaran, dan perubahan iklim. Dampak gabungan tekanan ini menurunkan integritas biodiversitas di berbagai wilayah laut dunia. Ketika keanekaragaman spesies berkurang, sistem menjadi lebih rentan terhadap gangguan tambahan dan kehilangan kemampuan untuk pulih secara alami. Penurunan biodiversitas berpotensi memicu keruntuhan fungsi ekosistem yang vital bagi manusia, seperti penyediaan pangan dan perlindungan pantai.

4. Biodiversitas dan Mitigasi Perubahan Iklim

Ekosistem pesisir yang kaya keanekaragaman hayati memiliki kontribusi signifikan dalam mitigasi perubahan iklim, terutama melalui mekanisme penyimpanan karbon biru (*blue carbon*). Mangrove, padang lamun, dan rawa payau mampu menyerap karbon dioksida dari atmosfer melalui proses fotosintesis dan menyimpannya dalam biomassa vegetasi serta sedimen dalam jangka waktu yang sangat panjang. Kapasitas penyimpanan karbon pada ekosistem pesisir ini termasuk yang paling efisien per satuan luas dibandingkan banyak ekosistem daratan. Keanekaragaman hayati yang tinggi mendukung produktivitas dan stabilitas ekosistem, sehingga memperkuat fungsi penyerapan dan penyimpanan karbon tersebut.

Konservasi dan restorasi ekosistem karbon biru dapat menjadi bagian integral dari strategi nasional penurunan emisi gas rumah kaca. Integrasi karbon biru dalam *Nationally Determined Contributions* (NDCs) membuka peluang bagi negara-negara pesisir untuk menggabungkan kebijakan konservasi dengan komitmen mitigasi perubahan iklim. Perlindungan biodiversitas pesisir tidak hanya berdampak lokal, tetapi juga berkontribusi terhadap pencapaian target global dalam kerangka Perjanjian Paris.

Degradasi dan konversi ekosistem pesisir menyebabkan pelepasan karbon yang tersimpan selama berabad-abad ke atmosfer. Kehilangan *mangrove* atau lamun tidak hanya mengurangi kapasitas penyerapan karbon di masa depan, tetapi juga meningkatkan emisi akibat gangguan sedimen. Proses ini memperburuk akumulasi gas rumah kaca dan mempercepat perubahan iklim.



BAB IV

KERANGKA KEBIJAKAN DAN REGULASI PESISIR DI ERA PERUBAHAN IKLIM

Pengelolaan wilayah pesisir di era perubahan iklim menuntut kerangka kebijakan dan regulasi yang adaptif, terpadu, dan responsif terhadap tantangan ekologis dan sosial. Pesisir menghadapi tekanan signifikan akibat kenaikan muka air laut, abrasi, intrusi air asin, degradasi habitat, dan intensifikasi aktivitas manusia. Kerangka kebijakan tidak hanya berfungsi sebagai instrumen hukum, tetapi juga sebagai panduan strategis untuk harmonisasi antara konservasi, pemanfaatan sumber daya, dan pembangunan berkelanjutan. Kebijakan nasional, regional, dan internasional menjadi fondasi dalam mengarahkan pengelolaan pesisir, termasuk peraturan tentang kawasan konservasi laut, tata ruang laut, dan perlindungan komunitas pesisir rentan.

Harmonisasi aturan sektoral menjadi kunci dalam memastikan pengelolaan pesisir yang efektif. Seringkali, regulasi perikanan, pariwisata, energi, dan pembangunan pesisir saling tumpang tindih, menimbulkan konflik penggunaan ruang dan berpotensi merusak ekosistem. Pendekatan terpadu seperti *Integrated Coastal Zone Management (ICZM)* dan *Marine Spatial Planning (MSP)* diperlukan untuk mengintegrasikan kebijakan lintas sektor, meminimalkan konflik, serta memastikan pengelolaan berbasis ekosistem yang adaptif terhadap perubahan iklim.

A. Kebijakan Nasional, Regional, dan Internasional

Perubahan iklim telah menjadi tantangan global yang secara langsung memengaruhi wilayah pesisir melalui kenaikan muka air laut, peningkatan frekuensi badai ekstrem, abrasi, banjir rob, dan degradasi

ekosistem laut. Dalam konteks ini, kebijakan dan regulasi pesisir tidak lagi dapat disusun secara sektoral atau parsial, melainkan harus terintegrasi dalam kerangka adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. Wilayah pesisir termasuk kawasan paling rentan terhadap dampak perubahan iklim, terutama di negara berkembang dan negara kepulauan kecil.

Kerangka kebijakan pesisir di era perubahan iklim berkembang dalam tiga tingkat utama: internasional, regional, dan nasional. Ketiganya saling berkaitan dan membentuk arsitektur tata kelola multi-level (*multi-level governance*) yang bertujuan untuk meningkatkan resiliensi ekosistem dan masyarakat pesisir (Viridin *et al.*, 2021).

1. Kerangka Kebijakan Internasional

a. Perjanjian Iklim Global

Perjanjian Paris 2015 di bawah kerangka UNFCCC menjadi landasan utama tata kelola iklim global yang berdampak langsung pada pengelolaan wilayah pesisir. Melalui mekanisme *Nationally Determined Contributions* (NDCs), setiap negara diwajibkan merumuskan komitmen mitigasi dan adaptasi sesuai dengan kapasitas nasionalnya. Bagi negara dengan garis pantai panjang dan kerentanan tinggi terhadap kenaikan muka air laut, kebijakan adaptasi pesisir menjadi prioritas strategis. Risiko banjir, abrasi, dan badai ekstrem memerlukan perencanaan jangka panjang yang terintegrasi dalam kebijakan pembangunan nasional dan tata ruang pesisir. IPCC (2022) selanjutnya menekankan pentingnya integrasi pendekatan berbasis ekosistem (*ecosystem-based adaptation*) dalam kebijakan pesisir. Restorasi *mangrove*, perlindungan terumbu karang, dan konservasi padang lamun diakui sebagai strategi yang memberikan manfaat ganda, yakni mengurangi risiko bencana sekaligus menyerap karbon.

b. Agenda Pembangunan Berkelanjutan

Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*) memberikan kerangka normatif global yang relevan bagi pengelolaan wilayah pesisir. Secara khusus, SDG 14 (*Life Below Water*) menekankan pentingnya konservasi dan pemanfaatan berkelanjutan sumber daya laut, termasuk

pengurangan pencemaran, perlindungan ekosistem pesisir dan laut, serta pengaturan penangkapan ikan secara berkelanjutan. Target-target ini mendorong negara untuk mengintegrasikan prinsip keberlanjutan dalam kebijakan perikanan, tata ruang laut, dan perlindungan keanekaragaman hayati. SDG 14 tidak hanya berorientasi pada konservasi, tetapi juga pada keseimbangan antara perlindungan lingkungan dan kesejahteraan ekonomi masyarakat pesisir. Pencapaian SDG 14 sangat bergantung pada penguatan tata kelola pesisir yang terintegrasi dan berbasis ilmu pengetahuan. Koordinasi lintas sektor, peningkatan kapasitas kelembagaan, serta partisipasi masyarakat menjadi prasyarat keberhasilan implementasi. Tanpa pendekatan terpadu, fragmentasi kebijakan dapat menghambat efektivitas upaya konservasi dan pemanfaatan berkelanjutan sumber daya laut.

c. Konvensi Hukum Laut dan Keanekaragaman Hayati

Konvensi Hukum Laut PBB (*United Nations Convention on the Law of the Sea/UNCLOS*) memberikan dasar hukum internasional yang komprehensif mengenai hak dan kewajiban negara dalam pengelolaan wilayah laut dan pesisir. UNCLOS mengatur pembagian zona maritim seperti laut teritorial, Zona Ekonomi Eksklusif (ZEE), dan landas kontinen, sekaligus menegaskan tanggung jawab negara untuk melindungi dan melestarikan lingkungan laut. Kerangka hukum ini menjadi fondasi bagi pengelolaan sumber daya pesisir yang berdaulat namun tetap tunduk pada prinsip keberlanjutan dan kerja sama internasional, terutama dalam isu lintas batas seperti pencemaran dan migrasi stok ikan. Di sisi lain, Konvensi Keanekaragaman Hayati (*Convention on Biological Diversity/CBD*) serta *Global Biodiversity Framework 2022* memperkuat komitmen global dalam konservasi laut. Salah satu target utamanya adalah melindungi setidaknya 30% wilayah darat dan laut dunia pada tahun 2030.

2. Kerangka Kebijakan Regional

Pada tingkat regional, kerja sama antarnegara menjadi krusial karena karakteristik ekosistem laut dan pesisir yang bersifat lintas batas. Arus laut, migrasi ikan, serta penyebaran polutan tidak mengenal batas

administratif, sehingga kebijakan yang bersifat nasional semata sering kali tidak memadai. Pendekatan regional memungkinkan negara-negara yang berbagi laut yang sama untuk merumuskan strategi bersama dalam pengendalian pencemaran, pengelolaan stok ikan lintas batas, dan adaptasi terhadap perubahan arus serta suhu laut. Kerja sama ini meningkatkan efektivitas tata kelola sekaligus mengurangi potensi konflik antarnegara (Martínez-Vázquez *et al.*, 2021).

Di kawasan Asia-Pasifik, berbagai inisiatif regional mendorong integrasi *Marine Spatial Planning* (MSP) dan *Integrated Coastal Zone Management* (ICZM) sebagai instrumen utama pengelolaan. Pendekatan ini memfasilitasi harmonisasi kebijakan tata ruang laut, konservasi, serta pemanfaatan ekonomi seperti perikanan dan energi lepas pantai. Dengan adanya kerangka bersama, negara-negara dapat menyelaraskan standar teknis, berbagi data ilmiah, dan membangun kapasitas kelembagaan secara kolektif dalam mengelola wilayah pesisir yang saling terhubung secara ekologis.

Kolaborasi regional juga berperan penting dalam pengembangan ekonomi biru berkelanjutan. Melalui mekanisme pembiayaan bersama dan kemitraan lintas batas, negara-negara dapat mengakses sumber daya untuk proyek adaptasi perubahan iklim, restorasi *mangrove*, serta konservasi karbon biru. Sinergi regional membantu menurunkan biaya transaksi dan meningkatkan skala dampak kebijakan. Selain itu, kerangka regional sering kali berfungsi sebagai penghubung antara komitmen global dan implementasi nasional. Dengan menyediakan panduan teknis, mekanisme koordinasi, serta forum dialog, kerja sama regional memperkuat kapasitas negara dalam menerjemahkan agenda global menjadi tindakan nyata di tingkat pesisir dan lokal.

3. Kebijakan Nasional dalam Pengelolaan Pesisir

Pada tingkat nasional, kebijakan pesisir harus mengintegrasikan aspek perubahan iklim dalam perencanaan tata ruang, konservasi, dan pembangunan ekonomi. Integrasi adaptasi dalam kebijakan nasional menjadi syarat utama dalam mengurangi risiko bencana pesisir.

a. Integrasi Adaptasi dan Mitigasi

Banyak negara pesisir telah mengintegrasikan strategi adaptasi dan mitigasi perubahan iklim ke dalam dokumen perencanaan

pembangunan nasional serta *Nationally Determined Contributions* (NDC). Integrasi ini mencerminkan pengakuan bahwa wilayah pesisir merupakan salah satu kawasan paling rentan terhadap kenaikan muka air laut, badai ekstrem, dan abrasi. Kebijakan nasional umumnya mencakup pembangunan infrastruktur tahan iklim seperti tanggul adaptif, sistem peringatan dini, serta peningkatan standar bangunan di kawasan pesisir. Selain itu, beberapa negara juga mulai merencanakan relokasi komunitas yang sangat rentan sebagai bagian dari strategi adaptasi jangka panjang. UNEP (2021) mendorong penerapan *nature-based solutions* dalam kebijakan nasional karena pendekatan ini dinilai lebih hemat biaya dan memberikan manfaat ganda. Restorasi *mangrove*, perlindungan terumbu karang, dan rehabilitasi padang lamun tidak hanya mengurangi risiko bencana, tetapi juga meningkatkan keanekaragaman hayati dan mendukung mata pencaharian masyarakat pesisir secara berkelanjutan.

b. *Marine Spatial Planning* (MSP) dan ICZM

Marine Spatial Planning (MSP) menjadi instrumen strategis dalam kebijakan nasional untuk mengatur pemanfaatan ruang laut secara terencana dan berbasis ekosistem. Melalui MSP, pemerintah dapat mengalokasikan ruang bagi berbagai kepentingan seperti perikanan, energi terbarukan lepas pantai, konservasi, transportasi laut, dan pariwisata secara terkoordinasi. Pendekatan ini efektif dalam meminimalkan konflik antar sektor serta meningkatkan kepastian investasi. Dengan dukungan data ilmiah dan partisipasi pemangku kepentingan, MSP membantu menciptakan keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi dan perlindungan lingkungan. Sementara itu, *Integrated Coastal Zone Management* (ICZM) melengkapi MSP dengan mengintegrasikan kebijakan darat dan laut dalam satu kerangka perencanaan terpadu. Pendekatan ini penting karena banyak tekanan terhadap pesisir berasal dari aktivitas daratan, seperti urbanisasi dan pencemaran. ICZM memungkinkan koordinasi lintas sektor dan lintas wilayah administratif untuk mengatasi dampak perubahan iklim secara komprehensif melalui tata kelola yang adaptif dan kolaboratif.

c. Pendanaan dan Instrumen Ekonomi

Pendanaan menjadi aspek krusial dalam memastikan efektivitas kebijakan nasional pengelolaan pesisir. Pembiayaan inovatif seperti *blue bonds*, *blended finance*, dan skema pembayaran jasa lingkungan (*payment for ecosystem services/PES*) dapat memperluas ruang fiskal negara dalam mendukung konservasi dan adaptasi pesisir. Instrumen-instrumen ini memungkinkan mobilisasi dana dari sektor swasta dan pasar keuangan untuk mendukung restorasi *mangrove*, perlindungan terumbu karang, serta penguatan ketahanan komunitas pesisir. Dengan desain tata kelola yang transparan dan akuntabel, instrumen ekonomi tersebut dapat mengurangi ketergantungan pada anggaran publik semata. Lebih jauh, integrasi valuasi jasa ekosistem ke dalam kebijakan fiskal dan perencanaan pembangunan menjadi langkah strategis untuk menjamin keberlanjutan pendanaan. Dasgupta (2021) menekankan pentingnya memasukkan modal alam (*natural capital*) dalam sistem akuntansi nasional agar biaya degradasi lingkungan tercermin secara nyata dalam pengambilan keputusan ekonomi. Pendekatan ini membantu mencegah eksploitasi berlebihan serta mendorong investasi jangka panjang yang selaras dengan prinsip pembangunan berkelanjutan.

B. Harmonisasi Aturan Sektoral

Wilayah pesisir merupakan ruang strategis yang mempertemukan berbagai kepentingan sektoral, seperti perikanan, kehutanan (*mangrove*), pariwisata, energi, transportasi laut, industri, tata ruang, dan lingkungan hidup. Di era perubahan iklim, kompleksitas tersebut semakin meningkat karena setiap sektor harus menyesuaikan diri terhadap risiko kenaikan muka air laut, abrasi, badai ekstrem, dan degradasi ekosistem. Tanpa harmonisasi aturan sektoral, kebijakan yang tumpang tindih berpotensi menimbulkan konflik pemanfaatan ruang, inefisiensi anggaran, serta kerusakan lingkungan yang sistemik.

Pörtner *et al.* (2022) menegaskan bahwa tata kelola lintas sektor dan lintas tingkat pemerintahan menjadi kunci dalam meningkatkan ketahanan wilayah pesisir. Pendekatan sektoral yang terfragmentasi

terbukti tidak efektif dalam menghadapi risiko perubahan iklim yang bersifat multidimensional.

1. Problematika Fragmentasi Kebijakan Sektoral

Fragmentasi kebijakan sektoral merupakan salah satu tantangan utama dalam pengelolaan wilayah pesisir. Kondisi ini terjadi ketika berbagai kementerian atau lembaga mengatur sumber daya pesisir berdasarkan mandat dan kepentingan sektoral masing-masing tanpa koordinasi yang efektif. Sektor perikanan, energi lepas pantai, konservasi laut, dan transportasi maritim kerap memiliki kerangka regulasi yang berjalan sendiri-sendiri. Akibatnya, perencanaan ruang laut menjadi tumpang tindih dan berpotensi menimbulkan konflik pemanfaatan serta inefisiensi kebijakan.

Pada praktiknya, kebijakan ekspansi akuakultur dapat berbenturan dengan upaya konservasi *mangrove* yang berfungsi sebagai habitat penting dan pelindung pantai. Demikian pula, pembangunan pelabuhan, reklamasi, atau infrastruktur pesisir sering kali mengabaikan zonasi perlindungan ekosistem. Halpern *et al.* (2019) menunjukkan bahwa tekanan kumulatif terhadap laut meningkat akibat kombinasi aktivitas manusia yang tidak terkoordinasi. Dampak gabungan tersebut sering kali bersifat sinergis dan tidak linier, sehingga kerusakan yang terjadi jauh lebih besar daripada dampak masing-masing kebijakan secara terpisah.

Fragmentasi kebijakan juga memperlemah efektivitas pencapaian komitmen internasional. Target adaptasi perubahan iklim, konservasi keanekaragaman hayati, dan pembangunan berkelanjutan memerlukan pendekatan lintas sektor yang terintegrasi. Kegagalan mengintegrasikan kebijakan lingkungan dalam perencanaan ekonomi akan mempercepat degradasi ekosistem pesisir dan laut. Tanpa harmonisasi regulasi, implementasi *Nationally Determined Contributions* (NDC) dan target konservasi global menjadi tidak optimal.

2. Urgensi Harmonisasi di Era Perubahan Iklim

Perubahan iklim semakin menegaskan urgensi harmonisasi kebijakan dalam pengelolaan wilayah pesisir. Dampaknya tidak mengenal batas sektoral, melainkan merembet ke berbagai bidang

pembangunan secara simultan. Kenaikan muka air laut, misalnya, tidak hanya menjadi isu lingkungan, tetapi juga berdampak langsung pada infrastruktur publik, kawasan permukiman, sektor pariwisata, hingga perikanan tangkap dan budidaya. Kompleksitas risiko ini menuntut pendekatan adaptasi pesisir yang terpadu dan berbasis sistem, agar setiap sektor tidak berjalan sendiri-sendiri dalam merespons ancaman iklim.

Tanpa harmonisasi, kebijakan adaptasi berpotensi menimbulkan maladaptasi, yakni langkah penyesuaian yang justru meningkatkan kerentanan jangka panjang. Contohnya, pembangunan tanggul beton secara masif tanpa mempertimbangkan dinamika ekosistem dapat merusak habitat pesisir dan memindahkan risiko ke wilayah lain. Kebijakan sektoral yang tidak terkoordinasi juga dapat menciptakan beban fiskal tambahan dan konflik pemanfaatan ruang. Integrasi lintas sektor menjadi prasyarat untuk memastikan bahwa respons terhadap perubahan iklim tidak kontraproduktif.

UNEP (2021) mendorong penerapan solusi berbasis alam (*nature-based solutions*) sebagai pendekatan yang mampu mengintegrasikan kepentingan konservasi dan pembangunan ekonomi. Restorasi *mangrove*, misalnya, tidak hanya meningkatkan perlindungan pantai terhadap badai dan abrasi, tetapi juga mendukung perikanan, menyerap karbon, dan membuka peluang ekowisata. Namun, efektivitas solusi ini sangat bergantung pada keselarasan regulasi sektor lingkungan, perikanan, tata ruang, dan infrastruktur dalam satu kerangka kebijakan nasional yang koheren.

3. Harmonisasi dalam Konteks Hukum dan Kelembagaan

Harmonisasi aturan sektoral dalam pengelolaan pesisir tidak dapat dilepaskan dari reformasi hukum dan kelembagaan yang mendasar. Fragmentasi regulasi sering kali berakar pada kerangka hukum yang disusun secara sektoral tanpa mempertimbangkan keterkaitan ekologis dan sosial wilayah pesisir. Dasgupta (2021) menekankan bahwa sistem ekonomi dan hukum perlu menginternalisasi nilai modal alam (*natural capital*) agar eksploitasi sumber daya tidak melebihi kapasitas regeneratifnya. Tanpa pengakuan eksplisit terhadap nilai jasa ekosistem dalam regulasi, kebijakan pembangunan cenderung mengabaikan biaya ekologis jangka panjang.

Pada konteks nasional, pembentukan badan koordinasi lintas kementerian atau komite nasional pengelolaan pesisir dapat menjadi solusi kelembagaan yang strategis. Lembaga semacam ini berfungsi menyelaraskan kebijakan sektor perikanan, lingkungan hidup, energi, pariwisata, dan tata ruang dalam satu kerangka terpadu. Koordinasi kelembagaan yang kuat meningkatkan efektivitas implementasi ekonomi biru berkelanjutan, karena mampu mengurangi tumpang tindih kebijakan serta mempercepat pengambilan keputusan berbasis data.

Harmonisasi memerlukan sinkronisasi substansi hukum antar peraturan perundang-undangan. Undang-undang terkait lingkungan hidup, perikanan, kehutanan, tata ruang, dan energi harus dirancang secara koheren untuk mencegah konflik norma dan duplikasi kewenangan. Ketidaksinkronan regulasi dapat menimbulkan ketidakpastian hukum bagi investor dan masyarakat, sekaligus melemahkan perlindungan ekosistem pesisir. Proses legislasi perlu mengedepankan pendekatan lintas sektor dan berbasis bukti ilmiah.

C. Instrumen Perencanaan Berbasis Ekosistem

Perubahan iklim telah mengubah paradigma pengelolaan pesisir dari pendekatan sektoral menuju pendekatan sistemik dan adaptif. Risiko kenaikan muka air laut, badai ekstrem, abrasi, serta degradasi ekosistem memerlukan instrumen perencanaan yang tidak hanya berorientasi pada pembangunan fisik, tetapi juga mempertimbangkan daya dukung dan fungsi ekologis wilayah pesisir. Dalam konteks ini, pendekatan berbasis ekosistem (*ecosystem-based approach*) menjadi instrumen strategis dalam tata kelola pesisir di era perubahan iklim.

Instrumen perencanaan berbasis ekosistem bertujuan untuk mengintegrasikan konservasi, pemanfaatan sumber daya, dan adaptasi perubahan iklim dalam satu kerangka kebijakan yang terpadu. Keberhasilan pembangunan berkelanjutan sangat bergantung pada kemampuan perencanaan untuk menjaga integritas biodiversitas dan jasa ekosistem. Pendekatan berbasis ekosistem tidak hanya relevan secara ekologis, tetapi juga secara sosial dan ekonomi (Patil *et al.*, 2018).

Pendekatan berbasis ekosistem (*ecosystem-based management/EBM*) merupakan strategi pengelolaan yang mempertimbangkan interaksi antar komponen ekosistem, termasuk

manusia, dalam satu kesatuan sistem. Berbeda dengan pendekatan sektoral tradisional, EBM mengakui bahwa aktivitas manusia dan proses ekologis saling terhubung dan harus dikelola secara terpadu.

Pendekatan berbasis ekosistem menjadi komponen penting dalam adaptasi pesisir karena mampu memberikan manfaat ganda (*co-benefits*), seperti perlindungan pantai, peningkatan biodiversitas, dan dukungan terhadap mata pencaharian masyarakat. Instrumen perencanaan berbasis ekosistem merupakan wujud operasional dari prinsip EBM dalam kebijakan publik.

1. *Integrated Coastal Zone Management (ICZM)*

Integrated Coastal Zone Management (ICZM) merupakan salah satu instrumen kunci dalam perencanaan wilayah pesisir berbasis ekosistem. Pendekatan ini dirancang untuk mengintegrasikan pengelolaan wilayah darat dan laut dalam satu kerangka yang mempertimbangkan keterkaitan ekologis, sosial, dan ekonomi. Wilayah pesisir merupakan ruang transisi yang dinamis, di mana aktivitas daratan seperti urbanisasi dan pertanian sangat memengaruhi kualitas ekosistem laut. ICZM menekankan pentingnya koordinasi lintas sektor dan lintas wilayah administratif agar kebijakan yang diambil tidak bersifat parsial atau kontradiktif.

ICZM terbukti efektif dalam mengurangi konflik pemanfaatan ruang dan meningkatkan sinergi antar sektor seperti perikanan, pariwisata, konservasi, dan infrastruktur. Melalui mekanisme perencanaan terpadu, ICZM memungkinkan alokasi ruang yang lebih rasional serta mendorong pengambilan keputusan berbasis data ilmiah. Selain itu, partisipasi pemangku kepentingan termasuk pemerintah daerah, pelaku usaha, akademisi, dan masyarakat lokal menjadi elemen penting dalam memastikan legitimasi dan efektivitas kebijakan.

Pada konteks perubahan iklim, ICZM memiliki peran strategis dalam mengidentifikasi kawasan pesisir yang rentan terhadap kenaikan muka air laut, abrasi, dan badai ekstrem. Dengan dukungan analisis spasial dan kajian risiko, perencanaan dapat diarahkan pada strategi adaptasi yang tepat sasaran. ICZM juga membantu mengintegrasikan pertimbangan mitigasi dan adaptasi ke dalam rencana tata ruang pesisir secara komprehensif. Pendekatan berbasis ekosistem, seperti restorasi

mangrove dan perlindungan lahan basah, merupakan bagian penting dari strategi adaptasi pesisir. Melalui ICZM, solusi berbasis alam dapat dirancang secara sistematis untuk memperkuat ketahanan ekologis sekaligus mendukung kesejahteraan masyarakat pesisir secara berkelanjutan.

2. *Marine Spatial Planning (MSP)*

Marine Spatial Planning (MSP) merupakan salah satu instrumen utama dalam pengelolaan ruang laut yang menekankan perencanaan berbasis ekosistem. Konsep ini bertujuan untuk mengatur distribusi aktivitas manusia di laut dengan memperhatikan keberlanjutan ekologis, ekonomi, dan sosial. Dengan pendekatan zonasi terpadu, MSP membantu menyeimbangkan kepentingan berbagai sektor, termasuk perikanan, energi terbarukan lepas pantai, pariwisata, dan konservasi. Perencanaan ruang laut yang terkoordinasi dapat meminimalkan konflik antar sektor sekaligus mendukung pemanfaatan sumber daya yang efisien dan berkelanjutan.

MSP memiliki peran strategis dalam pencapaian *Sustainable Development Goals (SDG)*, khususnya SDG 14 tentang kehidupan di bawah air. United Nations (2022) menegaskan bahwa perencanaan laut berbasis zonasi memungkinkan pengelolaan wilayah laut secara terkoordinasi, baik di tingkat nasional maupun lintas batas negara. Hal ini mencakup perlindungan stok ikan, konservasi habitat kritis, dan pengaturan aktivitas manusia agar tidak merusak ekosistem laut.

Pada konteks perubahan iklim, MSP berperan dalam mitigasi dan adaptasi risiko pesisir. Dengan data spasial yang akurat, perencana dapat mengidentifikasi wilayah prioritas konservasi karbon biru, seperti *mangrove*, padang lamun, dan rawa payau. Area yang rentan terhadap abrasi, kenaikan muka air laut, dan badai tropis juga dapat dipetakan untuk pengambilan keputusan adaptif. Pengintegrasian data iklim dalam MSP meningkatkan ketahanan ekosistem sekaligus melindungi mata pencaharian masyarakat pesisir.

3. Nature-Based Solutions (NbS)

Solusi berbasis alam (*Nature-Based Solutions/NbS*) telah muncul sebagai pendekatan inovatif dalam pengelolaan wilayah pesisir, memanfaatkan fungsi alami ekosistem untuk mengatasi berbagai tantangan lingkungan dan sosial. NbS mencakup tindakan seperti restorasi *mangrove*, rehabilitasi terumbu karang, dan perlindungan padang lamun, yang tidak hanya menjaga kelestarian keanekaragaman hayati tetapi juga meningkatkan kapasitas adaptif wilayah pesisir terhadap perubahan iklim. Pendekatan ini menekankan pemanfaatan ekosistem sebagai “infrastruktur hijau” yang multifungsi, dibandingkan mengandalkan infrastruktur buatan yang mahal dan seringkali berdampak ekologis negatif.

Implementasi NbS secara efektif dapat meningkatkan resiliensi pesisir terhadap risiko seperti kenaikan muka air laut, badai tropis, dan erosi pantai. Misalnya, restorasi *mangrove* mampu meredam energi gelombang dan menahan sedimentasi, sehingga mengurangi risiko kerusakan pada pemukiman dan infrastruktur. Selain manfaat ekologis, NbS juga mendukung ekonomi lokal melalui peningkatan produktivitas perikanan dan peluang pariwisata berbasis ekosistem.

NbS sering kali lebih hemat biaya dibandingkan dengan solusi teknis seperti tanggul beton atau pemecah gelombang. Selain itu, NbS memberikan manfaat tambahan berupa penyerapan karbon biru, perlindungan habitat, dan peningkatan kualitas air. Keunggulan ini membuat NbS menjadi strategi unggulan dalam mitigasi perubahan iklim sekaligus adaptasi sosial-ekonomi. Namun, keberhasilan NbS sangat tergantung pada perencanaan yang matang, pemantauan ilmiah, dan integrasi dengan kebijakan nasional maupun lokal.

4. Akuntansi Modal Alam dan Valuasi Ekosistem

Akuntansi modal alam (*Natural Capital Accounting/NCA*) dan valuasi ekosistem telah menjadi instrumen penting dalam perencanaan pembangunan berbasis ekosistem. Pendekatan ini menekankan pentingnya mengakui kontribusi ekosistem terhadap kesejahteraan manusia dan ekonomi nasional, sehingga keputusan pembangunan tidak semata-mata didorong oleh keuntungan jangka pendek. Dasgupta (2021) menegaskan bahwa pengabaian terhadap nilai modal alam akan

mendorong eksploitasi sumber daya yang berlebihan, menurunkan produktivitas ekosistem, dan mengurangi kapasitas adaptif masyarakat pesisir terhadap perubahan lingkungan.

Dengan mengintegrasikan akuntansi modal alam ke dalam perencanaan pembangunan, pembuat kebijakan dapat memperoleh gambaran kuantitatif mengenai stok dan aliran jasa ekosistem. Misalnya, *mangrove* tidak hanya berfungsi sebagai habitat perikanan, tetapi juga sebagai penyimpan karbon biru dan pelindung pantai. Dengan menilai kontribusi ekologis ini secara ekonomis, dapat ditentukan prioritas konservasi dan restorasi yang memberikan nilai tambah bagi masyarakat dan negara. Pendekatan ini menjembatani kesenjangan antara konservasi lingkungan dan pembangunan ekonomi.

World Bank (2017) mendorong penerapan sistem akuntansi lingkungan untuk menghitung nilai jasa ekosistem pesisir dan memasukkannya ke dalam indikator ekonomi nasional, seperti Produk Domestik Bruto (PDB). Valuasi ini tidak hanya mencakup manfaat langsung seperti perikanan dan pariwisata, tetapi juga manfaat tidak langsung, termasuk pengendalian erosi, mitigasi bencana, dan penyimpanan karbon.

5. Pengarusutamaan Iklim dalam Perencanaan

Integrasi risiko iklim dalam perencanaan wilayah pesisir menjadi semakin penting seiring dengan meningkatnya dampak perubahan iklim global. Proyeksi kenaikan muka air laut, peningkatan frekuensi badai tropis, dan perubahan pola curah hujan harus dijadikan dasar dalam setiap tahap perencanaan tata ruang dan pembangunan infrastruktur pesisir. Pendekatan ini tidak hanya membantu mencegah kerugian ekonomi dan sosial, tetapi juga memastikan bahwa pengelolaan ekosistem pesisir dilakukan secara berkelanjutan. Dengan memahami risiko iklim secara proaktif, pemerintah dapat mengurangi kerentanan masyarakat dan infrastruktur terhadap bencana alam.

Pendekatan berbasis risiko memungkinkan identifikasi zona prioritas adaptasi. Misalnya, wilayah yang rentan terhadap abrasi atau banjir dapat diidentifikasi sebagai kawasan konservasi atau dialokasikan untuk restorasi ekosistem seperti *mangrove* dan padang lamun. Hal ini mencegah pembangunan yang berpotensi maladaptif dan mengurangi kerusakan ekologis. Integrasi risiko iklim ke dalam perencanaan wilayah

pesisir memungkinkan pengambilan keputusan yang lebih tepat sasaran, termasuk pemilihan lokasi infrastruktur, zonasi perikanan, dan pengembangan pariwisata pesisir.

Analisis tekanan kumulatif menjadi alat penting dalam perencanaan berbasis ekosistem. Halpern *et al.* (2019) menunjukkan bahwa tekanan dari *overfishing*, polusi, perubahan iklim, dan urbanisasi dapat saling memperkuat dampaknya terhadap ekosistem pesisir. Dengan memetakan tekanan kumulatif ini, perencana dapat menentukan prioritas intervensi, seperti restorasi habitat, pengelolaan stok ikan, dan perlindungan kawasan konservasi laut. Pendekatan ini meningkatkan resiliensi ekosistem sekaligus mendukung ketahanan sosial-ekonomi masyarakat pesisir. Pengarusutamaan iklim dalam perencanaan mendorong integrasi antara kebijakan adaptasi dan mitigasi. Solusi berbasis alam, seperti restorasi *mangrove* dan rehabilitasi terumbu karang, dapat mengurangi risiko bencana sekaligus menyerap karbon biru, mendukung target pengurangan emisi nasional dan internasional.

6. Partisipasi dan Tata Kelola Inklusif

Keberhasilan implementasi instrumen perencanaan berbasis ekosistem sangat bergantung pada partisipasi aktif masyarakat lokal dan tata kelola yang inklusif. Pengetahuan tradisional dan kearifan lokal sering kali memberikan wawasan penting dalam pengelolaan sumber daya pesisir, mulai dari teknik restorasi *mangrove*, penentuan zona penangkapan ikan, hingga pengelolaan limbah dan polusi. Integrasi pengetahuan lokal dengan data ilmiah modern memperkuat efektivitas pengambilan keputusan, meningkatkan akurasi perencanaan, serta menciptakan solusi yang sesuai dengan konteks sosial dan ekologis setempat.

Pendekatan kolaboratif yang melibatkan pemerintah, sektor swasta, dan komunitas lokal menjadi fondasi tata kelola inklusif. Keberhasilan proyek konservasi atau restorasi ekosistem pesisir tidak hanya ditentukan oleh rancangan teknis, tetapi juga oleh dukungan sosial. Keterlibatan pemangku kepentingan sejak tahap perencanaan hingga implementasi menciptakan rasa memiliki, meminimalkan konflik, dan meningkatkan kepatuhan terhadap regulasi. Misalnya, komunitas nelayan yang dilibatkan dalam perencanaan *Marine Spatial*

Planning (MSP) cenderung lebih patuh terhadap zonasi konservasi dibandingkan pendekatan *top-down*.

Mekanisme partisipasi juga dapat meningkatkan kapasitas adaptif masyarakat. Dengan dilibatkan dalam pengelolaan ekosistem, masyarakat memperoleh pengetahuan tentang praktik berkelanjutan, mitigasi risiko bencana, dan peluang ekonomi dari ekonomi biru. Hal ini sejalan dengan konsep *governance* adaptif, di mana keputusan dievaluasi secara periodik dan disesuaikan dengan perubahan kondisi ekologis dan sosial. ICZM menekankan bahwa tata kelola adaptif yang partisipatif memperkuat resiliensi sistem pesisir terhadap tekanan global, termasuk perubahan iklim, urbanisasi, dan degradasi biodiversitas.



BAB V

PENILAIAN POTENSI DAN DAYA DUKUNG WILAYAH PESISIR

Penilaian potensi dan daya dukung wilayah pesisir merupakan langkah fundamental dalam pengelolaan sumber daya secara berkelanjutan. Wilayah pesisir merupakan sistem sosial-ekologis yang kompleks, di mana kapasitas ekologis, sosial, dan ekonomi harus diperhitungkan secara simultan. Penilaian potensi mencakup identifikasi sumber daya biotik dan abiotik, seperti stok ikan, *mangrove*, terumbu karang, padang lamun, serta kualitas air dan sedimentasi. Sementara itu, penilaian daya dukung menilai kemampuan ekosistem untuk menahan tekanan dari aktivitas manusia, perubahan iklim, dan pembangunan pesisir, sehingga pemanfaatan sumber daya tetap berada dalam batas aman dan berkelanjutan.

Pendekatan penilaian wilayah pesisir mengintegrasikan metode kuantitatif dan kualitatif, mulai dari survei lapangan, penginderaan jauh, pemetaan GIS, hingga analisis model daya dukung dan risiko. Indikator keberlanjutan menjadi alat penting untuk mengevaluasi kapasitas ekosistem dalam menyediakan jasa lingkungan, mendukung mata pencaharian, dan menjaga keseimbangan ekologis. Penilaian yang komprehensif memungkinkan perencana dan pengambil kebijakan untuk mengidentifikasi prioritas konservasi, area pemanfaatan, serta strategi mitigasi tekanan antropogenik dan bencana alam.

A. Metode Penilaian Sumberdaya dan Daya Dukung

Wilayah pesisir merupakan ruang dengan potensi sumber daya yang tinggi sekaligus tingkat tekanan antropogenik yang signifikan. Perikanan, pariwisata, akuakultur, energi terbarukan, dan jasa ekosistem lainnya berkembang pesat di kawasan ini. Namun, tanpa penilaian yang komprehensif terhadap potensi dan daya dukung, eksploitasi dapat

melampaui kapasitas ekologis dan sosial, sehingga mengancam keberlanjutan jangka panjang.

Konsep daya dukung (*carrying capacity*) dalam konteks pesisir merujuk pada batas kemampuan ekosistem untuk mendukung aktivitas manusia tanpa mengalami degradasi signifikan. Pörtner *et al.* (2022) menegaskan bahwa perubahan iklim menambah tekanan terhadap sistem pesisir, sehingga penilaian daya dukung harus mempertimbangkan variabel risiko iklim dan ketidakpastian jangka panjang.

1. Metode Penilaian Biofisik

Penilaian potensi dan daya dukung wilayah pesisir memerlukan metode biofisik yang komprehensif, mulai dari analisis produktivitas ekosistem hingga evaluasi kondisi habitat. Salah satu pendekatan utama adalah analisis produktivitas primer dan biomassa yang menjadi dasar penentuan kapasitas perikanan dan stok ikan. FAO (2020) menjelaskan bahwa model stok dinamis, termasuk model surplus produksi dan model berbasis umur, dapat digunakan untuk memperkirakan potensi tangkapan dan menetapkan *Maximum Sustainable Yield* (MSY). Dengan demikian, keputusan pengelolaan perikanan dapat menghindari eksploitasi berlebihan dan menjaga keseimbangan ekosistem.

Analisis ini tidak bisa dilakukan secara statis. Perubahan suhu laut, pengasaman, dan variabilitas iklim dapat memengaruhi tingkat reproduksi, pertumbuhan, dan distribusi spesies. Model stok harus diperbarui secara berkala dan dikombinasikan dengan data lingkungan terbaru agar prediksi MSY tetap relevan. Integrasi data iklim dalam analisis stok menjadi penting untuk merancang strategi pengelolaan adaptif yang responsif terhadap ketidakpastian global.

Penilaian habitat dan keanekaragaman hayati menjadi aspek penting dalam menentukan daya dukung wilayah pesisir. Indikator biodiversitas, seperti kelimpahan spesies, struktur komunitas, dan kondisi habitat, memberikan informasi mengenai kapasitas ekosistem dalam mendukung kegiatan ekonomi dan sosial. Teknik survei lapangan, penginderaan jauh, serta analisis citra satelit memungkinkan pemetaan luas dan kondisi *mangrove*, terumbu karang, dan padang lamun secara akurat, sehingga pengambilan keputusan dapat berbasis data ilmiah.

Pendekatan pemetaan tekanan kumulatif juga menjadi instrumen penting dalam identifikasi wilayah rawan degradasi. Halpern *et al.*

(2019) mengembangkan metode ini untuk menggabungkan berbagai tekanan, mulai dari penangkapan ikan berlebihan, polusi, hingga konversi lahan pesisir. Dengan memvisualisasikan tingkat tekanan di tiap wilayah, perencana dapat menargetkan intervensi konservasi, restorasi, atau pengelolaan ruang secara prioritas. Integrasi metode biofisik ini menjadi fondasi dalam strategi pengelolaan pesisir yang berkelanjutan dan berbasis ilmu pengetahuan.

2. Metode Analisis Daya Dukung Pariwisata Pesisir

Penilaian daya dukung pariwisata pesisir menjadi aspek penting dalam pengelolaan wilayah yang berkelanjutan. Konsep daya dukung menekankan batas maksimum interaksi manusia dengan lingkungan agar ekosistem tetap sehat dan pengalaman wisata tetap berkualitas. *Overtourism* atau jumlah pengunjung yang melebihi kapasitas dapat menyebabkan kerusakan habitat pesisir, polusi, dan degradasi estetika pantai. Perencanaan pariwisata harus memperhitungkan kapasitas fisik, ekologis, dan sosial kawasan untuk memastikan keseimbangan antara manfaat ekonomi dan pelestarian lingkungan.

Metode *Physical Carrying Capacity* (PCC) digunakan untuk menghitung jumlah maksimum pengunjung berdasarkan luas area dan durasi kunjungan. Pendekatan ini sederhana dan memberikan batas kuantitatif awal untuk pengelolaan wisata. Namun, PCC hanya mempertimbangkan kapasitas fisik tanpa memperhitungkan sensitivitas ekosistem atau dampak sosial, sehingga masih perlu dilengkapi dengan analisis lebih lanjut.

Real Carrying Capacity (RCC) menjadi pengembangan PCC dengan memasukkan faktor pembatas lingkungan, seperti kerentanan ekosistem terhadap abrasi, pencemaran, atau gangguan terhadap satwa. RCC membantu menentukan jumlah kunjungan yang tidak hanya berdasarkan luas area, tetapi juga mempertimbangkan kemampuan ekologis dan batas toleransi habitat. Pendekatan ini memberikan panduan yang lebih realistis untuk menjaga kualitas ekosistem pesisir dalam jangka panjang.

Effective Carrying Capacity (ECC) memperhitungkan kapasitas manajemen dan infrastruktur, termasuk fasilitas sanitasi, jalur wisata, dan pengawasan. ECC mencerminkan kapasitas nyata suatu kawasan

untuk menampung wisatawan secara aman dan berkelanjutan. Dengan mengintegrasikan PCC, RCC, dan ECC, pemerintah daerah dapat menetapkan batas kunjungan optimal, merancang zonasi wisata, dan menerapkan strategi mitigasi dampak, sehingga pengelolaan pariwisata pesisir berjalan seimbang antara ekonomi, sosial, dan konservasi lingkungan.

3. Pendekatan Ekonomi dan Valuasi Jasa Ekosistem

Pendekatan ekonomi menjadi elemen penting dalam menilai potensi pesisir karena jasa ekosistem sering kali memiliki nilai yang tidak terlihat secara langsung. Dasgupta (2021) menekankan bahwa modal alam, termasuk *mangrove*, terumbu karang, dan padang lamun, harus diperhitungkan dalam sistem ekonomi untuk mencegah eksploitasi berlebihan. Dengan memasukkan nilai jasa ekosistem dalam perencanaan pembangunan, pembuat kebijakan dapat menyeimbangkan manfaat ekonomi jangka pendek dengan keberlanjutan ekologis jangka panjang. Hal ini juga membantu menginternalisasi biaya lingkungan yang biasanya tidak tercermin dalam mekanisme pasar konvensional.

Cost-benefit analysis (CBA) menjadi salah satu metode utama untuk menilai proyek pesisir. CBA membandingkan biaya pembangunan atau konservasi dengan manfaat ekonomi yang dihasilkan, termasuk peningkatan produksi perikanan, pariwisata, dan mitigasi bencana. Analisis ini memungkinkan pengambil keputusan memilih opsi yang memberikan keuntungan bersih terbesar sekaligus memperhitungkan dampak ekologis. Namun, CBA harus dilengkapi dengan metode lain untuk menangkap nilai non-ekonomi yang sulit diukur secara finansial.

Contingent valuation method (CVM) dan *Travel Cost Method* (TCM) merupakan instrumen yang digunakan untuk menilai nilai non-pasar jasa ekosistem, seperti konservasi terumbu karang dan pengalaman wisata. CVM mengestimasi kesediaan membayar masyarakat untuk mempertahankan ekosistem, sedangkan TCM menilai biaya perjalanan sebagai *proxy* nilai rekreasi. Kedua metode ini memberikan perspektif monetisasi yang dapat mendukung perencanaan berkelanjutan dan alokasi sumber daya yang lebih adil.

Payment for Ecosystem Services (PES) merupakan mekanisme inovatif yang menghubungkan pihak yang mendapat manfaat ekosistem dengan pihak yang menyediakan jasa tersebut. World Bank (2017)

mendorong integrasi PES dan akuntansi modal alam dalam perencanaan pembangunan pesisir. Dengan pendekatan ini, konservasi ekosistem dapat dibiayai secara berkelanjutan, sekaligus mendorong partisipasi masyarakat lokal. Kombinasi metode ekonomi ini memungkinkan pengelolaan pesisir yang berbasis bukti, efisien, dan berkelanjutan.

B. Indikator Keberlanjutan

Indikator keberlanjutan merupakan instrumen penting dalam menilai apakah pemanfaatan wilayah pesisir telah berada dalam batas daya dukung ekologis, sosial, dan ekonomi. Dalam konteks pesisir yang kompleks dan dinamis, indikator berfungsi sebagai alat ukur kuantitatif maupun kualitatif untuk memantau kondisi sumber daya, tekanan lingkungan, respons kebijakan, serta hasil pembangunan. Indikator keberlanjutan kelautan dan pesisir diperlukan untuk memastikan bahwa pertumbuhan ekonomi berbasis laut (*blue economy*) tidak mengorbankan integritas ekosistem (Zeng *et al.*, 2020). Sistem pesisir menghadapi tekanan multipel perubahan iklim, eksploitasi berlebihan, polusi, dan konversi lahan sehingga diperlukan indikator yang mampu menangkap dinamika risiko dan ketahanan (*resilience*). Indikator keberlanjutan tidak hanya menilai kondisi saat ini, tetapi juga proyeksi keberlanjutan jangka panjang.

Indikator keberlanjutan pesisir umumnya dikembangkan berdasarkan pendekatan sistem sosial-ekologis. Interaksi antara alam dan masyarakat harus diukur melalui indikator yang mencerminkan kondisi biodiversitas, jasa ekosistem, serta kontribusi terhadap kesejahteraan manusia. Salah satu kerangka yang banyak digunakan adalah model DPSIR (*Driver–Pressure–State–Impact–Response*). Kerangka ini membantu mengidentifikasi hubungan kausal antara aktivitas manusia (*driver*), tekanan terhadap lingkungan (*pressure*), kondisi ekosistem (*state*), dampak terhadap manusia (*impact*), dan respons kebijakan (*response*).

1. Indikator Ekologis

Indikator ekologis menjadi alat penting dalam menilai keberlanjutan wilayah pesisir karena mencerminkan kondisi fisik dan

biologis ekosistem yang mendasari produktivitas dan jasa ekosistem. Stok ikan dan tingkat eksploitasi adalah indikator utama untuk perikanan berkelanjutan. Persentase stok ikan yang berada dalam batas biologis aman, dibandingkan dengan *Maximum Sustainable Yield* (MSY), menunjukkan apakah pemanfaatan sumber daya hayati masih dalam kapasitas regeneratif ekosistem. Stok yang menurun atau berada di bawah batas biologis aman menjadi sinyal perlunya pengaturan tangkapan atau rehabilitasi habitat untuk mencegah penurunan produktivitas jangka panjang.

Kondisi habitat pesisir juga menjadi indikator ekologis yang krusial. Tutupan *mangrove*, kesehatan terumbu karang, dan luas padang lamun tidak hanya mencerminkan integritas ekologis, tetapi juga mendukung fungsi ekosistem seperti perlindungan pantai, *nursery grounds* bagi ikan, dan penyerapan karbon biru. Penurunan kualitas atau luas habitat ini menjadi tanda berkurangnya daya dukung ekologis, yang dapat mempengaruhi ketahanan pangan, ekonomi lokal, dan resiliensi terhadap bencana alam. Evaluasi periodik terhadap indikator habitat memungkinkan pengambil keputusan melakukan tindakan korektif tepat waktu.

Indikator fisik lingkungan juga harus diperhitungkan. Kenaikan muka air laut, suhu permukaan laut, dan tingkat pengasaman laut merupakan faktor kritis yang mempengaruhi fungsi ekosistem pesisir. Perubahan parameter ini dapat mempercepat degradasi terumbu karang, mengurangi produktivitas perikanan, dan meningkatkan risiko banjir atau erosi pantai.

2. Indikator Ekonomi

Indikator ekonomi menjadi salah satu aspek penting dalam menilai keberlanjutan wilayah pesisir, khususnya dalam kerangka ekonomi biru. Evaluasi keberlanjutan tidak cukup hanya mengandalkan pertumbuhan ekonomi, melainkan harus memperhitungkan kontribusi ekosistem terhadap kesejahteraan masyarakat. Pendekatan *natural capital accounting* memungkinkan pengukuran nilai ekonomi ekosistem pesisir, termasuk perikanan, pariwisata, dan jasa lingkungan lain, sehingga dampak pemanfaatan sumber daya alam terhadap PDB dan kesejahteraan nasional dapat terlihat secara nyata. Indikator ini membantu pembuat kebijakan menilai apakah pertumbuhan ekonomi

sejalan dengan pelestarian modal alam yang mendasari produktivitas jangka panjang.

Beberapa indikator ekonomi yang umum digunakan antara lain nilai tambah sektor perikanan dan pariwisata pesisir, yang menunjukkan kontribusi langsung ekosistem terhadap pendapatan dan lapangan kerja. Selain itu, tingkat investasi pada infrastruktur hijau, seperti restorasi *mangrove*, kawasan konservasi, dan energi terbarukan lepas pantai, menjadi indikator penting untuk menilai sejauh mana pembangunan berorientasi keberlanjutan. Proporsi ekonomi yang berbasis sumber daya terbarukan juga menjadi tolok ukur keberhasilan integrasi praktik ekonomi biru, di mana pemanfaatan sumber daya tidak menurunkan kapasitas regeneratif ekosistem pesisir. Keberlanjutan ekonomi harus diukur melalui perubahan stok modal alam, bukan sekadar pertumbuhan *output*. Jika nilai sumber daya alam terus menurun akibat eksploitasi berlebihan, maka meskipun terjadi pertumbuhan ekonomi, pembangunan tersebut tidak dapat dikategorikan berkelanjutan.

3. Indikator Sosial

Keberlanjutan pengelolaan wilayah pesisir tidak hanya ditentukan oleh aspek ekologis dan ekonomi, tetapi juga memiliki dimensi sosial yang sangat penting. Kesejahteraan masyarakat pesisir menjadi indikator utama dalam menilai keberhasilan pengelolaan. Faktor-faktor seperti tingkat kemiskinan, ketahanan pangan, dan akses terhadap sumber daya alam mempengaruhi kemampuan komunitas pesisir untuk bertahan hidup dan berpartisipasi dalam kegiatan ekonomi. Indikator sosial ini membantu mengevaluasi apakah pemanfaatan sumber daya pesisir memberikan manfaat yang adil bagi seluruh anggota masyarakat, sekaligus mengidentifikasi kelompok yang rentan terhadap kerentanan sosial dan ekonomi.

Partisipasi masyarakat dalam tata kelola pesisir juga menjadi indikator penting. Mekanisme konsultasi publik, pengakuan hak masyarakat adat, dan keterlibatan komunitas lokal dalam perencanaan dan pengambilan keputusan merupakan bagian dari keberlanjutan sosial. Ketimpangan akses terhadap sumber daya dapat mengurangi daya dukung sosial wilayah pesisir dan meningkatkan risiko konflik antar

pengguna, seperti antara nelayan tradisional dan pengusaha industri atau pariwisata.

Kapasitas adaptif masyarakat terhadap perubahan iklim menjadi semakin relevan dalam menilai keberlanjutan sosial. Kemampuan komunitas pesisir dalam mengakses informasi iklim, layanan asuransi risiko, serta keterampilan adaptasi terhadap bencana menjadi indikator penting. Masyarakat dengan kapasitas adaptif tinggi mampu merespons ancaman seperti kenaikan muka air laut, badai ekstrem, atau perubahan stok ikan secara lebih efektif.

4. Indikator Ketahanan Iklim dan Risiko

Perubahan iklim telah menempatkan tekanan signifikan pada wilayah pesisir, sehingga pengembangan indikator ketahanan (*resilience indicators*) menjadi krusial dalam menilai kapasitas sistem pesisir untuk menghadapi gangguan. Ketahanan suatu sistem tidak hanya diukur dari kemampuannya bertahan terhadap bencana, tetapi juga dari kapasitas untuk pulih dan mempertahankan fungsi ekosistem serta layanan yang diberikannya. Indikator ketahanan membantu pengambil kebijakan dan pengelola sumber daya pesisir memahami seberapa siap suatu wilayah menghadapi risiko seperti kenaikan muka air laut, badai ekstrem, atau erosi pantai.

Salah satu indikator utama adalah tingkat perlindungan alami yang diberikan oleh ekosistem seperti *mangrove* dan terumbu karang. Ekosistem ini bertindak sebagai penyangga alami yang menyerap energi gelombang dan mengurangi kerusakan akibat banjir atau badai tropis. Selain itu, jumlah infrastruktur yang berada di zona rawan banjir menjadi indikator kerentanan, karena konsentrasi fasilitas kritis di wilayah berisiko tinggi meningkatkan potensi kerugian sosial dan ekonomi saat terjadi bencana. Keberadaan rencana adaptasi lokal, termasuk strategi mitigasi berbasis masyarakat dan restorasi ekosistem, juga menjadi penanda kesiapan dan kapasitas adaptif komunitas pesisir.

Indikator risiko tambahan dapat diperoleh melalui indeks tekanan kumulatif laut yang dikembangkan oleh Halpern *et al.* (2019). Indeks ini mengintegrasikan berbagai faktor stres lingkungan, termasuk eksploitasi sumber daya, polusi, dan perubahan iklim, sehingga memungkinkan penilaian risiko secara holistik. Dengan menggabungkan indikator ketahanan dan risiko, pengelolaan pesisir dapat dilakukan secara

proaktif, menekankan adaptasi berbasis ekosistem, pengurangan kerentanan infrastruktur, dan peningkatan kapasitas komunitas. Pendekatan ini memastikan bahwa wilayah pesisir tidak hanya bertahan dari perubahan iklim, tetapi juga mampu mendukung keberlanjutan ekologi, ekonomi, dan sosial dalam jangka panjang.

5. Indikator Tata Kelola dan Kebijakan

Keberlanjutan wilayah pesisir sangat bergantung pada kualitas tata kelola dan efektivitas kebijakan yang diterapkan. Indikator tata kelola menjadi alat penting untuk menilai seberapa baik suatu wilayah pesisir dikelola secara terpadu dan berkelanjutan. Salah satu indikator utama adalah keberadaan *Marine Spatial Planning* (MSP), yang memungkinkan alokasi ruang laut secara terkoordinasi antara berbagai sektor, termasuk perikanan, pariwisata, energi terbarukan, dan konservasi. Dengan adanya MSP, potensi konflik pemanfaatan ruang dapat diminimalkan, dan pengelolaan pesisir dapat dilakukan berdasarkan data ilmiah dan prinsip keberlanjutan ekosistem.

Persentase wilayah laut yang dilindungi menjadi indikator nyata keberhasilan tata kelola konservasi. Kawasan konservasi laut tidak hanya menjaga keanekaragaman hayati, tetapi juga mendukung ketahanan ekosistem, penyimpanan karbon biru, dan ketahanan ekonomi bagi komunitas pesisir. Transparansi dan koordinasi lintas sektor juga merupakan indikator penting, karena tata kelola yang efektif memerlukan partisipasi berbagai pemangku kepentingan, baik pemerintah, sektor swasta, maupun masyarakat lokal. Koordinasi yang baik memastikan bahwa kebijakan sektoral tidak bertentangan dan dapat menciptakan sinergi dalam pengelolaan sumber daya pesisir.

Díaz *et al.* (2019) menekankan pentingnya integrasi pengetahuan ilmiah dan lokal dalam kebijakan sebagai indikator tata kelola adaptif. Pengetahuan masyarakat pesisir, misalnya terkait musim tangkap atau pola migrasi ikan, dapat memperkaya keputusan manajemen berbasis bukti. Tanpa kerangka regulasi yang kuat dan mekanisme tata kelola yang adaptif, indikator ekologis, ekonomi, maupun sosial sulit menunjukkan perbaikan jangka panjang. Dengan demikian, pengembangan indikator tata kelola tidak hanya mengukur kepatuhan

terhadap regulasi, tetapi juga kualitas partisipasi, integrasi pengetahuan, dan kemampuan adaptasi terhadap perubahan iklim serta tekanan antropogenik lainnya.

C. Peran Teknologi Penginderaan Jauh dan GIS

Perkembangan teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) dan Sistem Informasi Geografis (GIS) telah merevolusi pendekatan penilaian potensi dan daya dukung wilayah pesisir. Kawasan pesisir memiliki karakter dinamis, kompleks, dan rentan terhadap perubahan iklim, sehingga membutuhkan sistem pemantauan yang mampu menyediakan data spasial-temporal secara cepat, akurat, dan berkelanjutan. Dalam konteks ini, teknologi satelit, citra resolusi tinggi, sensor radar, serta analisis spasial berbasis GIS menjadi instrumen penting dalam mendukung perencanaan dan pengelolaan pesisir berkelanjutan (Gove *et al.*, 2023).

Pemantauan perubahan muka air laut, abrasi, degradasi ekosistem, dan risiko bencana pesisir sangat bergantung pada data observasi bumi (*Earth observation data*). Integrasi penginderaan jauh dan GIS tidak hanya berfungsi sebagai alat pemetaan, tetapi juga sebagai sistem pendukung keputusan (*decision support system*) dalam menilai daya dukung ekologis, sosial, dan ekonomi wilayah pesisir.

Penginderaan jauh adalah teknik memperoleh informasi mengenai objek atau fenomena di permukaan bumi tanpa kontak langsung melalui sensor satelit atau pesawat udara. Data yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan GIS untuk mengintegrasikan, memvisualisasikan, dan menginterpretasikan informasi spasial. Observasi bumi berbasis satelit telah menjadi pilar utama dalam pemantauan kondisi laut global, termasuk kualitas air, suhu permukaan laut (*sea surface temperature*), tutupan *mangrove*, dan perubahan garis pantai.

1. Pemetaan Ekosistem Pesisir

Pemetaan ekosistem pesisir menjadi fondasi penting dalam pengelolaan sumber daya laut dan konservasi keanekaragaman hayati. Data spasial memungkinkan identifikasi tutupan habitat seperti *mangrove*, terumbu karang, dan padang lamun, sekaligus memantau

perubahan kondisi ekosistem dari waktu ke waktu. Dengan memanfaatkan citra satelit seperti *Landsat*, *Sentinel*, dan MODIS, pemangku kepentingan dapat memperoleh informasi periodik mengenai luas, distribusi, dan degradasi ekosistem pesisir, yang sangat penting untuk perencanaan konservasi dan pembangunan berkelanjutan.

Teknologi penginderaan jauh multispektral dan hiperspektral memberikan kemampuan untuk menilai kesehatan ekosistem melalui analisis indeks vegetasi dan reflektansi spektral. Misalnya, degradasi *mangrove* atau pemutihan terumbu karang dapat dideteksi lebih awal, sehingga intervensi restorasi dapat direncanakan secara tepat waktu. Informasi ini mendukung penilaian kapasitas ekosistem dalam menyediakan layanan penting, termasuk perlindungan pantai, penyimpanan karbon biru, dan habitat bagi spesies perikanan komersial, yang secara langsung memengaruhi ketahanan ekonomi dan sosial komunitas pesisir. Pemanfaatan data spasial juga memungkinkan analisis tekanan kumulatif yang memetakan interaksi berbagai faktor risiko, seperti *overfishing*, polusi, dan pembangunan pesisir. Pemetaan tekanan kumulatif membantu mengidentifikasi area dengan risiko degradasi tinggi, sehingga menjadi dasar prioritas konservasi dan pengelolaan adaptif.

2. Analisis Perubahan Garis Pantai dan Abrasi

Analisis perubahan garis pantai dan abrasi menjadi komponen penting dalam menilai daya dukung wilayah pesisir. Kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim dan peningkatan intensitas badai tropis mempercepat proses erosi pantai dan abrasi, sehingga mengancam infrastruktur, permukiman, dan ekosistem pesisir. Perubahan garis pantai yang cepat juga menurunkan kapasitas alami pesisir dalam melindungi komunitas dari gelombang ekstrem dan banjir, sehingga pemantauan menjadi krusial untuk mitigasi risiko.

Teknologi penginderaan jauh memungkinkan pemantauan perubahan garis pantai secara periodik dan akurat. Citra multitemporal dari satelit dapat dibandingkan untuk mengidentifikasi laju erosi maupun akresi pantai. Sistem Informasi Geografis (GIS) digunakan untuk mengolah data ini secara kuantitatif, menghitung pergeseran garis pantai, dan memetakan zona rentan. Analisis tersebut membantu menentukan

area prioritas untuk restorasi ekosistem, seperti penanaman *mangrove* atau perlindungan padang lamun, yang berfungsi sebagai penyangga alami terhadap erosi.

Data perubahan garis pantai juga menjadi dasar bagi pemerintah dan perencana wilayah untuk menetapkan zona pembangunan yang aman. Dengan memahami dinamika geomorfologis dan ekologis pesisir, keputusan pembangunan infrastruktur dan pemanfaatan lahan dapat diambil tanpa merusak daya dukung ekosistem. Pendekatan ini memungkinkan integrasi strategi adaptasi berbasis ekosistem, mengurangi risiko maladaptation, dan memastikan keberlanjutan sosial-ekonomi masyarakat pesisir di tengah perubahan iklim yang terus meningkat.

3. Pemantauan Kualitas Perairan

Pemantauan kualitas perairan pesisir menjadi elemen krusial dalam menjaga keberlanjutan ekosistem laut. Parameter seperti kekeruhan, konsentrasi klorofil-a, dan suhu permukaan laut memberikan informasi penting tentang produktivitas primer dan kesehatan perairan. Perubahan dalam parameter oseanografi ini dapat memengaruhi stok ikan, distribusi spesies, dan daya dukung perairan untuk aktivitas perikanan dan akuakultur. Dengan memantau indikator-indikator ini secara konsisten, pengelola sumber daya laut dapat menilai tekanan ekologis dan mengantisipasi potensi penurunan produktivitas perikanan.

Penginderaan jauh dan teknologi satelit memungkinkan deteksi perubahan kualitas perairan secara luas dan *real-time*. Misalnya, sensor satelit dapat memantau anomali suhu laut yang dapat memicu pemutihan karang (*coral bleaching*) atau kondisi hipoksia akibat eutrofikasi. Data spasial ini menjadi dasar untuk intervensi cepat, seperti pembatasan penangkapan ikan atau pengelolaan limbah nutrien, sehingga ekosistem yang rentan dapat pulih. Pemantauan berkelanjutan juga memungkinkan identifikasi tren jangka panjang yang terkait dengan perubahan iklim dan aktivitas antropogenik.

Informasi kualitas perairan berbasis satelit juga memiliki nilai strategis bagi perencanaan sektor ekonomi. Data ini mendukung pengambilan keputusan dalam perikanan dan akuakultur, termasuk penentuan zona budidaya yang optimal dan alokasi sumber daya secara efisien. Dengan integrasi data biofisik dan ekonomi, pemangku kepentingan dapat merancang kebijakan yang menjaga keseimbangan

antara pemanfaatan ekonomi dan konservasi ekosistem pesisir. Pendekatan ini menjadi fondasi bagi pengelolaan pesisir yang adaptif dan berbasis bukti.

4. *Marine Spatial Planning* (MSP) dan Analisis Spasial

Penginderaan jauh dan sistem informasi geografis (GIS) menjadi instrumen kunci dalam penerapan *Marine Spatial Planning* (MSP), yang bertujuan mengelola ruang laut secara efisien dan berkelanjutan. Keberhasilan MSP sangat bergantung pada integrasi data spasial yang akurat, termasuk informasi tentang kondisi ekosistem, stok perikanan, dan penggunaan lahan pesisir. Dengan basis data ini, pengambil kebijakan dapat merancang zonasi laut yang meminimalkan dampak ekologis sekaligus mendukung berbagai aktivitas ekonomi seperti perikanan, energi terbarukan, dan pariwisata.

Analisis spasial melalui GIS memungkinkan identifikasi tumpang tindih antar kepentingan, seperti area konservasi, zona penangkapan ikan, jalur pelayaran, dan lokasi proyek energi laut. Pendekatan ini membantu menentukan kapasitas ruang yang optimal, mengurangi risiko konflik antar pengguna sumber daya, serta memprioritaskan intervensi konservasi di wilayah yang paling rentan. Data spasial juga memfasilitasi simulasi skenario pengelolaan, misalnya perubahan penggunaan lahan atau dampak kenaikan muka air laut, sehingga kebijakan dapat lebih adaptif terhadap dinamika ekosistem pesisir.

Pemanfaatan penginderaan jauh dan GIS meningkatkan transparansi dan akuntabilitas tata kelola laut. Publikasi peta zonasi dan data spasial memungkinkan masyarakat, pemangku kepentingan, dan sektor swasta memahami alokasi ruang laut secara jelas. Integrasi teknologi spasial dalam MSP tidak hanya mendukung efisiensi dan keberlanjutan, tetapi juga memperkuat partisipasi sosial dan kolaborasi lintas sektor, sehingga tata kelola pesisir menjadi lebih inklusif dan responsif terhadap tekanan lingkungan dan ekonomi.

5. Pemodelan Risiko Perubahan Iklim

Pemodelan risiko perubahan iklim menjadi instrumen penting dalam pengelolaan wilayah pesisir, terutama untuk menghadapi ketidakpastian akibat kenaikan muka air laut dan perubahan pola badai. Pengintegrasian data penginderaan jauh dengan model proyeksi iklim memungkinkan analisis dampak jangka panjang terhadap ekosistem pesisir, infrastruktur, dan permukiman. Dengan memanfaatkan data spasial dan model iklim, pemerintah dan pengelola sumber daya dapat merencanakan strategi adaptasi yang lebih tepat sasaran.

GIS menjadi alat utama dalam memvisualisasikan skenario risiko ini. Melalui analisis spasial, pengambil kebijakan dapat menentukan wilayah yang paling rentan terhadap banjir, erosi, atau kerusakan infrastruktur, sehingga prioritas adaptasi dan mitigasi dapat diarahkan secara efisien. Pemodelan juga memungkinkan simulasi dampak kumulatif dari berbagai tekanan lingkungan, termasuk interaksi antara kenaikan muka air laut, perubahan arus, dan degradasi ekosistem seperti hilangnya *mangrove* dan padang lamun.

Pendekatan berbasis risiko ini tidak hanya mendukung perencanaan fisik, tetapi juga memperkuat kapasitas sistem alami untuk melindungi pesisir. *Mangrove*, terumbu karang, dan padang lamun berfungsi sebagai penghalang alami terhadap gelombang ekstrem, sehingga pemodelan spasial dapat mengukur kontribusinya dalam mitigasi risiko. Dengan demikian, integrasi pemodelan risiko, penginderaan jauh, dan GIS memungkinkan perencanaan berbasis bukti, pengalokasian sumber daya yang tepat, dan peningkatan resiliensi sosial-ekonomi masyarakat pesisir terhadap perubahan iklim.



BAB VI

STRATEGI PENGELOLAAN RUANG PESISIR TERPADU (*INTEGRATED COASTAL ZONE MANAGEMENT*)

Pengelolaan wilayah pesisir memerlukan strategi yang holistik dan terpadu, mengingat kompleksitas interaksi antara ekosistem, masyarakat, dan sektor ekonomi. Wilayah pesisir menghadapi berbagai tekanan dari pembangunan, perikanan, pariwisata, perubahan iklim, serta degradasi ekosistem. *Integrated Coastal Zone Management (ICZM)* muncul sebagai pendekatan strategis untuk mengintegrasikan semua kepentingan ini ke dalam satu kerangka perencanaan dan pengelolaan. ICZM tidak hanya menekankan aspek ekologis, tetapi juga sosial, ekonomi, dan kelembagaan, sehingga pengelolaan pesisir dapat mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya sekaligus menjaga keberlanjutan jangka panjang.

Prinsip ICZM mencakup koordinasi lintas sektor, partisipasi *stakeholder*, perencanaan berbasis ekosistem, dan adaptasi terhadap perubahan lingkungan. Melalui pendekatan ini, konflik penggunaan ruang laut dan darat dapat diminimalkan, kapasitas ekosistem dapat dipertahankan, dan kesejahteraan masyarakat pesisir dapat ditingkatkan. Selain itu, ICZM mendorong penggunaan data ilmiah, pemantauan berkelanjutan, dan mekanisme evaluasi untuk memastikan pengelolaan yang responsif terhadap tekanan sosial-ekologis yang dinamis.

A. Prinsip dan Pendekatan ICZM

Wilayah pesisir merupakan ruang transisi antara darat dan laut yang memiliki karakteristik ekologis, sosial, dan ekonomi yang kompleks. Tekanan akibat urbanisasi, industrialisasi, eksploitasi sumber daya, serta dampak perubahan iklim telah meningkatkan kebutuhan akan

pendekatan pengelolaan yang terintegrasi dan adaptif. Dalam konteks tersebut, *Integrated Coastal Zone Management* (ICZM) atau Pengelolaan Wilayah Pesisir Terpadu berkembang sebagai strategi kebijakan yang mengintegrasikan berbagai sektor, kepentingan, dan skala tata kelola dalam satu kerangka sistemik.

Wilayah pesisir termasuk kawasan paling rentan terhadap kenaikan muka air laut, badai ekstrem, abrasi, dan degradasi ekosistem. Pendekatan sektoral yang terfragmentasi tidak lagi memadai. ICZM menawarkan kerangka kerja yang menyatukan dimensi ekologis, sosial, ekonomi, dan kelembagaan dalam perencanaan ruang pesisir secara berkelanjutan (Pörtner *et al.*, 2022).

ICZM adalah pendekatan kebijakan yang bertujuan mengoordinasikan pengelolaan sumber daya pesisir secara lintas sektor dan lintas wilayah administratif, dengan mempertimbangkan keterkaitan antara sistem darat dan laut. United Nations (2022) mendefinisikan ICZM sebagai proses dinamis yang mengintegrasikan kebijakan, perencanaan, dan manajemen untuk mempromosikan pembangunan berkelanjutan di wilayah pesisir.

Pendekatan ini menekankan pentingnya integrasi horizontal (antar sektor seperti perikanan, pariwisata, transportasi, konservasi) dan integrasi vertikal (antara tingkat lokal, regional, dan nasional). Integrasi tersebut penting untuk menjaga fungsi ekosistem sekaligus memenuhi kebutuhan pembangunan manusia. ICZM juga berlandaskan pada paradigma sistem sosial-ekologis, yang memandang pesisir sebagai satu kesatuan interaksi antara manusia dan lingkungan.

1. Prinsip-Prinsip ICZM

a. Prinsip Integrasi

Prinsip integrasi dalam *Integrated Coastal Zone Management* (ICZM) menekankan perlunya pengelolaan pesisir yang menyatukan kebijakan darat dan laut secara harmonis. Integrasi ini meliputi penyesuaian antara kebijakan sektoral, seperti perikanan, pariwisata, energi, dan konservasi, sehingga tujuan pembangunan berkelanjutan dapat dicapai tanpa menimbulkan konflik pemanfaatan ruang. Selain itu, integrasi juga mencakup pengarusutamaan adaptasi perubahan iklim dalam perencanaan pesisir. Strategi adaptasi harus diterapkan secara lintas sektor,

memastikan bahwa pembangunan, konservasi, dan mitigasi risiko iklim berjalan selaras untuk meningkatkan ketahanan sosial-ekonomi dan ekologis wilayah pesisir.

b. Prinsip Berbasis Ekosistem

Prinsip berbasis ekosistem dalam ICZM menekankan bahwa pengelolaan wilayah pesisir harus mempertimbangkan kapasitas ekologis dan keanekaragaman hayati yang ada. Pemahaman terhadap jasa ekosistem seperti perlindungan pantai, penyimpanan karbon, dan habitat perikanan merupakan dasar dalam merancang kebijakan yang berkelanjutan. Pendekatan ini mendorong penerapan solusi berbasis alam (*nature-based solutions*), seperti restorasi *mangrove* dan rehabilitasi terumbu karang, untuk meningkatkan ketahanan pesisir terhadap perubahan iklim dan tekanan manusia. Strategi ini tidak hanya memperkuat fungsi ekosistem, tetapi juga mendukung kesejahteraan sosial dan ekonomi masyarakat pesisir secara berkelanjutan.

c. Prinsip Partisipatif dan Inklusif

Prinsip partisipatif dan inklusif dalam ICZM menekankan pentingnya keterlibatan semua pemangku kepentingan dalam pengelolaan pesisir. Masyarakat lokal, sektor swasta, dan organisasi masyarakat sipil harus dilibatkan sejak tahap perencanaan hingga implementasi kebijakan. Pendekatan ini meningkatkan legitimasi kebijakan, memastikan keputusan mencerminkan kepentingan berbagai pihak, dan meminimalkan konflik pemanfaatan ruang. Keterlibatan aktif masyarakat juga memperkuat kapasitas adaptif lokal, sehingga pengelolaan pesisir tidak hanya berfokus pada konservasi ekologis, tetapi juga mendukung kesejahteraan sosial-ekonomi komunitas pesisir secara berkelanjutan.

d. Prinsip Berbasis Ilmu Pengetahuan dan Data

Prinsip berbasis ilmu pengetahuan dan data dalam ICZM menekankan pengambilan keputusan yang didasarkan pada bukti ilmiah. Halpern *et al.* (2019) menegaskan pentingnya pemanfaatan data spasial dan analisis tekanan kumulatif untuk

mengidentifikasi area yang paling rentan dan menentukan prioritas intervensi dalam pengelolaan pesisir. Pendekatan berbasis data ini memungkinkan pemerintah dan pemangku kepentingan merancang strategi yang lebih efektif, mengurangi risiko maladaptasi, dan memastikan bahwa pembangunan pesisir selaras dengan keberlanjutan ekologis dan sosial-ekonomi.

e. Prinsip Adaptif dan Berkelanjutan

Prinsip adaptif dan berkelanjutan dalam ICZM menekankan pentingnya fleksibilitas dalam pengelolaan pesisir yang dinamis. Evaluasi berkala dan penyesuaian kebijakan diperlukan untuk menanggapi perubahan ekologis, sosial, dan ekonomi secara efektif, sehingga keputusan pengelolaan tetap relevan dengan kondisi aktual. Pendekatan ini sejalan dengan konsep *adaptive governance*, di mana proses pengambilan keputusan bersifat iteratif dan responsif terhadap ketidakpastian. Dengan menerapkan prinsip adaptif, ICZM tidak hanya mampu menghadapi tekanan lingkungan seperti perubahan iklim dan degradasi habitat, tetapi juga mendukung keberlanjutan jangka panjang bagi masyarakat dan ekosistem pesisir.

2. Pendekatan ICZM dalam Praktik

a. *Marine Spatial Planning* (MSP)

Marine Spatial Planning (MSP) adalah instrumen penting dalam implementasi ICZM yang berfokus pada pengaturan penggunaan ruang laut secara terkoordinasi dan berkelanjutan. MSP mempertimbangkan kapasitas ekologis ekosistem pesisir sekaligus kebutuhan sosial-ekonomi berbagai pemangku kepentingan, seperti perikanan, pariwisata, energi terbarukan, dan konservasi. Dengan adanya zonasi terpadu, MSP membantu mengurangi konflik antar sektor yang sering muncul akibat pengelolaan ruang laut yang terfragmentasi, sekaligus meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya. MSP berperan penting dalam pencapaian SDG 14, yaitu konservasi dan pemanfaatan berkelanjutan sumber daya laut. Selain itu, pendekatan berbasis data dan analisis ilmiah dalam MSP

memungkinkan identifikasi area prioritas konservasi, perlindungan karbon biru, dan wilayah rawan bencana.

b. *Nature-Based Solutions* (NbS)

Nature-Based Solutions (NbS) merupakan pendekatan strategis dalam ICZM yang memanfaatkan fungsi alami ekosistem untuk menghadapi tantangan sosial dan lingkungan, khususnya perubahan iklim. NbS, seperti restorasi *mangrove*, rehabilitasi lahan basah, dan perlindungan padang lamun, mampu meningkatkan resiliensi pesisir terhadap gelombang ekstrem, kenaikan muka air laut, dan erosi. Pendekatan ini efektif karena tidak hanya memberikan perlindungan ekologis, tetapi juga lebih hemat biaya dibandingkan infrastruktur keras seperti tanggul beton. Selain memperkuat ketahanan ekosistem, restorasi *mangrove* dan lahan basah juga mendukung penyimpanan karbon biru, memperbaiki habitat perikanan, dan meningkatkan peluang ekonomi melalui sektor perikanan dan pariwisata. Integrasi NbS dalam perencanaan pesisir memungkinkan pengambilan keputusan yang berbasis bukti, adaptif, dan inklusif, sehingga konservasi lingkungan dan pembangunan ekonomi dapat berjalan secara bersamaan dan berkelanjutan.

c. Integrasi Akuntansi Modal Alam

Integrasi akuntansi modal alam (*natural capital accounting*) dalam ICZM menjadi langkah penting untuk menginternalisasi nilai ekosistem dalam perencanaan pembangunan pesisir. Dasgupta (2021) menekankan bahwa tanpa pengakuan terhadap modal alam, kebijakan pembangunan cenderung mendorong eksploitasi berlebihan, yang mengurangi stok sumber daya jangka panjang dan mengancam keberlanjutan ekonomi. Dengan pendekatan ini, setiap keputusan pembangunan dapat menilai dampaknya terhadap jasa ekosistem, mulai dari perikanan, penyimpanan karbon biru, hingga perlindungan pantai. Integrasi nilai jasa ekosistem dalam perencanaan ekonomi biru memungkinkan pemerintah dan investor memahami biaya ekologis dari berbagai opsi pembangunan. Hal ini membantu merancang strategi investasi yang menjaga produktivitas ekosistem sekaligus meningkatkan manfaat sosial dan ekonomi.

B. Perencanaan Tata Ruang Laut (*Marine Spatial Planning*)

Perencanaan Tata Ruang Laut atau *Marine Spatial Planning* (MSP) merupakan instrumen strategis dalam kerangka *Integrated Coastal Zone Management* (ICZM) untuk mengatur pemanfaatan ruang laut secara terkoordinasi, berkelanjutan, dan berbasis ekosistem. MSP berkembang sebagai respons terhadap meningkatnya kompetisi pemanfaatan ruang laut, seperti perikanan, pariwisata, pelayaran, energi terbarukan, konservasi, dan pertambangan lepas pantai. Tanpa perencanaan yang sistematis, konflik pemanfaatan dan degradasi ekosistem menjadi tidak terhindarkan (Bennett *et al.*, 2021).

MSP menjadi instrumen penting dalam mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDG) 14, khususnya dalam memastikan konservasi dan pemanfaatan laut secara berkelanjutan. Dalam konteks perubahan iklim, MSP juga berperan dalam mengintegrasikan strategi mitigasi dan adaptasi terhadap risiko kenaikan muka air laut, pemanasan laut, dan peningkatan kejadian cuaca ekstrem.

Marine Spatial Planning didefinisikan sebagai proses publik untuk menganalisis dan mengalokasikan distribusi spasial serta temporal aktivitas manusia di wilayah laut guna mencapai tujuan ekologis, ekonomi, dan sosial yang telah ditetapkan melalui proses politik (UNESCO-IOC, 2020).

1. Penetapan Tujuan dan Ruang Lingkup

Tahap awal dalam perencanaan *Marine Spatial Planning* (MSP) adalah menetapkan tujuan dan ruang lingkup perencanaan, yang menjadi fondasi bagi seluruh proses pengelolaan ruang laut. Penentuan tujuan ini harus jelas dan spesifik, karena akan memandu pengambilan keputusan, alokasi sumber daya, dan evaluasi keberhasilan rencana. Tanpa kejelasan tujuan, kebijakan lintas sektor sering kali bertabrakan, mengakibatkan konflik pemanfaatan ruang dan degradasi ekosistem pesisir.

Penetapan tujuan juga harus mempertimbangkan konservasi biodiversitas sebagai prioritas. Ekosistem pesisir seperti *mangrove*, lamun, dan terumbu karang memiliki fungsi ekologis penting, termasuk penyimpanan karbon biru, perlindungan pantai, dan habitat perikanan. Dengan menetapkan tujuan konservasi sejak awal, MSP dapat

menentukan zona perlindungan yang meminimalkan tekanan manusia dan menjaga keberlanjutan ekosistem.

Tujuan MSP juga harus mencakup optimalisasi ekonomi biru. Aktivitas seperti perikanan, pariwisata, dan energi terbarukan lepas pantai perlu direncanakan secara efisien untuk meningkatkan kontribusi ekonomi tanpa merusak ekosistem. Integrasi tujuan ekonomi dan konservasi melalui zonasi yang tepat dapat meminimalkan konflik antara sektor-sektor berbeda, sekaligus memastikan manfaat sosial-ekonomi bagi masyarakat pesisir.

2. Pengumpulan dan Integrasi Data

Tahap kedua dalam perencanaan *Marine Spatial Planning* (MSP) adalah pengumpulan dan integrasi data, yang menjadi dasar bagi pengambilan keputusan berbasis bukti. Data yang dikumpulkan mencakup berbagai aspek biofisik, sosial, dan ekonomi. Informasi biofisik meliputi distribusi habitat pesisir seperti *mangrove*, terumbu karang, dan padang lamun, stok perikanan, serta kondisi ekosistem lainnya. Pemahaman biodiversitas dan jasa ekosistem sangat penting untuk menentukan kapasitas ekologis yang mendukung pemanfaatan ruang secara berkelanjutan. Tanpa data yang lengkap, risiko degradasi ekosistem dan konflik pemanfaatan ruang meningkat.

MSP juga memerlukan informasi sosial-ekonomi yang mendukung perencanaan terpadu. Hal ini mencakup distribusi pemukiman, jalur pelayaran, wilayah pariwisata, potensi energi terbarukan, serta kepentingan masyarakat pesisir. Informasi ini membantu pengambil kebijakan memahami kebutuhan berbagai sektor dan merancang zonasi yang meminimalkan konflik. Pendekatan ini memungkinkan integrasi kepentingan ekologis dan ekonomi, sehingga MSP dapat berfungsi sebagai instrumen yang mendukung ekonomi biru berkelanjutan.

Perubahan iklim menambah kompleksitas pengelolaan ruang laut. Pörtner *et al.* (2022) menekankan pentingnya integrasi data proyeksi iklim, termasuk kenaikan muka air laut, intensitas badai, dan perubahan suhu laut, untuk mengidentifikasi zona yang rentan terhadap bencana. Data proyeksi ini memungkinkan perencanaan adaptif, termasuk penentuan lokasi pembangunan infrastruktur, perlindungan

habitat, dan strategi mitigasi berbasis ekosistem. Dengan demikian, integrasi data biofisik, sosial, dan iklim memastikan MSP responsif terhadap ketidakpastian lingkungan dan sosial.

3. Analisis Konflik dan Skenario

Tahap ketiga dalam perencanaan *Marine Spatial Planning* (MSP) fokus pada analisis konflik dan pengembangan skenario, yang menjadi kunci dalam pengambilan keputusan berbasis bukti. Pada tahap ini, pemetaan tumpang tindih pemanfaatan ruang dilakukan untuk mengidentifikasi area dengan potensi konflik antara berbagai sektor, seperti perikanan, pariwisata, energi terbarukan, dan konservasi. Halpern *et al.* (2019) menekankan bahwa tekanan kumulatif terhadap ekosistem laut dapat menyebabkan degradasi serius jika tidak dikelola secara terpadu. Pemetaan ini memungkinkan pengambil kebijakan mengetahui lokasi yang paling rentan terhadap dampak negatif dari penggunaan ruang yang tidak terkoordinasi.

Analisis skenario menjadi alat penting dalam mengevaluasi berbagai alternatif alokasi ruang laut. Pendekatan ini memungkinkan perencanaan untuk mempertimbangkan beberapa tujuan sekaligus, termasuk konservasi keanekaragaman hayati, pengembangan ekonomi biru, dan perlindungan komunitas pesisir. Skenario konservasi maksimum menekankan perlindungan habitat kritis, sementara skenario pertumbuhan ekonomi maksimum fokus pada pemanfaatan sumber daya untuk peningkatan kesejahteraan. Skenario seimbang mengintegrasikan kedua tujuan tersebut agar tercapai kompromi yang optimal.

Analisis skenario juga membantu mengantisipasi dampak perubahan iklim terhadap zona pesisir. Data proyeksi kenaikan muka air laut, badai ekstrem, dan perubahan distribusi stok ikan dimasukkan ke dalam model skenario untuk menilai risiko jangka panjang. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi wilayah prioritas adaptasi dan mitigasi yang efektif. Perencanaan berbasis skenario bukan hanya alat prediksi, tetapi juga instrumen strategis untuk pengambilan keputusan adaptif yang mempertimbangkan ketidakpastian ekologis dan sosial.

4. Penyusunan Zonasi

Tahap keempat dalam perencanaan *Marine Spatial Planning* (MSP) adalah penyusunan zonasi, yang menjadi *output* utama dari seluruh proses perencanaan. Zonasi mengatur alokasi ruang laut berdasarkan kapasitas ekologis, kebutuhan sosial-ekonomi, dan potensi risiko. Dengan membagi wilayah laut menjadi zona-zona fungsional, pengelola pesisir dapat mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya sekaligus menjaga keberlanjutan ekosistem. Zonasi berbasis ekosistem membantu mengurangi konflik antar sektor dan menciptakan kerangka tata kelola yang lebih efisien.

Zona konservasi ditetapkan untuk melindungi habitat kritis dan keanekaragaman hayati, seperti terumbu karang, padang lamun, dan *mangrove*. Zona ini berperan penting dalam mempertahankan kapasitas ekosistem untuk menyediakan jasa ekologis, seperti perlindungan pantai, penyimpanan karbon biru, dan penyediaan habitat perikanan. Penetapan zona konservasi dilakukan berdasarkan analisis biofisik dan proyeksi risiko perubahan iklim, sehingga perlindungan yang diberikan bersifat adaptif dan berkelanjutan.

Zona perikanan, energi terbarukan, pelayaran, dan pariwisata dirancang untuk mendukung kegiatan ekonomi secara terkontrol. Zona perikanan mempertimbangkan produktivitas stok ikan dan kapasitas pemulihan sumber daya, sementara zona energi terbarukan menilai kelayakan teknis dan dampak lingkungan dari pembangunan instalasi lepas pantai. Zona pelayaran dan pariwisata disusun dengan memperhatikan keselamatan, kapasitas ruang, serta potensi konflik dengan ekosistem sensitif. Integrasi zona-zona ini menciptakan pemanfaatan ruang laut yang seimbang antara konservasi dan pembangunan ekonomi.

5. Implementasi dan Penegakan

Tahap kelima dalam perencanaan *Marine Spatial Planning* (MSP) adalah implementasi dan penegakan, yang menjadi fase kritis untuk menjamin efektivitas perencanaan. Implementasi MSP tidak hanya melibatkan pengumuman zonasi, tetapi juga penerapan regulasi yang mengikat seluruh pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat lokal. Keberhasilan MSP sangat

bergantung pada adanya kerangka hukum yang jelas dan mekanisme koordinasi antar lembaga untuk memastikan kepatuhan terhadap aturan yang ditetapkan. Tanpa penegakan hukum yang efektif, zonasi dan alokasi ruang laut berisiko diabaikan, sehingga tujuan konservasi dan pembangunan berkelanjutan tidak tercapai.

Salah satu instrumen utama dalam implementasi MSP adalah perizinan berbasis zonasi. Setiap aktivitas di laut mulai dari penangkapan ikan, pembangunan energi terbarukan, hingga pariwisata harus menyesuaikan dengan zona yang telah ditetapkan. Hal ini memungkinkan pengelola pesisir untuk mengontrol intensitas pemanfaatan dan meminimalkan konflik antar sektor. Penerapan perizinan berbasis zonasi juga mendorong transparansi, akuntabilitas, dan keadilan dalam distribusi ruang laut.

Teknologi modern menjadi pendukung penting dalam penegakan MSP. Pemantauan berbasis satelit, sensor laut, dan sistem informasi geografis (GIS) memungkinkan pengawasan aktivitas manusia secara *real-time*, termasuk mendeteksi pelanggaran zonasi atau praktik ilegal seperti penangkapan ikan berlebih. Pengawasan berbasis teknologi meningkatkan efektivitas pengelolaan dan memungkinkan respons cepat terhadap tekanan atau kerusakan yang terjadi.

6. Monitoring dan Evaluasi

Tahap keenam dalam perencanaan *Marine Spatial Planning* (MSP) adalah monitoring dan evaluasi, yang menjadi komponen krusial untuk menjamin keberlanjutan dan efektivitas perencanaan. MSP bersifat siklik dan adaptif, sehingga pengelolaan ruang laut tidak berhenti pada penyusunan zonasi dan implementasi awal. Evaluasi berkala memungkinkan pengukuran capaian terhadap tujuan ekologis, ekonomi, dan sosial yang telah ditetapkan. Tanpa mekanisme monitoring yang sistematis, kebijakan yang dibuat cenderung kehilangan relevansi seiring perubahan kondisi lingkungan dan tekanan manusia yang dinamis.

Monitoring dalam MSP melibatkan pengumpulan data kuantitatif dan kualitatif secara berkala. Indikator ekologis seperti stok ikan, luas dan kesehatan habitat *mangrove*, terumbu karang, dan padang lamun digunakan untuk menilai kondisi ekosistem. Díaz *et al.* (2019) menekankan pentingnya integrasi indikator biologis dengan indikator sosial-ekonomi, termasuk kesejahteraan masyarakat pesisir dan

kepatuhan terhadap regulasi zonasi. Data ini diperoleh melalui survei lapangan, penginderaan jauh, sensor laut, dan sistem informasi geografis (GIS), sehingga memberikan gambaran menyeluruh mengenai dampak pengelolaan ruang laut.

Evaluasi juga mencakup aspek adaptasi terhadap perubahan iklim. Integrasi indikator ketahanan iklim, seperti kapasitas perlindungan alami oleh *mangrove* dan terumbu karang, jumlah infrastruktur di zona rawan banjir, dan kesiapan rencana adaptasi lokal. Dengan pendekatan ini, pengambil kebijakan dapat menyesuaikan zonasi, perizinan, dan strategi konservasi untuk mengantisipasi tekanan baru atau perubahan lingkungan, sehingga menghindari maladaptasi yang dapat merugikan ekosistem dan masyarakat pesisir.

C. Kolaborasi Multi-Stakeholder

Pengelolaan ruang pesisir terpadu (*Integrated Coastal Zone Management/ICZM*) pada dasarnya merupakan proses tata kelola kolaboratif yang melibatkan berbagai aktor dengan kepentingan yang berbeda. Wilayah pesisir adalah ruang interaksi kompleks antara pemerintah, masyarakat lokal, sektor swasta, lembaga penelitian, organisasi masyarakat sipil, dan komunitas internasional. Tanpa kolaborasi yang efektif, konflik pemanfaatan ruang, eksploitasi berlebihan, dan degradasi ekosistem cenderung meningkat. Tantangan perubahan iklim di wilayah pesisir seperti kenaikan muka air laut, badai ekstrem, dan kerusakan habitat memerlukan respons lintas sektor dan lintas tingkat pemerintahan. Kolaborasi *multi-stakeholder* bukan sekadar pelengkap, tetapi merupakan fondasi utama keberhasilan ICZM dalam mewujudkan pengelolaan pesisir yang adaptif dan berkelanjutan.

Kolaborasi *multi-stakeholder* merujuk pada proses partisipatif yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan dalam perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi kebijakan pesisir. United Nations (2022) mendefinisikan pendekatan ini sebagai tata kelola inklusif yang mengintegrasikan perspektif pemerintah, komunitas lokal, sektor swasta, dan ilmuwan dalam pengambilan keputusan.

Pengelolaan berbasis pengetahuan majemuk (*multiple knowledge systems*) termasuk pengetahuan ilmiah dan lokal meningkatkan

efektivitas kebijakan konservasi dan pemanfaatan sumber daya. Dalam konteks ICZM, kolaborasi memastikan bahwa keputusan tata ruang dan pemanfaatan sumber daya mempertimbangkan daya dukung ekologis sekaligus kebutuhan sosial-ekonomi.

1. Forum Konsultatif dan Dialog Publik

Forum konsultatif dan dialog publik merupakan mekanisme krusial dalam implementasi *Integrated Coastal Zone Management* (ICZM), karena pengelolaan pesisir melibatkan kepentingan yang beragam, mulai dari pemerintah, sektor swasta, masyarakat lokal, hingga organisasi non-pemerintah. Forum multi-pihak menyediakan ruang untuk pertukaran informasi, penjelasan kebijakan, dan penyampaian aspirasi masyarakat.

Pada forum ini, rencana tata ruang laut, zonasi perikanan, konservasi habitat, dan pengembangan ekonomi biru dapat dibahas secara terbuka. Dialog publik memungkinkan identifikasi potensi konflik kepentingan sejak awal, sehingga mitigasi dapat dilakukan sebelum implementasi kebijakan. Misalnya, alokasi zona perikanan yang berbenturan dengan area wisata dapat didiskusikan agar kedua sektor memperoleh manfaat tanpa merusak ekosistem. Pendekatan ini mendorong pengambilan keputusan berbasis bukti dan kesepakatan bersama, alih-alih dominasi satu pihak saja.

Forum konsultatif juga memperkuat integrasi pengetahuan ilmiah dan lokal. Pengetahuan tradisional masyarakat pesisir, seperti praktik konservasi *mangrove* atau penangkapan ikan berkelanjutan, dapat dikombinasikan dengan data ilmiah mengenai stok ikan, kesehatan terumbu karang, atau proyeksi kenaikan muka air laut. Integrasi kedua jenis pengetahuan ini meningkatkan kualitas perencanaan, karena mencakup perspektif ekologis, sosial, dan ekonomi secara menyeluruh. Hasil dialog ini menjadi masukan penting dalam revisi zonasi dan kebijakan ICZM.

2. *Co-Management*

Model *co-management* atau pengelolaan bersama merupakan salah satu mekanisme kunci dalam *Integrated Coastal Zone Management* (ICZM) yang menekankan kolaborasi antara pemerintah dan masyarakat lokal. Pendekatan ini melibatkan partisipasi aktif masyarakat dalam perencanaan, pengawasan, dan pengelolaan sumber daya pesisir, sehingga keputusan tidak semata-mata bersifat top-down. *Co-management* meningkatkan kepatuhan masyarakat terhadap aturan konservasi karena ikut menentukan regulasi dan memahami manfaat jangka panjangnya.

Pada praktiknya, *co-management* dapat diterapkan pada berbagai sektor, seperti pengelolaan kawasan konservasi laut, pengaturan zona perikanan, atau restorasi habitat pesisir. Masyarakat lokal diberi tanggung jawab untuk melakukan patroli, pemantauan stok ikan, dan pelaporan aktivitas ilegal, sementara pemerintah menyediakan dukungan regulasi, teknis, dan finansial. Kolaborasi ini menciptakan rasa kepemilikan dan tanggung jawab bersama terhadap sumber daya yang dikelola.

Keunggulan model ini juga terletak pada integrasi pengetahuan ilmiah dan lokal. Pengetahuan tradisional masyarakat pesisir, misalnya tentang pola migrasi ikan, musim reproduksi, atau kondisi *mangrove*, dapat dilengkapi dengan data ilmiah seperti pemetaan habitat, proyeksi iklim, dan indikator kesehatan ekosistem. Integrasi pengetahuan ini meningkatkan efektivitas konservasi dan adaptasi terhadap perubahan lingkungan. *Co-management* mampu menyeimbangkan kepentingan sosial, ekonomi, dan ekologis secara lebih berkelanjutan dibandingkan pengelolaan yang hanya dilakukan oleh pemerintah.

Selain aspek ekologis, *co-management* memperkuat kapasitas

3. *Public-Private Partnership (PPP)*

Public-Private Partnership (PPP) menjadi salah satu mekanisme kolaborasi penting dalam *Integrated Coastal Zone Management* (ICZM), terutama untuk mendukung pembiayaan dan implementasi proyek-proyek pesisir yang kompleks dan berskala besar. Keterlibatan sektor swasta melalui kemitraan dengan pemerintah memungkinkan pengembangan proyek yang efisien, inovatif, dan berkelanjutan. Proyek

seperti restorasi *mangrove*, perlindungan terumbu karang, maupun pengembangan energi terbarukan lepas pantai membutuhkan investasi besar dan manajemen risiko yang baik, sehingga kolaborasi publik-swasta menjadi solusi strategis.

Pada praktiknya, PPP dapat diterapkan untuk membiayai restorasi ekosistem pesisir yang memberikan manfaat ganda, yaitu perlindungan lingkungan sekaligus peningkatan ekonomi lokal. Misalnya, proyek restorasi *mangrove* tidak hanya menahan abrasi dan meningkatkan kapasitas penyerapan karbon, tetapi juga membuka peluang pendapatan melalui ekowisata dan perikanan berkelanjutan. Pemerintah menyediakan kerangka regulasi dan dukungan teknis, sementara pihak swasta menyuntikkan modal, teknologi, dan manajemen proyek profesional. Integrasi peran ini meningkatkan keberlanjutan dan efektivitas proyek.

PPP juga dapat diterapkan dalam pengembangan energi terbarukan lepas pantai, seperti pembangkit listrik tenaga ombak atau angin laut. Proyek semacam ini memerlukan pemetaan ruang laut, studi kelayakan teknis, dan mitigasi risiko lingkungan. Melalui PPP, pemerintah dan sektor swasta dapat berbagi biaya dan risiko sekaligus memastikan kepatuhan terhadap standar lingkungan dan sosial. Pendekatan ini membantu mendorong pertumbuhan ekonomi biru yang berkelanjutan tanpa mengorbankan integritas ekosistem pesisir.

4. Platform Digital dan Transparansi Data

Kemajuan teknologi digital telah membuka peluang besar untuk memperkuat mekanisme kolaborasi dalam *Integrated Coastal Zone Management (ICZM)* melalui platform digital dan transparansi data. Sistem informasi berbasis GIS dan platform daring memungkinkan pemangku kepentingan mengakses data secara *real-time* mengenai kondisi ekosistem, zonasi laut, distribusi perikanan, dan kegiatan manusia di pesisir. Transparansi data ini mendorong pengambilan keputusan yang lebih akurat, berbasis bukti, dan partisipatif, sehingga setiap kebijakan dapat dipertanggungjawabkan kepada publik.

Platform digital juga berperan sebagai sarana komunikasi lintas sektor dan lintas wilayah. Pemerintah, akademisi, komunitas lokal, dan sektor swasta dapat saling berbagi informasi mengenai kondisi pesisir dan hasil monitoring ekosistem. Hal ini memungkinkan deteksi dini

terhadap tekanan lingkungan, seperti degradasi *mangrove* atau pemutihan karang, serta mempercepat respons adaptasi. Dengan data yang terbuka dan mudah diakses, kolaborasi tidak lagi bergantung pada pertemuan tatap muka saja, tetapi dapat berlangsung secara kontinu dan efisien melalui jaringan daring.

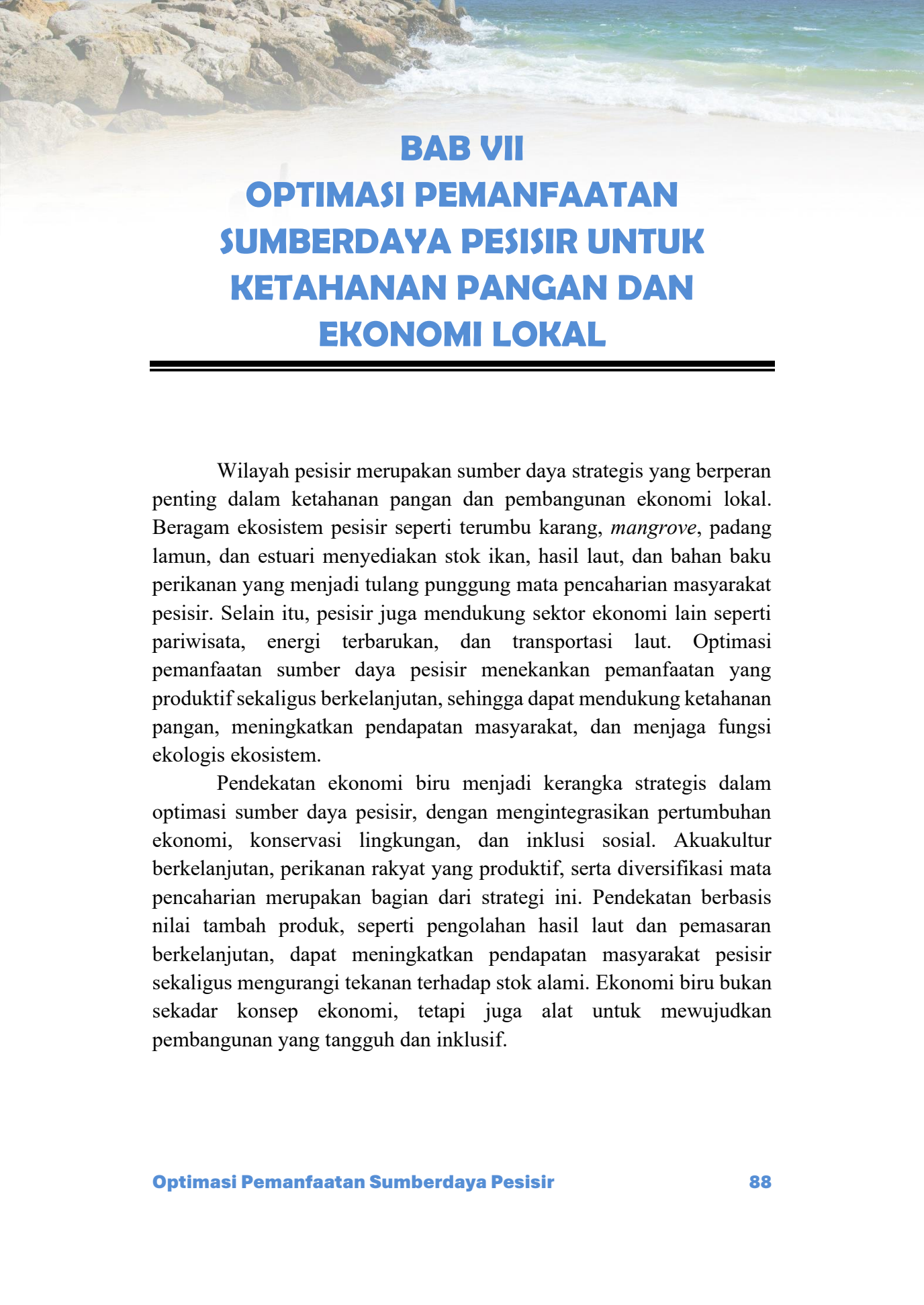
Transparansi data meningkatkan akuntabilitas dalam pengelolaan pesisir. Semua pemangku kepentingan dapat memantau pelaksanaan proyek, alokasi zonasi, dan kepatuhan terhadap regulasi, sehingga potensi konflik penggunaan ruang laut dapat diminimalkan. Data yang tersentralisasi dan terstandarisasi juga memudahkan evaluasi kebijakan ICZM secara berkala. Indikator keberhasilan, seperti luas zona konservasi yang terlindungi atau tingkat pemulihan stok ikan, dapat dipantau secara *real-time* menggunakan platform digital.

5. Kolaborasi dalam Konteks Perubahan Iklim

Adaptasi terhadap perubahan iklim di wilayah pesisir merupakan tantangan kompleks yang memerlukan pendekatan kolaboratif. Dampak perubahan iklim, seperti kenaikan muka air laut, badai ekstrem, dan erosi pantai, bersifat lintas sektor dan lintas wilayah. Pengelolaan risiko iklim tidak dapat dilakukan secara parsial oleh satu lembaga saja, melainkan memerlukan koordinasi antara pemerintah pusat dan daerah, sektor swasta, akademisi, serta masyarakat lokal. Pendekatan kolaboratif ini memastikan bahwa kebijakan adaptasi bersifat terpadu, efektif, dan responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan.

Solusi berbasis alam (*Nature-Based Solutions/NbS*), seperti restorasi *mangrove*, rehabilitasi padang lamun, dan perlindungan terumbu karang, menjadi strategi adaptasi utama yang memerlukan kolaborasi lintas pemangku kepentingan. Keberhasilan restorasi ekosistem pesisir bergantung pada sinergi antara pemerintah yang menyusun regulasi dan pendanaan, masyarakat lokal yang berperan dalam pengawasan dan pemeliharaan, serta sektor swasta yang dapat menyediakan investasi dan teknologi. Kolaborasi ini tidak hanya meningkatkan ketahanan pesisir terhadap bencana, tetapi juga memperkuat mata pencaharian lokal melalui perikanan dan pariwisata berkelanjutan.

Perencanaan relokasi terencana (*managed retreat*) di wilayah pesisir yang sangat rentan menjadi bagian penting dari strategi adaptasi. Relokasi komunitas membutuhkan koordinasi intensif untuk memastikan aspek sosial-ekonomi dan budaya tetap terjaga. Proses ini melibatkan pemerintah dalam penyediaan infrastruktur baru, masyarakat dalam pemilihan lokasi dan partisipasi pengambilan keputusan, serta sektor swasta dalam mendukung aksesibilitas dan pembangunan ekonomi lokal. Kolaborasi lintas sektor ini meminimalkan risiko maladaptasi, yaitu tindakan adaptasi yang justru meningkatkan kerentanan jangka panjang.



BAB VII

OPTIMASI PEMANFAATAN SUMBERDAYA PESISIR UNTUK KETAHANAN PANGAN DAN EKONOMI LOKAL

Wilayah pesisir merupakan sumber daya strategis yang berperan penting dalam ketahanan pangan dan pembangunan ekonomi lokal. Beragam ekosistem pesisir seperti terumbu karang, *mangrove*, padang lamun, dan estuari menyediakan stok ikan, hasil laut, dan bahan baku perikanan yang menjadi tulang punggung mata pencaharian masyarakat pesisir. Selain itu, pesisir juga mendukung sektor ekonomi lain seperti pariwisata, energi terbarukan, dan transportasi laut. Optimasi pemanfaatan sumber daya pesisir menekankan pemanfaatan yang produktif sekaligus berkelanjutan, sehingga dapat mendukung ketahanan pangan, meningkatkan pendapatan masyarakat, dan menjaga fungsi ekologis ekosistem.

Pendekatan ekonomi biru menjadi kerangka strategis dalam optimasi sumber daya pesisir, dengan mengintegrasikan pertumbuhan ekonomi, konservasi lingkungan, dan inklusi sosial. Akuakultur berkelanjutan, perikanan rakyat yang produktif, serta diversifikasi mata pencaharian merupakan bagian dari strategi ini. Pendekatan berbasis nilai tambah produk, seperti pengolahan hasil laut dan pemasaran berkelanjutan, dapat meningkatkan pendapatan masyarakat pesisir sekaligus mengurangi tekanan terhadap stok alami. Ekonomi biru bukan sekadar konsep ekonomi, tetapi juga alat untuk mewujudkan pembangunan yang tangguh dan inklusif.

A. *Blue Economy* dan Inovasi Ekonomi Pesisir

Wilayah pesisir memiliki peran strategis dalam mendukung ketahanan pangan dan pembangunan ekonomi lokal. Sumber daya perikanan, akuakultur, pariwisata bahari, energi terbarukan, serta jasa ekosistem pesisir menyediakan kontribusi signifikan terhadap kesejahteraan masyarakat. Namun, tekanan eksploitasi berlebihan, degradasi lingkungan, dan perubahan iklim menuntut pendekatan baru yang mampu menyeimbangkan pertumbuhan ekonomi dan keberlanjutan ekologis. Dalam konteks ini, konsep *blue economy* berkembang sebagai paradigma pembangunan berbasis laut yang berorientasi pada efisiensi sumber daya, inovasi, dan keberlanjutan (Patil *et al.*, 2018).

OECD (2020) menegaskan bahwa ekonomi biru bukan sekadar ekspansi ekonomi kelautan, tetapi transformasi menuju model produksi dan konsumsi yang menjaga daya dukung ekosistem laut dan pesisir. Dalam era perubahan iklim dan krisis biodiversitas, optimasi pemanfaatan sumber daya pesisir harus didasarkan pada inovasi teknologi, tata kelola adaptif, serta integrasi nilai modal alam (Dasgupta, 2021).

Konsep *blue economy* merujuk pada pemanfaatan sumber daya laut dan pesisir secara berkelanjutan untuk pertumbuhan ekonomi, peningkatan kesejahteraan, dan penciptaan lapangan kerja, sambil menjaga kesehatan ekosistem laut. World Bank (2017) mendefinisikan ekonomi biru sebagai pendekatan yang mengintegrasikan aspek ekonomi, sosial, dan lingkungan dalam pembangunan sektor kelautan.

United Nations (2022) mengaitkan ekonomi biru dengan pencapaian SDG 14 (*Life Below Water*) serta SDG 2 (ketahanan pangan) dan SDG 8 (pertumbuhan ekonomi inklusif). OECD (2020) menambahkan bahwa ekonomi biru harus menginternalisasi biaya lingkungan dalam perhitungan ekonomi, sehingga investasi tidak merusak modal alam.

1. Peran Ekonomi Pesisir dalam Ketahanan Pangan

Sektor perikanan tangkap dan budidaya laut memiliki peran strategis dalam menjamin ketahanan pangan global. FAO (2020) melaporkan bahwa lebih dari 3 miliar orang bergantung pada sumber

protein dari perikanan dan akuakultur, sehingga kesehatan ekosistem pesisir secara langsung memengaruhi kesejahteraan manusia. Di wilayah pesisir, stok ikan yang dikelola secara optimal menjadi fondasi utama keberlanjutan pangan, di mana praktik penangkapan yang berlebihan dapat menurunkan populasi ikan dan mengganggu keseimbangan ekosistem.

Perubahan iklim menjadi tantangan signifikan bagi sektor perikanan pesisir. Peningkatan suhu laut, pengasaman, dan perubahan pola arus laut memengaruhi distribusi dan produktivitas stok ikan. Pergeseran stok ikan ke wilayah yang lebih dingin dapat menimbulkan ketidakpastian ekonomi bagi nelayan tradisional, sekaligus meningkatkan risiko penurunan pasokan protein bagi masyarakat lokal. Adaptasi terhadap kondisi ini memerlukan pendekatan terpadu yang mencakup monitoring stok, proyeksi perubahan habitat, dan strategi pengelolaan berbasis sains.

Inovasi teknologi menjadi salah satu strategi penting untuk menjaga ketahanan pangan di pesisir. Diversifikasi komoditas perikanan, penggunaan sistem akuakultur ramah lingkungan, serta teknologi pemantauan kualitas air dan kesehatan ikan dapat meningkatkan produktivitas sekaligus mengurangi tekanan terhadap stok alami. Pendekatan ini juga mendukung ekosistem pesisir agar tetap sehat dan produktif, yang pada gilirannya memperkuat keamanan pangan lokal dan nasional. Penggunaan data ilmiah dan praktik adaptif memungkinkan pengambilan keputusan berbasis bukti dalam pengelolaan sumber daya pesisir.

2. Inovasi dalam Perikanan dan Akuakultur

Inovasi teknologi menjadi kunci dalam transformasi sektor perikanan dan akuakultur untuk mencapai produktivitas tinggi tanpa merusak lingkungan. FAO (2020) menekankan pentingnya sistem budidaya resirkulasi (*Recirculating Aquaculture Systems/RAS*), yang memungkinkan kontrol kualitas air, pengurangan penggunaan air, dan pembuangan limbah yang lebih rendah dibandingkan budidaya konvensional. Sistem ini mendukung pertumbuhan ikan yang sehat sekaligus menjaga keseimbangan ekosistem pesisir, sehingga

produktivitas perikanan meningkat tanpa menimbulkan tekanan berlebihan terhadap stok alami.

Teknologi pakan berkelanjutan menjadi elemen penting dalam inovasi akuakultur. Pakan yang efisien dan berbasis sumber daya terbarukan dapat mengurangi limbah nutrisi yang berpotensi mencemari lingkungan pesisir. Pendekatan ini tidak hanya menjaga kualitas ekosistem, tetapi juga menurunkan biaya produksi bagi petani ikan. Digitalisasi rantai pasok, termasuk sistem pemantauan stok dan distribusi, semakin memungkinkan pelaku usaha untuk mengelola produksi secara transparan dan efisien, sehingga meminimalkan risiko *overfishing* dan kerugian ekonomi.

Integrasi teknologi digital juga berperan dalam pemantauan dan *traceability* sektor perikanan. Penggunaan sensor berbasis satelit, data *real-time*, dan sistem pelacakan untuk meningkatkan transparansi rantai pasok. Konsumen dapat menelusuri asal-usul produk laut, sementara pengelola dapat memonitor tekanan terhadap stok ikan dan mengambil tindakan adaptif secara cepat. Teknologi ini juga mendukung kepatuhan terhadap regulasi lingkungan dan standar keberlanjutan internasional.

3. Diversifikasi Ekonomi Pesisir

Diversifikasi ekonomi pesisir menjadi strategi penting untuk meningkatkan ketahanan sosial-ekonomi masyarakat dan mengurangi ketergantungan pada satu sektor, terutama perikanan. Ketergantungan berlebihan pada satu sumber pendapatan membuat komunitas pesisir rentan terhadap fluktuasi stok ikan, perubahan iklim, dan tekanan pasar global. Dengan mengembangkan sektor lain seperti pariwisata bahari, energi terbarukan lepas pantai, dan bioteknologi laut, ekonomi lokal dapat menjadi lebih stabil dan tangguh terhadap guncangan eksternal.

Pariwisata bahari berbasis ekosistem, termasuk ekowisata *mangrove*, pantai, dan terumbu karang, memberikan peluang ekonomi yang signifikan sekaligus mendukung konservasi lingkungan. Pengembangan ekowisata harus memperhatikan daya dukung ekologis, sehingga jumlah pengunjung, jalur wisata, dan aktivitas rekreasi tidak merusak habitat alami. Pengelolaan yang hati-hati memastikan bahwa ekosistem pesisir tetap produktif dan berfungsi sebagai atraksi wisata yang berkelanjutan, menciptakan sinergi antara ekonomi dan konservasi.

Energi terbarukan lepas pantai, seperti turbin angin laut dan pembangkit energi gelombang, menawarkan sumber pendapatan alternatif dan mengurangi tekanan ekonomi terhadap sumber daya alam pesisir. Investasi dalam sektor ini dapat membuka lapangan kerja baru dan mendukung transisi menuju ekonomi rendah karbon. Selain itu, proyek energi bersih yang terintegrasi dengan pengelolaan pesisir juga memberikan manfaat tambahan bagi ekosistem, misalnya dengan menjaga kualitas air dan meminimalkan polusi. Sektor bioteknologi laut juga menyimpan potensi ekonomi jangka panjang, melalui pemanfaatan sumber daya genetik laut untuk pengembangan obat-obatan, kosmetik, dan pangan bernilai tinggi. Diversifikasi ekonomi yang melibatkan inovasi dan teknologi meningkatkan kapasitas adaptif masyarakat pesisir.

4. *Blue Economy* dan Adaptasi Perubahan Iklim

Ekonomi biru (*blue economy*) menekankan pengelolaan sumber daya pesisir dan laut secara berkelanjutan untuk mendukung kesejahteraan manusia sekaligus menjaga fungsi ekosistem. Sektor ekonomi pesisir harus dirancang tidak hanya untuk pertumbuhan ekonomi, tetapi juga untuk meningkatkan ketahanan terhadap risiko perubahan iklim. Perubahan iklim seperti kenaikan muka air laut, badai tropis, dan gelombang ekstrem dapat merusak infrastruktur dan mengancam mata pencaharian masyarakat pesisir.

Salah satu pendekatan yang diadopsi dalam ekonomi biru adaptif adalah restorasi ekosistem pesisir. Mangrove, padang lamun, dan terumbu karang memiliki fungsi ekosistem ganda: mendukung produktivitas perikanan melalui habitat pembesaran ikan dan sekaligus melindungi pantai dari abrasi serta energi gelombang. Solusi berbasis alam (*nature-based solutions*) seperti restorasi *mangrove* dan rehabilitasi terumbu karang lebih hemat biaya dibandingkan infrastruktur keras seperti tanggul beton, sekaligus memberikan manfaat ekologis dan ekonomi yang berkelanjutan.

Integrasi ekonomi biru dengan adaptasi perubahan iklim juga mencakup pengelolaan sektor perikanan dan pariwisata bahari secara berkelanjutan. Pembatasan tangkapan ikan sesuai daya dukung stok, pengembangan akuakultur ramah lingkungan, dan ekowisata berbasis

konservasi memastikan bahwa pemanfaatan sumber daya tidak merusak ekosistem. Hal ini sejalan dengan prinsip ekonomi biru yang menekankan sinergi antara keberlanjutan ekologis dan penciptaan nilai ekonomi jangka panjang bagi masyarakat pesisir.

B. Akuakultur Berkelanjutan

Akuakultur atau budidaya perairan merupakan salah satu sektor dengan pertumbuhan tercepat dalam sistem pangan global. Dalam dua dekade terakhir, kontribusi akuakultur terhadap pasokan ikan konsumsi dunia telah melampaui perikanan tangkap. FAO (2020) melaporkan bahwa lebih dari 50% ikan yang dikonsumsi manusia berasal dari akuakultur, menjadikannya pilar utama ketahanan pangan global dan sumber pendapatan bagi jutaan masyarakat pesisir.

Ekspansi akuakultur yang tidak terkendali berpotensi menimbulkan dampak lingkungan seperti pencemaran perairan, konversi *mangrove*, penggunaan pakan berbasis ikan liar, serta penyebaran penyakit. Konsep akuakultur berkelanjutan menjadi krusial dalam kerangka ekonomi biru dan pengelolaan pesisir terpadu. Akuakultur berkelanjutan menekankan keseimbangan antara produktivitas ekonomi, keberlanjutan ekologis, dan kesejahteraan sosial.

Akuakultur berkelanjutan didefinisikan sebagai praktik budidaya perairan yang memenuhi kebutuhan pangan dan ekonomi saat ini tanpa mengurangi kapasitas lingkungan untuk mendukung generasi mendatang. Sistem produksi pangan berbasis laut harus menjaga keanekaragaman hayati dan fungsi ekosistem. Akuakultur berkelanjutan harus mengintegrasikan pendekatan berbasis ekosistem (*ecosystem-based aquaculture*), di mana kapasitas daya dukung perairan menjadi dasar penentuan skala produksi.

1. Inovasi Teknologi dalam Akuakultur Berkelanjutan

a. Sistem Resirkulasi (RAS)

Recirculating Aquaculture Systems (RAS) merupakan inovasi teknologi yang mendukung praktik akuakultur berkelanjutan dengan mengoptimalkan penggunaan air. Sistem ini memanfaatkan filtrasi mekanis, biologis, dan kimia untuk membersihkan air dari sisa pakan, limbah, dan nutrisi berlebih

sebelum didaur ulang kembali ke kolam. Pendekatan ini tidak hanya mengurangi kebutuhan air baru secara signifikan, tetapi juga menurunkan risiko pencemaran lingkungan akibat aliran limbah ke perairan alami, sehingga menjaga kualitas ekosistem pesisir tetap terjaga. Selain efisiensi air, RAS meningkatkan kontrol terhadap kondisi lingkungan bagi organisme budidaya, seperti suhu, oksigen terlarut, dan kualitas air. Hal ini memungkinkan peningkatan produktivitas dan kesehatan ikan atau udang tanpa menambah tekanan pada stok ikan liar. Dengan mengurangi dampak ekologis dan meningkatkan efisiensi operasional, RAS menjadi solusi strategis dalam mendukung ketahanan pangan, mengurangi jejak ekologis akuakultur, serta memastikan keberlanjutan ekonomi dan lingkungan bagi komunitas pesisir.

b. *Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA)*

Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) adalah inovasi teknologi dalam akuakultur berkelanjutan yang menggabungkan beberapa spesies dengan tingkat trofik berbeda dalam satu sistem budidaya. Misalnya, ikan budidaya menghasilkan limbah organik yang kemudian dimanfaatkan oleh kerang atau moluska sebagai sumber makanan, sementara rumput laut menyerap nutrisi berlebih dari air. Pendekatan ini meniru alur ekosistem alami, sehingga meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya dan mengurangi pencemaran lingkungan akibat akumulasi limbah nutrisi. Selain manfaat ekologis, IMTA juga memberikan keuntungan ekonomi dan sosial. Diversifikasi spesies dalam satu sistem meningkatkan pendapatan petani melalui produk tambahan, seperti kerang atau rumput laut, sekaligus mengurangi risiko kerugian akibat gagal panen pada satu komoditas. Dengan memadukan produktivitas tinggi dan dampak lingkungan yang minimal, IMTA menjadi strategi penting dalam mendukung ketahanan pangan, konservasi ekosistem pesisir, dan pembangunan ekonomi biru yang berkelanjutan.

c. Digitalisasi dan Monitoring

Digitalisasi dan teknologi monitoring menjadi pilar penting dalam akuakultur berkelanjutan. Penggunaan sensor kualitas air memungkinkan pemantauan parameter kritis, seperti suhu, oksigen terlarut, pH, dan amonia, secara *real-time*, sehingga petani dapat segera mengambil tindakan korektif untuk mencegah kematian massal ikan atau penurunan produktivitas. Integrasi *Internet of Things* (IoT) dan sistem otomatisasi juga memungkinkan pengaturan aerasi, pemberian pakan, dan pengelolaan limbah secara efisien, sehingga dampak lingkungan dapat diminimalkan. Selain itu, digitalisasi rantai pasok meningkatkan transparansi dan ketertelusuran produk akuakultur. Informasi mengenai asal-usul ikan, proses budidaya, dan kualitas produk dapat diakses oleh konsumen dan regulator, yang meningkatkan kepercayaan pasar dan mendukung praktik sertifikasi berkelanjutan. Pemantauan berbasis satelit memperluas kemampuan pengawasan hingga skala wilayah, memungkinkan pengelolaan stok ikan dan lokasi tambak secara lebih efektif, sekaligus mendukung strategi ekonomi biru yang ramah lingkungan.

2. Pengelolaan Lingkungan dan Daya Dukung

Keberlanjutan akuakultur sangat terkait dengan kemampuan ekosistem pesisir untuk mendukung aktivitas budidaya. Penilaian daya dukung perairan menjadi langkah penting untuk memastikan bahwa produksi ikan atau kerang tidak melebihi kapasitas ekologis wilayah tersebut. Integritas ekosistem, termasuk *mangrove*, padang lamun, dan terumbu karang, merupakan fondasi bagi kesehatan perairan dan produktivitas perikanan. Konversi lahan pesisir untuk tambak yang tidak terkontrol dapat merusak habitat penting ini, mengurangi fungsi ekologis, dan meningkatkan kerentanan terhadap abrasi serta badai.

Pendekatan zonasi melalui *Marine Spatial Planning* (MSP) membantu menyeimbangkan kebutuhan produksi dengan konservasi ekosistem. MSP memungkinkan penentuan lokasi budidaya yang sesuai dengan kapasitas ekologis dan sensitivitas lingkungan. Dengan cara ini, kegiatan akuakultur dapat dilaksanakan tanpa menimbulkan tekanan berlebihan pada habitat pesisir yang kritis, sekaligus mengurangi risiko

konflik antar-pemanfaat ruang laut, misalnya dengan sektor pariwisata atau konservasi.

Praktik operasional budidaya juga menentukan keberlanjutan. Pengurangan penggunaan antibiotik, pengelolaan pakan secara efisien, dan pengolahan limbah sebelum dibuang ke perairan merupakan indikator penting untuk menjaga kualitas air dan mencegah akumulasi polutan. Praktik ramah lingkungan ini tidak hanya melindungi ekosistem, tetapi juga meningkatkan kualitas produk dan kepercayaan pasar terhadap budidaya berkelanjutan.

3. Peran Rumput Laut dan Karbon Biru

Budidaya rumput laut telah muncul sebagai salah satu subsektor strategis dalam ekonomi biru, karena memiliki manfaat ekologis, ekonomi, dan sosial. Secara ekonomi, rumput laut digunakan sebagai bahan pangan, pakan, bahan baku kosmetik, dan industri farmasi. Pengembangan budidaya rumput laut dapat menciptakan lapangan kerja di wilayah pesisir, mendorong diversifikasi pendapatan masyarakat, dan mengurangi tekanan terhadap perikanan tangkap yang rentan terhadap *overfishing*. Hal ini menjadikan rumput laut sebagai subsektor yang mendukung ketahanan ekonomi dan sosial komunitas pesisir.

Rumput laut memiliki kontribusi signifikan terhadap kualitas perairan. Tumbuhan laut ini mampu menyerap nutrisi berlebih, seperti nitrogen dan fosfor, yang berasal dari aliran daratan atau limbah budidaya intensif. Keberadaan rumput laut membantu menjaga keseimbangan ekosistem pesisir, mencegah eutrofikasi, dan mendukung biodiversitas. Budidaya rumput laut tidak hanya menghasilkan produk ekonomi, tetapi juga berperan dalam menjaga integritas ekologis wilayah pesisir.

Rumput laut juga termasuk dalam kategori karbon biru (*blue carbon*) karena kemampuannya menyerap karbon dari atmosfer dan menyimpannya dalam jaringan biomassa dan sedimen. Pengembangan budidaya rumput laut berpotensi menjadi strategi mitigasi perubahan iklim yang efektif, sekaligus memberikan nilai tambah ekonomi. Integrasi budidaya rumput laut dalam perencanaan pesisir berbasis ekosistem dapat mendukung pencapaian target pengurangan emisi,

terutama di negara kepulauan dan wilayah pesisir tropis yang rentan terhadap perubahan iklim.

4. Aspek Sosial dan Kelembagaan

Keberhasilan akuakultur berkelanjutan tidak hanya bergantung pada aspek teknis dan lingkungan, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh faktor sosial dan kelembagaan. Pemberdayaan masyarakat pesisir melalui akses pembiayaan, pelatihan teknis, dan pendampingan teknis menjadi kunci dalam meningkatkan kapasitas produksi sekaligus menjaga praktik budidaya yang ramah lingkungan. Keterlibatan masyarakat lokal dalam setiap tahap produksi memastikan penerapan standar keberlanjutan dan meningkatkan kepatuhan terhadap regulasi.

Penguatan struktur kelembagaan seperti koperasi dan asosiasi nelayan menjadi instrumen strategis untuk memperkuat posisi tawar masyarakat pesisir. Investasi dalam rantai nilai perikanan, termasuk fasilitas pengolahan, distribusi, dan pemasaran, meningkatkan nilai tambah lokal. Dengan adanya lembaga yang solid, masyarakat dapat mengakses pasar yang lebih luas, mengurangi perantara, dan mendapatkan harga yang lebih adil untuk produk budidayanya. Hal ini secara langsung mendukung ketahanan ekonomi dan kesejahteraan komunitas pesisir.

Standar sertifikasi keberlanjutan juga berperan penting dalam tata kelola akuakultur. Sertifikasi lingkungan dan sosial tidak hanya meningkatkan reputasi produk, tetapi juga mendorong praktik budidaya yang bertanggung jawab dan meminimalkan dampak negatif terhadap ekosistem. Penerapan standar ini mendorong pengawasan internal, transparansi, dan akuntabilitas, sehingga kegiatan akuakultur dapat beroperasi secara berkelanjutan dalam jangka panjang.

C. Perikanan Rakyat dan Nilai Tambah Produk

Perikanan rakyat (*small-scale fisheries*) merupakan tulang punggung ekonomi pesisir di banyak negara berkembang, termasuk Indonesia. Sektor ini tidak hanya menyediakan sumber pangan bergizi tinggi, tetapi juga menjadi sumber mata pencaharian bagi jutaan rumah tangga pesisir. FAO (2020) menyebutkan bahwa perikanan skala kecil menyumbang sekitar 40% dari total tangkapan global dan

mempekerjakan lebih dari 90% tenaga kerja di sektor perikanan tangkap dunia. Dengan karakteristik berbasis komunitas, padat karya, dan terintegrasi dengan sistem sosial lokal, perikanan rakyat memiliki peran strategis dalam mendukung ketahanan pangan dan ekonomi lokal.

Perikanan rakyat menghadapi berbagai tantangan, termasuk keterbatasan akses modal, teknologi, infrastruktur pascapanen, serta kerentanan terhadap perubahan iklim dan fluktuasi pasar. Optimasi pemanfaatan sumber daya pesisir melalui penguatan perikanan rakyat dan peningkatan nilai tambah produk menjadi strategi penting dalam kerangka ekonomi biru berkelanjutan.

Perikanan rakyat didefinisikan sebagai kegiatan penangkapan ikan yang dilakukan oleh nelayan dengan skala usaha kecil, menggunakan kapal dan alat tangkap sederhana, serta berorientasi pada pasar lokal maupun regional. United Nations (2022) membahas bahwa sektor ini berperan penting dalam mendukung pencapaian SDG 2 (Tanpa Kelaparan) dan SDG 14 (Ekosistem Laut). Selain itu, perikanan skala kecil sering kali lebih adaptif terhadap kondisi lokal dan memiliki potensi untuk dikelola secara berkelanjutan melalui pendekatan berbasis komunitas.

1. Perikanan Rakyat dan Ketahanan Pangan

Perikanan rakyat berperan krusial dalam ketahanan pangan, khususnya bagi masyarakat pesisir dan pedesaan yang sangat bergantung pada ikan sebagai sumber protein hewani utama. Lebih dari 3 miliar orang mengandalkan ikan untuk memenuhi kebutuhan gizi sehari-hari, menjadikan sektor ini sebagai pilar penting dalam keamanan pangan global. Di tingkat lokal, perikanan rakyat tidak hanya menyediakan pangan bergizi secara langsung, tetapi juga mendukung stabilitas pasokan makanan di komunitas pesisir, sehingga mengurangi kerentanan terhadap fluktuasi pasar dan harga pangan (FAO, 2020).

Perikanan rakyat juga menjadi sumber pendapatan dan lapangan kerja. Aktivitas menangkap ikan secara tradisional mendukung mata pencaharian keluarga pesisir, memperkuat ekonomi lokal, dan menjaga keterikatan sosial dengan ekosistem setempat. Pendekatan berbasis ekosistem (*ecosystem-based management*) menjadi penting untuk

memastikan keberlanjutan stok ikan, termasuk pengelolaan habitat kritis seperti *mangrove*, padang lamun, dan terumbu karang yang berfungsi sebagai area pemijahan dan pembesaran ikan.

Perubahan iklim menimbulkan tekanan serius terhadap produktivitas perikanan rakyat. Kenaikan suhu laut, pengasaman, dan pergeseran distribusi spesies dapat menurunkan stok ikan dan mengganggu pola tangkapan tradisional. Dampak ini tidak hanya mengancam ketahanan pangan, tetapi juga kesejahteraan ekonomi masyarakat pesisir. Adaptasi berbasis ekosistem, termasuk restorasi habitat pesisir dan pengaturan zona penangkapan, menjadi strategi mitigasi yang efektif.

2. Peningkatan Nilai Tambah Produk Perikanan

Salah satu strategi utama optimasi perikanan rakyat adalah peningkatan nilai tambah melalui pengolahan, diversifikasi produk, dan penguatan rantai nilai.

a. Pengolahan Pascapanen

Peningkatan nilai tambah produk perikanan sangat terkait dengan pengolahan pascapanen yang efisien. FAO (2020) mencatat bahwa kehilangan hasil pascapanen dapat mencapai 20–30% akibat penanganan yang kurang optimal, seperti penyimpanan yang tidak memadai, transportasi yang buruk, atau metode pengawetan tradisional. Kerugian ini tidak hanya berdampak pada pendapatan nelayan, tetapi juga menurunkan ketersediaan pangan dan kualitas gizi bagi konsumen. Investasi dalam infrastruktur dan teknologi modern dapat secara signifikan mengurangi kehilangan pascapanen dan meningkatkan nilai tambah. Sistem rantai dingin (*cold chain*) memungkinkan penyimpanan dan distribusi ikan tetap segar lebih lama, sementara teknologi pengawetan seperti pembekuan cepat atau pengemasan vakum meningkatkan umur simpan dan kualitas produk. Selain itu, inovasi dalam pengemasan dan *branding* produk perikanan dapat menarik nilai ekonomi lebih tinggi, memperluas akses pasar, dan meningkatkan pendapatan masyarakat pesisir.

b. Diversifikasi Produk

Diversifikasi produk perikanan menjadi strategi penting dalam meningkatkan nilai tambah dan daya saing sektor perikanan. Alih-alih menjual ikan segar secara langsung, pengolahan menjadi produk olahan seperti ikan asap, abon ikan, nugget, maupun produk berbasis rumput laut memungkinkan penciptaan nilai ekonomi yang lebih tinggi. Produk olahan ini memiliki umur simpan lebih panjang, memudahkan distribusi, dan menarik pasar yang lebih luas, termasuk konsumen di perkotaan dan ekspor internasional. Pendekatan ini juga membantu nelayan dan pelaku UMKM pesisir mengurangi kerugian akibat fluktuasi harga dan pasokan ikan musiman. Inovasi dan diversifikasi produk mendukung pengembangan UMKM pesisir, memperkuat ketahanan ekonomi lokal, dan meningkatkan keterlibatan masyarakat dalam rantai nilai perikanan. Selain itu, produk olahan yang kreatif dan berkualitas dapat meningkatkan citra ekonomi biru dan memperluas akses pasar global.

c. Sertifikasi dan Standar Mutu

Sertifikasi keberlanjutan dan standar mutu menjadi alat strategis untuk meningkatkan nilai tambah produk perikanan. Produk yang tersertifikasi, seperti MSC (*Marine Stewardship Council*) atau standar halal dan keamanan pangan, memberikan jaminan kepada konsumen bahwa ikan dan olahannya dihasilkan secara bertanggung jawab, aman, dan ramah lingkungan. Kepatuhan terhadap standar ini tidak hanya meningkatkan daya saing di pasar domestik, tetapi juga membuka peluang ekspor ke pasar internasional yang menuntut produk berkualitas tinggi. Selain itu, sertifikasi memperkuat posisi tawar nelayan kecil dan pelaku UMKM dalam rantai nilai global. Dengan bukti kepatuhan terhadap standar keberlanjutan, produsen lokal dapat menegosiasikan harga premium dan akses ke pasar yang lebih luas. Skema ini juga mendorong praktik perikanan berkelanjutan, pengelolaan stok ikan yang bertanggung jawab, serta transparansi dalam rantai pasok, sehingga memberikan manfaat ekonomi sekaligus konservasi sumber daya laut jangka panjang.

3. Penguatan Rantai Nilai dan Kelembagaan

Penguatan rantai nilai perikanan menjadi strategi penting untuk meningkatkan kesejahteraan nelayan dan keberlanjutan sektor. Kelembagaan yang kuat, seperti koperasi nelayan dan kelompok usaha bersama, memungkinkan pengelolaan sumber daya secara kolektif serta meningkatkan posisi tawar produsen kecil dalam negosiasi harga. Tata kelola partisipatif dan hak akses yang adil terhadap sumber daya laut merupakan fondasi bagi pembangunan ekonomi pesisir yang inklusif. Dengan adanya kelembagaan yang terstruktur, nelayan dapat memperoleh pelatihan, dukungan teknis, dan akses pembiayaan yang memadai untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas produk perikanan.

Investasi pada infrastruktur perikanan juga menjadi aspek kunci dalam penguatan rantai nilai. Pembangunan pelabuhan perikanan modern, fasilitas pengolahan, dan pasar ikan yang terintegrasi meningkatkan efisiensi distribusi serta mengurangi kehilangan pascapanen. Infrastruktur yang memadai mempermudah akses nelayan ke pasar dan menurunkan biaya logistik, sehingga pendapatan dapat meningkat secara signifikan. Selain itu, fasilitas ini mendukung standar mutu dan keamanan pangan yang lebih tinggi, sehingga produk lokal dapat bersaing di pasar domestik maupun internasional.

Digitalisasi dan teknologi informasi turut memperkuat rantai nilai perikanan. Platform daring memungkinkan nelayan dan pelaku usaha menjangkau pasar yang lebih luas, mengurangi peran perantara, dan meningkatkan transparansi harga. Digitalisasi rantai pasok juga mempermudah *traceability* produk, memastikan kepatuhan terhadap standar mutu dan keberlanjutan, serta meningkatkan kepercayaan konsumen. Pendekatan ini membantu integrasi pasar lokal, regional, dan global, sekaligus mendorong praktik perikanan berkelanjutan.

BAB VIII

TEKNOLOGI DAN INOVASI DALAM MONITORING DAN PENGELOLAAN PESISIR

Pemantauan dan pengelolaan wilayah pesisir semakin menekankan peran teknologi dan inovasi sebagai sarana mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti. Wilayah pesisir yang kompleks dan rentan terhadap tekanan antropogenik maupun perubahan iklim memerlukan data yang akurat, *real-time*, dan berkesinambungan. Teknologi sensor, sistem pemantauan otomatis, serta perangkat *drone* dan satelit telah menjadi alat penting dalam memantau kualitas air, stok perikanan, kondisi ekosistem, serta dinamika fisik pesisir. Integrasi teknologi ini memungkinkan pengelolaan yang lebih responsif, efisien, dan adaptif, sehingga optimasi pemanfaatan sumber daya pesisir dapat dilakukan tanpa merusak fungsi ekologis.

Inovasi digital seperti *digital twin* dan *big data* membuka peluang baru dalam analisis dan simulasi sistem pesisir. *Digital twin* memungkinkan pemodelan ekosistem secara virtual, sehingga dampak intervensi atau perubahan kondisi lingkungan dapat diprediksi sebelum diimplementasikan. Analitik *big data* memungkinkan pengolahan informasi besar dari berbagai sumber, termasuk penginderaan jauh, laporan komunitas, dan data perikanan, sehingga manajemen sumber daya dapat bersifat lebih prediktif dan berbasis bukti. Pendekatan ini memperkuat kapasitas perencanaan, mitigasi risiko bencana, dan pengelolaan stok sumber daya laut secara berkelanjutan.

A. Sensor, Drones, dan Sistem Pemantauan Real-Time

Pengelolaan wilayah pesisir menghadapi tantangan kompleks yang bersifat dinamis, seperti abrasi, intrusi air laut, pencemaran, perubahan garis pantai, degradasi habitat, serta dampak perubahan iklim. Untuk menjawab tantangan tersebut, pendekatan konvensional berbasis survei periodik tidak lagi memadai. Diperlukan sistem pemantauan yang akurat, cepat, dan berbasis data waktu nyata (*real-time monitoring*).

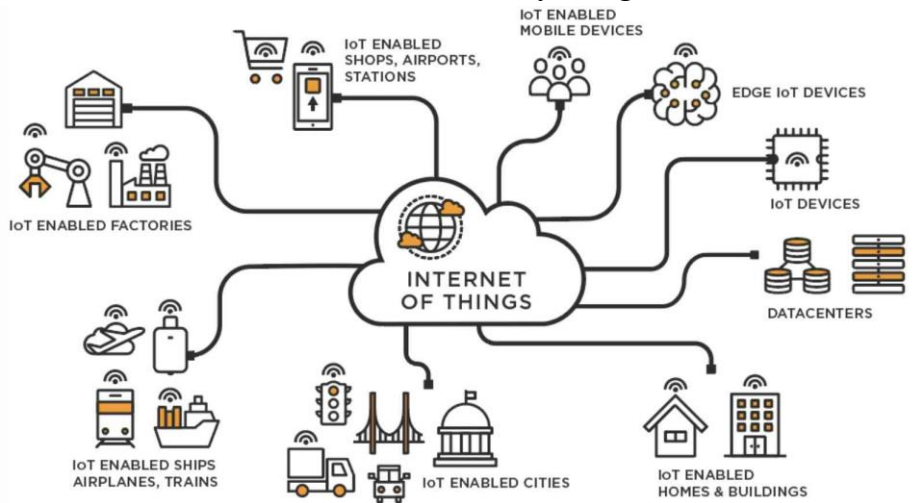
Dalam konteks ini, perkembangan teknologi sensor, *unmanned aerial vehicles* (UAV/drones), serta sistem informasi digital berperan strategis dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti (*evidence-based policy*) (Harper *et al.*, 2026).

Transformasi digital dalam tata kelola laut merupakan prasyarat untuk mencapai pengelolaan pesisir yang adaptif dan berkelanjutan. Integrasi sensor, *drone*, dan sistem pemantauan *real-time* memungkinkan deteksi dini risiko lingkungan, peningkatan efisiensi pengawasan, serta optimalisasi pemanfaatan sumber daya pesisir.

1. Sistem Sensor dalam Monitoring Pesisir

Pemantauan perairan pesisir menjadi elemen krusial dalam pengelolaan ekosistem laut dan akuakultur berkelanjutan. Sensor kualitas air berperan utama dengan mengukur parameter fisik, kimia, dan biologis seperti suhu, salinitas, pH, oksigen terlarut, kekeruhan, serta konsentrasi nutrisi. Data kualitas air yang akurat dan kontinu membantu nelayan, pengelola tambak, dan pembuat kebijakan untuk menilai daya dukung perairan dan mengendalikan pencemaran. Sistem pemantauan in situ modern memungkinkan pengumpulan data secara otomatis, mengurangi ketergantungan pada survei manual, dan memberikan informasi *real-time* yang esensial bagi pengambilan keputusan cepat.

Gambar 1. *Internet of Things*



Sumber: *Dicoding*

Integrasi sensor berbasis *Internet of Things* (IoT) meningkatkan efisiensi dan akurasi pengawasan. Penggunaan jaringan sensor yang

terhubung memungkinkan pemantauan luas wilayah pesisir secara simultan, mendeteksi perubahan lingkungan secara dini, dan meminimalkan risiko kerugian akibat degradasi ekosistem. Dengan adanya sistem ini, pengelolaan perairan dapat dilakukan secara adaptif, menyesuaikan kebijakan dan praktik budidaya dengan kondisi ekologis yang selalu berubah.

Sensor oseanografi dan iklim menjadi komponen penting dalam menghadapi perubahan iklim. Pemantauan suhu permukaan laut, tinggi gelombang, dan kenaikan muka air laut memberikan informasi kritis terkait risiko badai, banjir rob, dan abrasi pantai. Sensor pasang surut dan buoy oseanografi yang terhubung ke satelit memungkinkan pengumpulan data secara global dan lokal. Informasi ini membantu pemerintah dan komunitas pesisir merancang strategi adaptasi yang tepat, seperti restorasi *mangrove* atau perencanaan zonasi berbasis risiko.

2. Peran Drones dalam Pengelolaan Pesisir

Penggunaan *Unmanned Aerial Vehicles* (UAV) atau *drone* telah merevolusi pemetaan dan pengelolaan wilayah pesisir. *Drone* mampu menghasilkan citra dengan resolusi tinggi dan akurasi spasial yang lebih baik dibandingkan metode survei konvensional. Pemantauan garis pantai menggunakan *drone* memungkinkan identifikasi perubahan geomorfologi, abrasi, dan akresi pantai secara cepat dan efisien. Dengan kemampuan pengambilan citra secara berkala, *drone* membantu pembuat kebijakan dan perencana pesisir dalam merancang strategi adaptasi berbasis ekosistem serta menilai efektivitas tindakan mitigasi terhadap bencana pesisir seperti banjir rob dan gelombang ekstrem.

Drone juga digunakan untuk monitoring kondisi ekosistem pesisir. Kamera multispektral dan termal yang dipasang pada UAV dapat mendeteksi kesehatan vegetasi *mangrove*, padang lamun, dan terumbu karang. Data spasial hasil *drone* sangat membantu dalam konservasi keanekaragaman hayati pesisir karena memungkinkan pemetaan habitat kritis dan perubahan ekologis dengan presisi tinggi. Hal ini penting untuk mendukung keputusan berbasis bukti dalam pengelolaan ruang laut yang berkelanjutan.

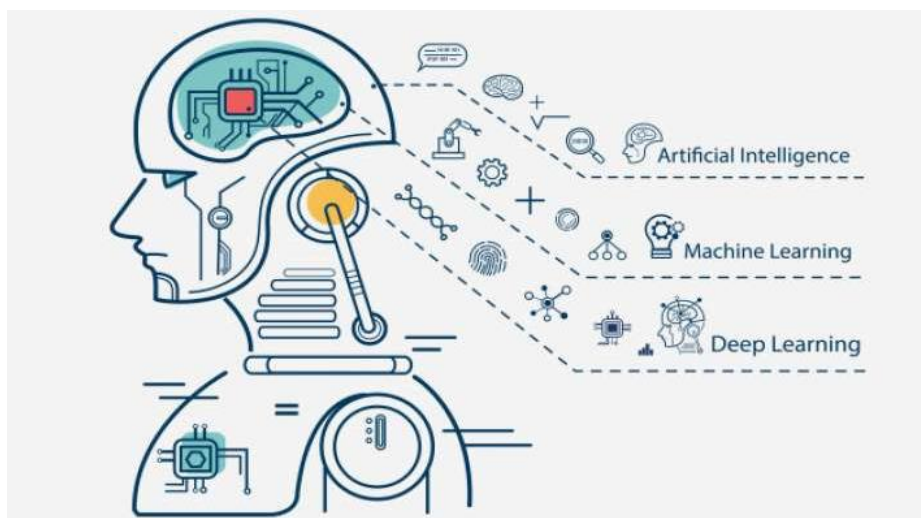
Teknologi *drone* juga berperan dalam pengawasan aktivitas manusia di wilayah pesisir. UAV mampu mendeteksi praktik ilegal

seperti penangkapan ikan destruktif, penambangan pasir, atau konversi lahan *mangrove* tanpa izin. Informasi ini memperkuat mekanisme penegakan hukum dan memungkinkan tindakan cepat dari pihak berwenang, sehingga risiko degradasi ekosistem pesisir dapat diminimalkan. Kecepatan dan fleksibilitas *drone* menjadikannya alat yang sangat efektif untuk pengawasan wilayah luas yang sulit dijangkau secara manual.

3. Sistem Pemantauan *Real-Time* dan *Big Data*

Perkembangan teknologi digital telah membuka peluang baru dalam pengelolaan wilayah pesisir melalui sistem pemantauan *real-time* yang terintegrasi. Data dari sensor kualitas air, *drone*, dan satelit kini dapat dikonsolidasikan dalam platform berbasis *cloud*, memungkinkan pemantauan ekosistem pesisir secara terus-menerus. Integrasi ini merupakan langkah penting menuju transformasi digital dalam ekonomi laut, di mana informasi yang cepat dan akurat mendukung pengambilan keputusan yang tepat. Sistem *real-time* ini memungkinkan deteksi dini terhadap tekanan ekologis, termasuk polusi, sedimentasi, dan degradasi habitat pesisir.

Gambar 2. Kecerdasan Buatan



Sumber: *Codepolitan*

Analisis data besar (*big data*) yang dikombinasikan dengan kecerdasan buatan (AI) memungkinkan prediksi risiko yang lebih presisi. AI dapat mendeteksi pola pencemaran, memproyeksikan dampak

kenaikan muka air laut, dan mengidentifikasi area rawan erosi atau banjir pesisir. Kemampuan prediktif ini sangat penting untuk perencanaan adaptasi berbasis risiko, termasuk penentuan lokasi budidaya perikanan yang optimal dan aman. Keputusan pengelolaan tidak lagi bersifat reaktif, tetapi berbasis bukti dan proaktif.

Sistem pemantauan digital juga meningkatkan transparansi tata kelola laut. Data yang tersedia secara *real-time* dapat diakses oleh berbagai pemangku kepentingan, mulai dari pemerintah, sektor swasta, hingga masyarakat lokal. Hal ini mendorong partisipasi dalam pengawasan sumber daya pesisir dan memperkuat mekanisme akuntabilitas. Keterbukaan informasi menjadi faktor kunci dalam mengurangi konflik pemanfaatan ruang laut dan memastikan kebijakan berbasis ekosistem berjalan efektif.

B. Digital Twin dan Big Data

Transformasi digital dalam tata kelola pesisir berkembang pesat seiring kemajuan komputasi awan (*cloud computing*), kecerdasan buatan (AI), *big data analytics*, dan integrasi sistem sensor global. Di tengah dinamika perubahan iklim, degradasi ekosistem, serta kompleksitas aktivitas ekonomi pesisir, pendekatan konvensional berbasis data statis tidak lagi memadai. Diperlukan sistem prediktif dan adaptif yang mampu memodelkan kondisi nyata secara dinamis. Dalam konteks ini, konsep *digital twin* dan pemanfaatan *big data* menjadi inovasi strategis dalam monitoring dan pengelolaan pesisir (Hoffmann *et al.*, 2023).

Gambar 3. *Big Data*



Sumber: *Corporate Training*

Tata kelola laut abad ke-21 memerlukan integrasi data oseanografi, sosial-ekonomi, dan spasial secara *real-time* untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti. *Digital twin* memungkinkan representasi virtual dari sistem pesisir yang terus diperbarui oleh aliran data aktual, sementara *big data* menyediakan fondasi analitik untuk memahami pola dan risiko lingkungan secara komprehensif.

Big data merujuk pada kumpulan data berukuran besar, beragam, dan dihasilkan dengan kecepatan tinggi yang memerlukan teknologi khusus untuk penyimpanan dan analisis. Dalam konteks pesisir, sumber *big data* meliputi:

1. Data satelit dan penginderaan jauh
2. Sensor kualitas air dan oseanografi
3. Sistem pemantauan kapal (AIS/VMS)
4. Data cuaca dan iklim
5. Data sosial-ekonomi dan aktivitas perikanan

Ekonomi laut digital (*digital ocean economy*) sangat bergantung pada integrasi dan analisis data besar untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan. Analisis *big data* dalam sektor perikanan meningkatkan akurasi estimasi stok ikan dan mendukung pengendalian penangkapan ikan ilegal (*IUU fishing*).

Digital twin adalah representasi virtual dari sistem fisik yang diperbarui secara kontinu melalui data *real-time*. Awalnya berkembang dalam sektor industri dan manufaktur, konsep ini kini diterapkan dalam

tata kelola lingkungan dan kelautan. *European Commission* (2022) melalui inisiatif *Destination Earth* mengembangkan Digital Twin Ocean sebagai model digital untuk mensimulasikan kondisi laut secara global. Model ini mengintegrasikan data satelit, sensor, dan model numerik untuk memprediksi perubahan lingkungan laut. Model prediktif berbasis data sangat penting untuk mendukung adaptasi perubahan iklim di wilayah pesisir, termasuk proyeksi kenaikan muka air laut dan risiko banjir.

1. Pemodelan Dinamika Pantai

Pemanfaatan *big data* dalam pengelolaan pesisir telah berkembang pesat dengan integrasi teknologi *digital twin*, yang memungkinkan pemodelan dinamis sistem pesisir secara *real-time*. *Digital twin* adalah representasi virtual dari ekosistem pesisir yang mencerminkan kondisi fisik, ekologis, dan sosialnya. Dengan menggabungkan data historis, seperti perubahan garis pantai dan pola sedimentasi, dengan data sensor dan satelit terkini, model ini dapat memprediksi perubahan ekosistem secara akurat. Pemodelan ini memungkinkan pengambilan keputusan berbasis bukti untuk perencanaan tata ruang laut yang lebih efektif dan mitigasi risiko bencana yang lebih cepat.

Salah satu aplikasi utama *digital twin* adalah simulasi perubahan garis pantai akibat abrasi atau akresi. Data *real-time* mengenai pasang surut, arus, dan kenaikan muka air laut diintegrasikan untuk memproyeksikan laju erosi atau sedimentasi di berbagai zona pesisir. Dengan pendekatan ini, pemerintah dan pengelola wilayah pesisir dapat menentukan lokasi yang aman untuk pembangunan infrastruktur, penempatan fasilitas perikanan, atau zona konservasi. Hal ini mengurangi risiko kerugian ekonomi dan bencana ekologis akibat pembangunan di area rawan.

Digital twin memungkinkan skenario “*what-if*” untuk menguji dampak intervensi manusia atau perubahan iklim terhadap sistem pesisir. Misalnya, penanaman *mangrove*, pembangunan tanggul, atau relokasi permukiman dapat disimulasikan untuk menilai efektivitasnya dalam menahan abrasi dan melindungi ekosistem. Pendekatan berbasis simulasi ini meningkatkan efisiensi perencanaan dan membantu harmonisasi

kebijakan antar sektor yang saling terkait, termasuk perikanan, pariwisata, dan energi lepas pantai.

2. Prediksi Banjir Rob dan Kenaikan Muka Laut

Integrasi *big data* dan *digital twin* memberikan kemampuan unik untuk memprediksi risiko banjir rob dan kenaikan muka laut secara lebih akurat dan berbasis bukti. *Digital twin* menciptakan representasi virtual dari wilayah pesisir, menggabungkan data historis, *real-time*, dan proyeksi iklim untuk mensimulasikan dinamika laut dan interaksi dengan infrastruktur pesisir. Proyeksi kenaikan muka laut menjadi krusial dalam perencanaan adaptasi, karena perubahan permukaan laut yang bertahap dapat memengaruhi permukiman, pelabuhan, lahan pertanian pesisir, dan ekosistem penting seperti *mangrove* dan terumbu karang. Dengan *digital twin*, skenario ini dapat diuji dalam model virtual sebelum diterapkan dalam keputusan nyata, sehingga memungkinkan mitigasi risiko yang lebih tepat.

Prediksi banjir rob menggunakan *digital twin* memanfaatkan data pasang surut, curah hujan, dan kondisi topografi pesisir. Big data dari sensor, buoy, dan citra satelit diintegrasikan untuk memetakan zona rawan banjir dan mengidentifikasi titik kritis yang membutuhkan intervensi. Simulasi ini juga dapat mengevaluasi dampak pembangunan infrastruktur, seperti pelabuhan atau tanggul, terhadap pola aliran air dan distribusi banjir. Hal ini memungkinkan pemerintah dan pengelola wilayah pesisir membuat strategi mitigasi yang efektif, termasuk penentuan zona aman untuk pembangunan, restorasi ekosistem, atau relokasi permukiman yang rentan.

Digital twin mendukung analisis skenario jangka panjang terkait kenaikan muka laut akibat perubahan iklim. Model dapat menilai kombinasi faktor, termasuk erosi pantai, sedimentasi, dan perubahan arus laut, untuk memperkirakan risiko kumulatif bagi wilayah pesisir. Pendekatan berbasis simulasi ini membantu mencegah maladaptasi, yaitu kebijakan yang justru meningkatkan risiko jangka panjang. Dengan skenario prediktif, pembuat kebijakan dapat merancang strategi adaptasi berbasis ekosistem, seperti restorasi *mangrove* atau pembangunan tanggul hijau, secara lebih terintegrasi dan berkelanjutan.

3. Optimasi Akuakultur dan Perikanan

Integrasi *big data* dan *digital twin* dalam sistem pesisir memberikan peluang besar untuk mengoptimalkan akuakultur dan perikanan. Dengan memanfaatkan data *real-time* mengenai suhu air, salinitas, arus laut, kualitas nutrien, dan oksigen terlarut, model *digital twin* dapat memetakan kondisi lingkungan yang paling sesuai untuk budidaya berbagai spesies laut. Lokasi yang tepat secara ekologis dapat meningkatkan pertumbuhan ikan atau moluska, mengurangi mortalitas, serta memaksimalkan produktivitas perikanan. Pendekatan ini juga memungkinkan pengelola untuk mempertimbangkan dinamika musiman dan variasi iklim dalam perencanaan produksi, sehingga keputusan lebih berbasis sains dan berkelanjutan.

Digital twin memungkinkan prediksi risiko penyakit dan gangguan lingkungan. Dengan menggabungkan data historis dan *real-time*, sistem ini dapat mengidentifikasi pola kondisi yang memicu munculnya penyakit atau bloom alga beracun. Misalnya, perubahan suhu mendadak atau akumulasi nutrien berlebih dapat memicu wabah penyakit pada ikan atau kerang. Model digital memungkinkan simulasi intervensi mitigasi, seperti penyesuaian kepadatan stok, pemberian pakan, atau perubahan waktu panen, sehingga risiko ekonomi dan kerusakan ekosistem dapat diminimalkan.

Digital twin juga mendukung pengelolaan rantai pasok akuakultur yang lebih efisien. Data yang terintegrasi dari lokasi budidaya hingga pasar memungkinkan perencanaan panen dan distribusi yang optimal, mengurangi kehilangan pascapanen dan memastikan kualitas produk tetap tinggi. Penggunaan teknologi digital dalam perikanan dan akuakultur meningkatkan transparansi, ketertelusuran, dan akuntabilitas, sehingga memperkuat posisi nelayan dan pembudidaya dalam rantai nilai global. Sistem ini memungkinkan pengambilan keputusan yang cepat dan berbasis bukti untuk menyesuaikan produksi dengan permintaan pasar dan kondisi lingkungan.

C. Teknologi Ramah Lingkungan

Wilayah pesisir merupakan kawasan dengan tekanan ekologis yang tinggi akibat aktivitas industri, perikanan, pariwisata, urbanisasi, dan perubahan iklim. Untuk memastikan keberlanjutan fungsi ekosistem

pesisir, diperlukan inovasi teknologi yang tidak hanya efisien secara ekonomi tetapi juga ramah lingkungan. Teknologi ramah lingkungan (*environmentally friendly technologies*) dalam konteks pesisir mencakup solusi berbasis alam, infrastruktur hijau, energi terbarukan, sistem produksi rendah emisi, serta pendekatan sirkular dalam pemanfaatan sumber daya (Dickson, 2021).

Transformasi menuju sistem rendah karbon dan adaptif terhadap perubahan iklim memerlukan integrasi teknologi hijau dalam pengelolaan wilayah pesisir. Ekonomi biru berkelanjutan hanya dapat dicapai melalui inovasi yang menjaga daya dukung ekosistem laut dan pesisir. Teknologi ramah lingkungan merujuk pada penerapan metode, sistem, atau perangkat yang meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan serta mendukung konservasi sumber daya alam.

1. Infrastruktur Hijau dan Solusi Berbasis Alam

Infrastruktur hijau dan solusi berbasis alam menjadi pendekatan strategis dalam pengelolaan pesisir yang adaptif terhadap perubahan iklim. Restorasi *mangrove* merupakan salah satu instrumen kunci, karena fungsi ekologisnya yang multifaset. Mangrove tidak hanya berperan sebagai penahan gelombang dan pengurang abrasi pantai, tetapi juga menyimpan karbon biru dalam biomassa dan sedimen, sehingga berkontribusi pada mitigasi perubahan iklim. Selain itu, ekosistem *mangrove* mendukung produktivitas perikanan dengan menyediakan habitat pembesaran bagi berbagai spesies ikan dan udang, serta meningkatkan keanekaragaman hayati pesisir. Pendekatan ini terbukti lebih hemat biaya dibandingkan pembangunan tanggul beton atau infrastruktur keras lainnya, sekaligus memberikan manfaat jangka panjang bagi masyarakat pesisir.

Restorasi *mangrove* juga memperkuat kapasitas adaptif masyarakat terhadap risiko iklim. Dengan menanam dan merehabilitasi hutan *mangrove* di sepanjang garis pantai, daerah pesisir menjadi lebih tahan terhadap badai, gelombang tinggi, dan kenaikan muka laut. Selain manfaat fisik, restorasi *mangrove* meningkatkan keberlanjutan ekonomi lokal, karena menyediakan sumber daya perikanan dan peluang ekowisata. Pendekatan berbasis ekosistem ini memungkinkan integrasi antara perlindungan lingkungan, peningkatan ketahanan pangan, dan pembangunan ekonomi yang inklusif.

Terumbu buatan ramah lingkungan menjadi solusi inovatif untuk rehabilitasi ekosistem laut. Struktur terumbu buatan, seperti blok beton berpori atau bahan biodegradable, berfungsi sebagai habitat bagi ikan, krustasea, dan organisme bentik lainnya. Terumbu buatan meningkatkan produktivitas perikanan lokal dengan menyediakan tempat berlindung, pemijahan, dan sumber pakan alami bagi ikan komersial. Penerapan terumbu buatan juga dapat mengurangi tekanan pada terumbu karang alami yang rentan terhadap pemanasan laut dan aktivitas manusia.

2. Energi Terbarukan di Wilayah Pesisir

Pemanfaatan energi terbarukan di wilayah pesisir menjadi salah satu strategi utama dalam transisi menuju ekonomi biru yang rendah karbon. Sumber energi seperti angin lepas pantai (*offshore wind*), energi gelombang, dan energi pasang surut memiliki potensi besar untuk menghasilkan listrik bersih sekaligus mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil. Penerapan teknologi energi terbarukan ini mendukung ketahanan energi lokal, terutama di daerah pesisir yang sering menghadapi tantangan pasokan listrik dan volatilitas harga energi.

Pengembangan energi terbarukan di laut juga memberikan manfaat ekonomi. Proyek-proyek energi angin dan pasang surut membuka peluang lapangan kerja baru, mulai dari konstruksi, operasi, hingga pemeliharaan infrastruktur energi laut. Pengembangan energi laut terbarukan menjadi prioritas dalam strategi ekonomi biru karena selain mengurangi emisi karbon, sektor ini juga mampu mendorong pertumbuhan ekonomi lokal dan inovasi teknologi. Diversifikasi ekonomi pesisir melalui energi terbarukan memberikan stabilitas pendapatan bagi masyarakat pesisir.

Dari sisi lingkungan, energi terbarukan membantu mengurangi dampak perubahan iklim yang semakin dirasakan oleh wilayah pesisir. Dekarbonisasi sektor energi merupakan langkah krusial untuk menurunkan pemanasan global, sehingga mengurangi risiko kenaikan muka air laut, abrasi pantai, dan kerusakan ekosistem pesisir. Dengan menurunkan emisi gas rumah kaca secara signifikan, pembangunan energi bersih menjadi bagian integral dari strategi adaptasi dan mitigasi perubahan iklim di wilayah pesisir.

3. Teknologi Pengolahan Limbah dan Ekonomi Sirkular

Pencemaran laut akibat limbah plastik, limbah domestik, dan limbah industri menjadi ancaman serius bagi ekosistem pesisir, mengganggu habitat biota laut, serta berdampak pada kesehatan masyarakat pesisir. Pengelolaan limbah yang efektif harus mengadopsi pendekatan ekonomi sirkular, di mana sampah tidak lagi menjadi residu, tetapi dimanfaatkan kembali sebagai sumber daya. Dengan mengurangi volume limbah yang dibuang ke laut, pendekatan ini mendukung konservasi ekosistem pesisir sekaligus meningkatkan kualitas hidup masyarakat yang bergantung pada laut.

Teknologi pengolahan limbah terpadu menjadi instrumen kunci dalam penerapan ekonomi sirkular di wilayah pesisir. Sistem *waste-to-energy*, misalnya, mengubah limbah organik menjadi energi listrik atau panas, sehingga mengurangi beban tempat pembuangan akhir sekaligus menyediakan energi terbarukan. Selain itu, teknologi daur ulang plastik modern memungkinkan transformasi sampah plastik menjadi bahan baku industri atau produk bernilai ekonomi tinggi. Kombinasi teknologi dan regulasi yang tepat mampu menekan aliran sampah ke laut secara signifikan.

Pendekatan produksi dan konsumsi berkelanjutan juga merupakan bagian integral dari strategi ekonomi sirkular untuk pengelolaan limbah pesisir. Desain produk yang ramah lingkungan, pengurangan penggunaan plastik sekali pakai, dan peningkatan kesadaran masyarakat menjadi faktor pendukung keberhasilan program. Implementasi sistem pengolahan limbah berbasis sirkular tidak hanya menurunkan dampak ekologis, tetapi juga mendorong inovasi industri, menciptakan lapangan kerja baru, dan meningkatkan ekonomi lokal.

4. Akuakultur dan Perikanan Rendah Emisi

Inovasi dalam akuakultur berfokus pada pengurangan dampak lingkungan sambil tetap meningkatkan produktivitas. Penggunaan pakan alternatif berbasis nabati atau serangga menggantikan sebagian bahan baku pakan dari ikan liar, sehingga menekan tekanan terhadap stok ikan di alam. Pendekatan ini tidak hanya mengurangi eksploitasi sumber daya laut, tetapi juga menurunkan emisi gas rumah kaca yang terkait dengan rantai pasok pakan tradisional, sehingga mendukung praktik budidaya yang lebih berkelanjutan.

Sistem resirkulasi air (*Recirculating Aquaculture Systems/RAS*) juga menjadi teknologi kunci dalam akuakultur rendah emisi. Sistem ini memungkinkan penggunaan air yang efisien melalui filtrasi dan daur ulang, sehingga mengurangi limbah cair yang masuk ke lingkungan pesisir. Selain itu, RAS membantu mengendalikan kualitas air dan kesehatan ikan secara lebih efektif, sehingga menekan risiko penyakit dan penggunaan antibiotik. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip produksi bersih dan pengelolaan ekosistem berbasis keberlanjutan.

Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) menawarkan inovasi lain yang menggabungkan beberapa spesies dalam satu sistem budidaya, seperti ikan, kerang, dan rumput laut. Limbah nutrisi dari satu spesies dimanfaatkan sebagai nutrisi bagi spesies lainnya, meningkatkan efisiensi ekosistem dan mengurangi pencemaran. Praktik perikanan dan akuakultur rendah emisi seperti ini berkontribusi pada ketahanan pangan jangka panjang sekaligus mendukung mitigasi perubahan iklim, karena mengurangi emisi karbon dan memperkuat fungsi ekosistem pesisir. Pendekatan ini menunjukkan bahwa inovasi teknologi dapat menggabungkan produktivitas, keberlanjutan lingkungan, dan kontribusi terhadap ekonomi biru rendah karbon.

5. Bangunan dan Infrastruktur Adaptif Iklim

Wilayah pesisir menghadapi risiko tinggi dari banjir rob, badai tropis, dan kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim. Pengembangan infrastruktur yang adaptif menjadi kunci untuk melindungi masyarakat, ekonomi, dan ekosistem pesisir. Infrastruktur adaptif tidak hanya mengandalkan konstruksi beton konvensional, tetapi memadukan prinsip keberlanjutan dan ketahanan jangka panjang. Pendekatan *green infrastructure* seperti taman resapan dan tanggul vegetatif mampu menyerap energi gelombang, menahan erosi, dan menampung limpasan air hujan, sehingga mengurangi risiko banjir secara alami.

Sistem drainase berkelanjutan (*sustainable urban drainage systems*) menjadi komponen penting dalam desain perkotaan pesisir. Sistem ini memanfaatkan ruang terbuka, vegetasi, dan saluran infiltrasi untuk mengelola air hujan secara efektif, mengurangi tekanan pada jaringan drainase konvensional. Pendekatan ini tidak hanya menurunkan

risiko banjir, tetapi juga meningkatkan kualitas air, mendukung biodiversitas, dan memperkuat fungsi ekosistem pesisir.

Kombinasi infrastruktur keras dan solusi berbasis alam menghasilkan perlindungan pesisir yang lebih optimal. Tanggul beton atau pemecah gelombang yang digabungkan dengan *mangrove*, padang lamun, atau sabuk vegetatif mampu mengurangi kerusakan akibat badai dan abrasi. Pendekatan hybrid ini memadukan ketahanan struktural dengan manfaat ekologis, sehingga mendukung strategi adaptasi perubahan iklim yang berkelanjutan.

6. Teknologi Pemantauan Emisi dan Kualitas Lingkungan

Pemantauan kualitas lingkungan di kawasan pesisir industri menjadi sangat penting mengingat tingginya risiko pencemaran air, udara, dan tanah. Teknologi sensor rendah energi kini memungkinkan pengukuran parameter lingkungan secara *real-time* dan kontinu tanpa membebani infrastruktur. Sensor ini dapat memantau kualitas air, termasuk suhu, pH, oksigen terlarut, dan konsentrasi nutrien, serta parameter udara seperti partikel tersuspensi dan gas rumah kaca. Dengan data yang akurat dan terkini, pemerintah dan industri dapat mengidentifikasi sumber polusi dan mengambil tindakan mitigasi secara tepat waktu, sehingga risiko terhadap ekosistem pesisir dan kesehatan masyarakat dapat diminimalkan.

Integrasi sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) semakin meningkatkan efektivitas pemantauan. IoT memungkinkan sensor di berbagai lokasi untuk terkoneksi dalam jaringan tunggal, sehingga data lingkungan dapat dikumpulkan, dianalisis, dan diakses secara *real-time* melalui platform digital. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi pengawasan, tetapi juga memperkuat transparansi, sehingga masyarakat dan regulator dapat memantau kepatuhan industri terhadap standar lingkungan. Selain itu, pemanfaatan analitik *big data* dan kecerdasan buatan memungkinkan prediksi tren pencemaran dan identifikasi potensi risiko sebelum terjadi dampak serius, mendukung perencanaan mitigasi yang proaktif.

Digitalisasi pemantauan juga memungkinkan evaluasi dampak lingkungan secara berkelanjutan. Dengan memadukan sensor, IoT, dan sistem analisis data, setiap intervensi, seperti pengolahan limbah, perbaikan infrastruktur, atau perubahan praktik industri, dapat dievaluasi

secara kuantitatif. Hal ini memungkinkan penyesuaian kebijakan dan strategi pengelolaan secara adaptif, sehingga pengelolaan lingkungan pesisir menjadi lebih responsif terhadap perubahan kondisi. Dengan demikian, teknologi pemantauan modern menjadi instrumen krusial dalam mendukung pengendalian pencemaran, menjaga keberlanjutan ekosistem, dan meningkatkan akuntabilitas industri pesisir.



BAB IX

ADAPTASI PERUBAHAN IKLIM DAN KETANGGUHAN KOMUNITAS PESISIR

Wilayah pesisir merupakan salah satu area yang paling rentan terhadap dampak perubahan iklim, termasuk kenaikan muka air laut, abrasi pantai, badai tropis, intrusi air asin, dan perubahan distribusi sumber daya perikanan. Tekanan ini tidak hanya berdampak pada ekosistem, tetapi juga pada kesejahteraan masyarakat pesisir yang bergantung pada sumber daya laut untuk mata pencahariannya. Adaptasi terhadap perubahan iklim menjadi agenda penting untuk menjaga ketahanan ekologis dan sosial-ekonomi wilayah pesisir. Pendekatan adaptif harus mengintegrasikan strategi mitigasi risiko, perencanaan tata ruang, serta penguatan kapasitas komunitas lokal dalam menghadapi perubahan yang dinamis.

Strategi adaptasi berbasis komunitas menjadi kunci dalam meningkatkan ketangguhan pesisir. Pendekatan ini melibatkan partisipasi aktif masyarakat dalam perencanaan, pengelolaan sumber daya, dan pengawasan lingkungan, sehingga solusi yang diterapkan sesuai dengan kondisi lokal dan mampu meningkatkan daya tahan sosial-ekologis. Contohnya termasuk sistem peringatan dini, rehabilitasi *mangrove*, pengembangan akuakultur tahan iklim, serta diversifikasi mata pencaharian. Integrasi pengetahuan lokal dengan data ilmiah memperkuat efektivitas strategi adaptasi dan memastikan keberlanjutan jangka panjang.

A. Risiko Abrasi, Kenaikan Muka Air Laut, Badai

Wilayah pesisir merupakan salah satu kawasan paling rentan terhadap dampak perubahan iklim global. Konsentrasi penduduk, infrastruktur strategis, pusat ekonomi, dan ekosistem penting seperti *mangrove* dan terumbu karang menjadikan kawasan ini memiliki nilai

ekologis dan sosial-ekonomi yang tinggi. Namun, perubahan iklim memperparah risiko abrasi, kenaikan muka air laut (sea-level rise), dan intensifikasi badai tropis yang mengancam keberlanjutan wilayah pesisir (Pörtner *et al.*, 2022). Lebih dari satu miliar penduduk dunia tinggal di wilayah pesisir rendah yang rentan terhadap banjir dan kenaikan muka laut. Dampak tersebut tidak hanya bersifat fisik, tetapi juga memengaruhi ketahanan pangan, kesehatan, mata pencaharian, dan stabilitas sosial-ekonomi komunitas pesisir. Adaptasi perubahan iklim menjadi agenda prioritas dalam pengelolaan wilayah pesisir berkelanjutan.

1. Risiko Abrasi Pesisir

Abrasi pesisir merupakan salah satu risiko utama yang mengancam keberlanjutan ekosistem dan aktivitas manusia di wilayah pantai. Proses ini terjadi akibat kombinasi alami dari gelombang laut, arus, pasang surut, dan sedimentasi, yang secara bertahap mengikis garis pantai. Perubahan iklim memperburuk kondisi ini, terutama melalui peningkatan intensitas badai dan kenaikan muka air laut. Energi gelombang yang lebih tinggi dari badai ekstrem mempercepat kehilangan sedimen, sehingga garis pantai semakin rentan terhadap erosi. Dampak ekologisnya juga signifikan, termasuk hilangnya habitat *mangrove*, padang lamun, dan terumbu karang yang berperan penting dalam stabilisasi pantai.

Data global menunjukkan bahwa abrasi pesisir bukan hanya fenomena lokal, tetapi masalah dunia. United Nations (2022) melaporkan bahwa sekitar 40% garis pantai dunia mengalami erosi signifikan dalam beberapa dekade terakhir. Fenomena ini semakin diperparah oleh aktivitas manusia, seperti pembangunan infrastruktur keras di tepi pantai, reklamasi untuk industri dan pemukiman, serta penambangan pasir yang mengurangi suplai sedimen alami. Intervensi antropogenik ini sering kali mengganggu keseimbangan alami sistem pesisir, sehingga mempercepat proses abrasi dan meningkatkan risiko bencana bagi komunitas lokal.

Dampak sosial-ekonomi dari abrasi pesisir juga tidak dapat diabaikan. Kerugian akibat erosi pantai mencakup kerusakan pada jalan, pelabuhan, bangunan, dan fasilitas publik lainnya. Selain itu, hilangnya

lahan produktif mempengaruhi kegiatan pertanian dan perikanan pesisir, sementara penurunan nilai properti menimbulkan tekanan ekonomi bagi pemilik lahan. Dalam konteks masyarakat nelayan, abrasi mengancam fasilitas pendaratan ikan, gudang penyimpanan, dan akses ke perairan, sehingga mengurangi produktivitas dan ketahanan ekonomi komunitas pesisir.

2. Kenaikan Muka Air Laut (*Sea-Level Rise*)

Kenaikan muka air laut (*sea-level rise*) merupakan salah satu dampak paling nyata dari perubahan iklim yang memengaruhi wilayah pesisir secara global. Rata-rata muka laut global telah meningkat secara signifikan sejak awal abad ke-20 dan diproyeksikan akan terus naik hingga akhir abad ini, dengan laju yang bervariasi tergantung pada skenario emisi gas rumah kaca. Kenaikan ini bukan hanya fenomena statistik, tetapi berdampak langsung pada kehidupan manusia dan ekosistem pesisir, termasuk meningkatnya frekuensi dan intensitas banjir rob, yang mengganggu aktivitas ekonomi dan sosial di wilayah pantai.

Dampak kenaikan muka air laut juga mencakup intrusi air laut ke dalam sistem air tawar, yang mengancam kualitas air minum, pertanian, dan pasokan air untuk industri. Intrusi ini semakin memperparah kerentanan komunitas pesisir, terutama di negara berkembang dengan kapasitas adaptasi terbatas. Selain itu, hilangnya lahan pesisir dan pulau-pulau kecil menjadi ancaman serius bagi pemukiman, fasilitas publik, dan tempat hidup masyarakat lokal. Fenomena ini juga memaksa migrasi penduduk dari daerah yang tidak lagi layak huni, sehingga menimbulkan tantangan sosial dan ekonomi baru.

Kerusakan ekosistem pesisir menjadi dampak tambahan yang signifikan. Terumbu karang, *mangrove*, dan padang lamun yang berfungsi sebagai pelindung alami pantai dan habitat ikan menghadapi tekanan dari kenaikan air laut. Hilangnya ekosistem ini tidak hanya mengurangi kapasitas perlindungan alami terhadap gelombang dan badai, tetapi juga menurunkan produktivitas perikanan dan jasa ekosistem lainnya. Tanpa intervensi adaptif, kerusakan ini dapat mengakibatkan kehilangan fungsi ekologi yang sulit dipulihkan.

3. Intensifikasi Badai dan Cuaca Ekstrem

Perubahan iklim global telah memicu peningkatan intensitas badai tropis dan curah hujan ekstrem, yang berdampak signifikan terhadap wilayah pesisir. Pemanasan suhu permukaan laut meningkatkan energi yang tersedia bagi sistem badai tropis, sehingga mengakibatkan badai yang lebih kuat dan merusak. Peningkatan intensitas badai ini tidak hanya menimbulkan kerusakan fisik, tetapi juga memperburuk tekanan pada ekosistem pesisir yang sudah rentan terhadap degradasi. Fenomena ini menunjukkan keterkaitan erat antara dinamika iklim dan risiko bencana pesisir yang kompleks.

Dampak langsung dari badai ekstrem terlihat pada kerusakan permukiman, pelabuhan, tambak, dan fasilitas publik di pesisir. Infrastruktur kritis sering kali tidak dirancang untuk menahan kekuatan badai yang semakin meningkat, sehingga terjadi kerugian ekonomi dan sosial yang besar. Selain itu, intensifikasi badai mempercepat abrasi pantai dan memperparah banjir rob, yang mengancam akses masyarakat terhadap layanan dasar dan lahan produktif. Kerentanan ini semakin meningkat jika tidak ada upaya adaptasi berbasis risiko yang terintegrasi.

Negara-negara berkembang menghadapi risiko paling besar akibat keterbatasan kapasitas adaptasi. Keterbatasan sumber daya, infrastruktur yang rentan, serta kurangnya sistem peringatan dini membuat dampak badai ekstrem lebih parah. Komunitas pesisir yang bergantung pada perikanan dan pertanian sangat terpapar karena hilangnya mata pencaharian dan kerusakan habitat alami yang mendukung ekonomi lokal. Kondisi ini menuntut dukungan teknis dan finansial internasional untuk meningkatkan kapasitas adaptasi.

B. Strategi Adaptasi Berbasis Komunitas

Perubahan iklim memberikan dampak signifikan terhadap wilayah pesisir, termasuk kenaikan muka air laut, abrasi, badai tropis, intrusi air asin, dan perubahan produktivitas perikanan. Komunitas pesisir, terutama nelayan skala kecil dan masyarakat berpenghasilan rendah, termasuk kelompok yang paling rentan terhadap risiko tersebut. Dalam konteks ini, pendekatan adaptasi berbasis komunitas (community-based adaptation/CBA) menjadi strategi penting untuk

meningkatkan ketangguhan lokal melalui partisipasi aktif masyarakat dalam perencanaan dan implementasi kebijakan adaptasi.

Solusi adaptasi yang efektif harus mempertimbangkan kondisi sosial-ekonomi lokal dan mengintegrasikan pengetahuan tradisional dengan ilmu pengetahuan modern. Strategi adaptasi berbasis komunitas tidak hanya bertujuan mengurangi risiko fisik, tetapi juga memperkuat kapasitas sosial, ekonomi, dan kelembagaan masyarakat pesisir.

Adaptasi berbasis komunitas merupakan pendekatan partisipatif yang melibatkan masyarakat lokal dalam identifikasi risiko, perencanaan solusi, serta evaluasi kebijakan adaptasi. IPCC (2019) mendefinisikan CBA sebagai proses yang berfokus pada kebutuhan dan prioritas komunitas yang rentan terhadap dampak perubahan iklim.

1. Identifikasi Risiko dan Pemetaan Partisipatif

Tahap awal dalam strategi *Cost-Benefit Analysis* (CBA) untuk adaptasi pesisir adalah identifikasi risiko yang melibatkan partisipasi aktif masyarakat. Proses ini meliputi pemetaan partisipatif (*participatory mapping*) dan analisis kerentanan sosial, yang membantu komunitas memahami tingkat eksposur terhadap ancaman seperti abrasi, banjir rob, dan badai ekstrem. Pendekatan ini memungkinkan masyarakat untuk mengidentifikasi lokasi-lokasi kritis, sumber daya yang rentan, serta aktivitas ekonomi yang paling terdampak. Strategi adaptasi tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga relevan secara sosial dan kontekstual.

Penggabungan data ilmiah dengan persepsi risiko lokal memperkuat validitas dan efektivitas program adaptasi. Data ilmiah, seperti proyeksi kenaikan muka air laut dan frekuensi badai, memberikan gambaran objektif mengenai potensi kerugian, sedangkan input masyarakat mencerminkan pengalaman lapangan, tradisi lokal, dan prioritas ekonomi yang nyata. Sinergi antara kedua sumber informasi ini menghasilkan pemahaman risiko yang lebih komprehensif, sekaligus meminimalkan potensi maladaptation atau kebijakan yang justru meningkatkan kerentanan masyarakat.

Pendekatan partisipatif meningkatkan legitimasi kebijakan dan rasa kepemilikan masyarakat terhadap program adaptasi. Ketika komunitas dilibatkan dalam pemetaan dan penilaian risiko, cenderung lebih menerima rekomendasi adaptasi, aktif dalam implementasi, dan konsisten dalam menjaga keberlanjutan intervensi. Hal ini juga

membuka peluang bagi dialog antara pemerintah, sektor swasta, dan masyarakat lokal untuk menyepakati prioritas investasi, alokasi sumber daya, serta mekanisme pengawasan bersama.

2. Diversifikasi Mata Pencaharian

Perubahan iklim telah menimbulkan dampak signifikan terhadap produktivitas perikanan dan pendapatan masyarakat pesisir, sehingga menuntut strategi adaptasi ekonomi yang lebih beragam. Diversifikasi mata pencaharian menjadi salah satu pendekatan penting untuk meningkatkan ketahanan ekonomi rumah tangga. Pengembangan sektor seperti akuakultur berkelanjutan, ekowisata berbasis ekosistem, dan pengolahan hasil laut dapat menyediakan alternatif pendapatan yang lebih stabil. Pendekatan ini tidak hanya mengurangi risiko kerugian ekonomi akibat fluktuasi stok ikan, tetapi juga mendorong optimalisasi pemanfaatan sumber daya pesisir secara berkelanjutan.

Diversifikasi ekonomi harus dilaksanakan secara inklusif, dengan memperhatikan pemberdayaan nelayan kecil dan komunitas pesisir yang rentan. Pelatihan keterampilan, akses ke pembiayaan mikro, dan pendampingan teknis menjadi komponen penting untuk memastikan masyarakat dapat mengembangkan usaha baru secara efektif. Misalnya, program pelatihan pengolahan produk ikan, budidaya rumput laut, atau penyediaan paket wisata lokal memungkinkan komunitas pesisir memperoleh nilai tambah dari sumber daya yang ada. Dengan dukungan ini, masyarakat mampu meningkatkan pendapatan tanpa menambah tekanan terhadap ekosistem laut yang sensitif.

Diversifikasi mata pencaharian juga berfungsi sebagai strategi adaptasi terhadap risiko iklim. Dengan memiliki beberapa sumber pendapatan, keluarga pesisir tidak sepenuhnya bergantung pada satu sektor yang rentan terhadap kondisi cuaca ekstrem atau perubahan suhu laut. Hal ini menciptakan buffer ekonomi yang meningkatkan ketahanan sosial dan memperkuat kapasitas adaptif komunitas.

3. Adaptasi Berbasis Ekosistem di Tingkat Komunitas

Adaptasi berbasis ekosistem di tingkat komunitas merupakan strategi penting dalam mengurangi kerentanan pesisir terhadap

perubahan iklim. Restorasi *mangrove* dan padang lamun yang melibatkan partisipasi masyarakat lokal menjadi contoh nyata dari pendekatan ini. Ekosistem pesisir yang sehat tidak hanya menyediakan habitat bagi berbagai spesies laut, tetapi juga berfungsi sebagai pelindung alami terhadap badai, gelombang ekstrem, dan abrasi pantai. Dengan menjaga integritas ekosistem, komunitas pesisir memperoleh perlindungan alami yang berkelanjutan sekaligus meminimalkan risiko kehilangan lahan produktif dan infrastruktur.

Pendekatan berbasis alam atau *nature-based solutions* memiliki keunggulan ekonomi karena biaya implementasinya relatif rendah dibandingkan pembangunan infrastruktur keras, seperti tanggul beton. Keterlibatan masyarakat dalam kegiatan rehabilitasi ekosistem, mulai dari penanaman bibit *mangrove* hingga pemantauan kesehatan padang lamun, tidak hanya meningkatkan efektivitas restorasi tetapi juga membangun kapasitas lokal dalam pengelolaan sumber daya alam. Partisipasi aktif ini mendorong pemahaman mendalam tentang fungsi ekosistem dan pentingnya konservasi dalam jangka panjang.

Adaptasi berbasis ekosistem memperkuat aspek sosial komunitas pesisir. Melalui keterlibatan kolektif, masyarakat mengembangkan rasa tanggung jawab bersama terhadap lingkungan dan meningkatkan solidaritas sosial. Kegiatan restorasi menjadi wadah pendidikan lingkungan dan penguatan kapasitas adaptif masyarakat dalam menghadapi risiko iklim.

4. Penguatan Kelembagaan Lokal

Penguatan kelembagaan lokal menjadi aspek krusial dalam penerapan pendekatan *Community-Based Adaptation* (CBA) di wilayah pesisir. Kelompok nelayan, koperasi, dan forum masyarakat pesisir berfungsi sebagai wadah koordinasi dan kolaborasi antaranggota komunitas, sehingga memudahkan perencanaan dan pelaksanaan kegiatan adaptasi. Kelembagaan lokal yang kuat mampu menyatukan berbagai kepentingan, mengurangi konflik internal, dan memastikan bahwa program adaptasi berbasis ekosistem dijalankan secara konsisten. Keberadaan struktur organisasi yang jelas juga memfasilitasi komunikasi dengan pemerintah, lembaga swadaya masyarakat, dan sektor swasta untuk memperoleh dukungan teknis maupun pendanaan.

Penguatan kapasitas kelembagaan lokal meningkatkan kemampuan masyarakat dalam merespons risiko bencana pesisir. Masyarakat yang memiliki struktur kelembagaan yang terorganisir dapat lebih cepat mengambil keputusan, menyiapkan peringatan dini, dan melaksanakan evakuasi atau tindakan mitigasi saat terjadi banjir rob, badai, atau abrasi pantai. Kelembagaan lokal juga menjadi mediator dalam mengintegrasikan pengetahuan ilmiah dan lokal, sehingga strategi adaptasi menjadi lebih kontekstual dan efektif. Partisipasi aktif anggota komunitas dalam pengambilan keputusan memperkuat rasa kepemilikan dan tanggung jawab terhadap program adaptasi.

Kelembagaan lokal berperan dalam meningkatkan akses masyarakat terhadap dukungan pemerintah dan lembaga eksternal. Melalui forum dan koperasi, komunitas dapat mengajukan proposal pendanaan, pelatihan teknis, atau bantuan peralatan adaptasi dengan lebih terstruktur. Pendekatan ini memastikan distribusi sumber daya yang adil dan mengurangi kerentanan kelompok rentan.

5. Sistem Peringatan Dini Berbasis Komunitas

Sistem peringatan dini berbasis komunitas (*Community-Based Early Warning Systems/CBEWS*) merupakan strategi krusial untuk meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat pesisir terhadap bencana, seperti badai, banjir rob, dan gelombang tinggi. Sistem ini mengandalkan partisipasi aktif masyarakat dalam pengumpulan data cuaca lokal, pemantauan tanda-tanda alam, serta penyebaran informasi melalui jalur komunikasi tradisional maupun digital. Investasi pada CBEWS memberikan manfaat ekonomi yang jauh lebih besar dibandingkan biaya implementasinya, karena mengurangi kerugian harta benda, kehilangan mata pencaharian, dan biaya pemulihan pasca-bencana.

Keterlibatan komunitas dalam sistem peringatan dini meningkatkan efektivitas respons terhadap bencana. Masyarakat yang terlatih mampu mengenali tanda-tanda awal ancaman, seperti peningkatan tinggi gelombang atau perubahan cuaca ekstrem, serta menyebarkan informasi kepada anggota komunitas lain secara cepat. Sistem berbasis komunitas memungkinkan adaptasi yang lebih kontekstual, karena memadukan pengetahuan lokal dengan data ilmiah dan proyeksi cuaca. Partisipasi aktif ini memperkuat rasa kepemilikan

masyarakat terhadap program kesiapsiagaan dan meningkatkan disiplin kolektif dalam evakuasi atau mitigasi risiko.

6. Pendidikan dan Literasi Iklim

Pendidikan dan literasi iklim merupakan fondasi penting dalam strategi *Community-Based Adaptation* (CBA) untuk meningkatkan ketahanan masyarakat pesisir terhadap dampak perubahan iklim. Pemahaman yang baik tentang risiko iklim, seperti kenaikan muka air laut, abrasi, banjir rob, dan intensitas badai yang meningkat, memungkinkan masyarakat mengambil langkah adaptasi yang tepat secara mandiri. Literasi iklim tidak hanya mencakup pengetahuan ilmiah tentang perubahan iklim, tetapi juga kemampuan menganalisis potensi risiko lokal dan mengintegrasikan pengetahuan ini ke dalam perencanaan kehidupan sehari-hari.

Program pendidikan berbasis komunitas dapat dilakukan melalui pelatihan, lokakarya, dan kegiatan partisipatif yang melibatkan berbagai kelompok masyarakat, termasuk nelayan, petani pesisir, perempuan, dan pemuda. Pendekatan ini membantu masyarakat memahami hubungan antara aktivitas manusia, degradasi lingkungan, dan perubahan iklim, serta mendorong praktik adaptasi yang berkelanjutan, seperti pengelolaan *mangrove*, budidaya ramah lingkungan, dan diversifikasi mata pencaharian. Selain itu, pendidikan iklim juga meningkatkan kesadaran tentang peringatan dini dan prosedur evakuasi, sehingga respons terhadap bencana menjadi lebih cepat dan efektif.

Literasi iklim yang kuat juga memperkuat partisipasi masyarakat dalam pengambilan keputusan dan perencanaan lokal. Masyarakat yang teredukasi dapat berkontribusi dalam pemetaan risiko, penentuan prioritas adaptasi, serta pengawasan implementasi program CBA. Peningkatan kapasitas lokal melalui pendidikan iklim menciptakan ketahanan sosial, ekonomi, dan ekologis yang lebih tangguh terhadap bencana pesisir.

7. Pendanaan dan Akses Sumber Daya

Akses terhadap pendanaan merupakan faktor krusial dalam keberhasilan strategi *Community-Based Adaptation* (CBA) di wilayah pesisir. Banyak komunitas menghadapi keterbatasan sumber daya finansial untuk mengimplementasikan langkah adaptasi terhadap

dampak perubahan iklim, seperti banjir rob, abrasi, dan badai tropis. Tanpa mekanisme pembiayaan yang memadai, masyarakat sulit melakukan intervensi lokal, termasuk rehabilitasi *mangrove*, peninggian rumah, atau pembangunan tanggul vegetatif. Keterbatasan dana sering menjadi penghambat utama dalam meningkatkan ketahanan fisik dan sosial masyarakat pesisir.

World Bank (2021) menekankan perlunya skema pembiayaan inklusif yang dapat diakses oleh komunitas lokal. Skema ini dapat berupa dana adaptasi lokal, hibah berbasis proyek, dan asuransi mikro yang dirancang khusus untuk nelayan dan kelompok rentan. Pendanaan semacam ini memungkinkan masyarakat menyiapkan infrastruktur adaptif kecil, membeli peralatan keselamatan, atau mengembangkan mata pencaharian alternatif yang lebih tangguh terhadap perubahan iklim. Pendekatan berbasis komunitas juga memastikan bahwa alokasi dana sesuai dengan prioritas lokal dan kebutuhan nyata masyarakat pesisir.

Akses terhadap sumber daya finansial meningkatkan partisipasi masyarakat dalam pengambilan keputusan dan pengelolaan proyek adaptasi. Dengan adanya dukungan pembiayaan, komunitas dapat mengimplementasikan solusi berbasis alam, seperti restorasi *mangrove* atau rehabilitasi padang lamun, yang lebih hemat biaya dibandingkan infrastruktur keras. Pendanaan yang berkelanjutan juga mendorong keberlanjutan jangka panjang program CBA, sekaligus memperkuat kapasitas lokal untuk menghadapi risiko iklim masa depan.

C. Pembangunan Infrastruktur Hijau

Perubahan iklim meningkatkan frekuensi dan intensitas bahaya pesisir seperti kenaikan muka air laut, abrasi, banjir rob, dan badai tropis. Pendekatan konvensional berbasis infrastruktur keras (tanggul beton, seawall, breakwater masif) terbukti efektif dalam jangka pendek, namun sering menimbulkan dampak ekologis dan biaya pemeliharaan tinggi dalam jangka panjang. Dalam konteks tersebut, pembangunan infrastruktur hijau (*green infrastructure*) muncul sebagai strategi adaptasi yang lebih berkelanjutan, adaptif, dan berbasis ekosistem (Gopalakrishnan *et al.*, 2018).

Infrastruktur hijau merujuk pada sistem alami atau semi-alami yang dirancang untuk memberikan perlindungan fisik sekaligus mempertahankan fungsi ekologis dan jasa lingkungan. Di wilayah pesisir, bentuknya mencakup restorasi *mangrove*, rehabilitasi terumbu karang, padang lamun, sabuk vegetasi pantai, serta lahan basah pesisir. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip *nature-based solutions* (NbS) yang diakui secara global sebagai bagian penting dari strategi adaptasi perubahan iklim (Le Gouvello *et al.*, 2023).

Infrastruktur hijau berbeda dari infrastruktur abu-abu (*grey infrastructure*) karena mengintegrasikan fungsi ekologis dengan fungsi proteksi. Solusi berbasis alam dapat mengurangi risiko banjir dan abrasi sekaligus memberikan manfaat tambahan seperti penyimpanan karbon dan peningkatan keanekaragaman hayati.

1. Restorasi Mangrove sebagai Infrastruktur Hijau

Restorasi *mangrove* telah menjadi salah satu strategi utama dalam pengelolaan pesisir berbasis infrastruktur hijau. Mangrove memiliki kemampuan alami untuk meredam energi gelombang, sehingga mengurangi dampak abrasi dan kerusakan infrastruktur di wilayah pesisir tropis. IPBES (2019) menunjukkan bahwa barisan hutan *mangrove* dapat menurunkan energi gelombang lebih dari 50% sebelum mencapai daratan, sehingga melindungi permukiman, fasilitas umum, dan lahan produktif dari ancaman badai dan pasang tinggi. Fungsi protektif ini menjadikan *mangrove* sebagai alternatif yang lebih ramah lingkungan dibandingkan infrastruktur keras seperti tanggul beton.

Mangrove memiliki peran penting dalam mitigasi perubahan iklim melalui penyimpanan karbon biru. Ekosistem *mangrove* mampu menyerap karbon dalam jumlah besar dan menyimpannya di biomassa serta sedimen, sehingga restorasi *mangrove* berkontribusi ganda: perlindungan pesisir dan pengurangan konsentrasi gas rumah kaca. Restorasi *mangrove* tidak hanya bermanfaat untuk adaptasi terhadap risiko iklim, tetapi juga mendukung strategi mitigasi yang efektif dan relatif hemat biaya.

Dimensi ekonomi *mangrove* juga tidak kalah penting. Ekosistem *mangrove* berfungsi sebagai habitat dan tempat pemijahan berbagai spesies ikan, udang, dan biota laut lainnya. Keberadaan *mangrove* mendukung produktivitas perikanan lokal yang menjadi sumber

pendapatan dan pangan bagi masyarakat pesisir. Restorasi *mangrove* tidak hanya menghadirkan manfaat ekologis, tetapi juga meningkatkan kesejahteraan ekonomi masyarakat yang bergantung pada sumber daya pesisir.

2. Terumbu Karang dan Padang Lamun sebagai Proteksi Alami

Terumbu karang dan padang lamun merupakan komponen ekosistem pesisir yang memiliki peran strategis sebagai proteksi alami terhadap risiko lingkungan. Terumbu karang berfungsi sebagai pemecah gelombang, mengurangi energi gelombang yang mencapai pantai sehingga mengurangi abrasi dan potensi kerusakan akibat badai tropis. Kerusakan terumbu karang akibat pemanasan laut, pengasaman samudra, dan aktivitas manusia meningkatkan kerentanan garis pantai, mengancam permukiman, infrastruktur, dan lahan produktif di wilayah pesisir. Terumbu karang bukan hanya penting secara ekologis, tetapi juga memiliki nilai ekonomi dan sosial dalam konteks perlindungan pesisir.

Upaya restorasi terumbu karang menjadi bagian penting dari strategi infrastruktur hijau. Teknik transplantasi karang dan pengelolaan kawasan konservasi telah terbukti meningkatkan regenerasi ekosistem karang yang rusak. Perlindungan dan restorasi terumbu karang dapat mengurangi risiko kerugian ekonomi akibat badai pesisir, sekaligus mendukung keberlanjutan sektor pariwisata dan perikanan. Penerapan pendekatan berbasis ekosistem ini memberikan solusi adaptif yang relatif hemat biaya dibandingkan pembangunan infrastruktur keras seperti tanggul atau pemecah gelombang buatan.

Padang lamun juga memiliki fungsi protektif yang signifikan. Selain membantu menstabilkan sedimen dan mencegah erosi dasar laut, lamun menyaring partikel sedimen sehingga menjaga kejernihan air dan mendukung fotosintesis fitoplankton, yang menjadi dasar rantai makanan perairan pesisir. Padang lamun berkontribusi terhadap produktivitas perikanan dengan menyediakan habitat dan tempat pemijahan berbagai spesies ikan. Selain itu, padang lamun berperan sebagai penyerap karbon biru, mendukung mitigasi perubahan iklim secara alami.

3. Lahan Basah Pesisir dan Sabuk Vegetasi Pantai

Lahan basah pesisir, seperti rawa asin (*salt marshes*) dan delta sungai, memiliki peran strategis sebagai zona penyangga alami yang melindungi wilayah daratan dari banjir dan kenaikan muka laut. Ekosistem ini memiliki kemampuan adaptasi alami melalui akumulasi sedimen, pertumbuhan vegetasi, dan pengendalian aliran air, sehingga dapat meredam energi gelombang dan menahan intrusi air laut. Fungsi ini menjadi krusial dalam menghadapi intensifikasi bencana pesisir akibat perubahan iklim, sekaligus mendukung stabilitas ekosistem pesisir secara keseluruhan.

Sabuk vegetasi pantai juga memberikan perlindungan penting. Tanaman seperti cemara laut, pandanus, dan pohon bakau di tepi pantai mampu menahan pasir dan mengurangi kecepatan angin, sehingga meminimalkan erosi dan degradasi garis pantai. Vegetasi ini tidak hanya berperan sebagai proteksi fisik, tetapi juga mendukung keanekaragaman hayati dengan menyediakan habitat bagi berbagai spesies burung, serangga, dan satwa pesisir lainnya. Keberadaan vegetasi pesisir menjadi bagian integral dari strategi adaptasi berbasis ekosistem yang hemat biaya dan berkelanjutan.

Rehabilitasi dan konservasi lahan basah serta vegetasi pantai membutuhkan keterlibatan masyarakat lokal. Pendekatan berbasis komunitas memungkinkan pemantauan, penanaman, dan pemeliharaan vegetasi secara berkelanjutan, sekaligus meningkatkan kesadaran lingkungan masyarakat pesisir. Strategi ini juga menciptakan peluang ekonomi melalui ekowisata, pemanenan hasil vegetasi yang lestari, dan peningkatan produktivitas perikanan di wilayah pesisir yang sehat. Perlindungan pesisir melalui vegetasi dan lahan basah memberikan manfaat ekologis dan sosial sekaligus.



BAB X

KONSERVASI DAN RESTORASI EKOSISTEM PESISIR

Konservasi dan restorasi ekosistem pesisir menjadi landasan penting dalam menjaga keberlanjutan sumber daya dan ketahanan wilayah pesisir. Ekosistem pesisir seperti *mangrove*, terumbu karang, padang lamun, dan estuari menyediakan jasa lingkungan yang krusial, termasuk perlindungan pantai dari gelombang dan badai, penyangga terhadap abrasi, habitat bagi keanekaragaman hayati, serta penyediaan sumber pangan dan mata pencaharian masyarakat. Degradasi ekosistem akibat aktivitas manusia, perubahan iklim, dan polusi mengancam fungsi ekologis ini. Konservasi bertujuan untuk menjaga integritas ekosistem yang masih utuh, sementara restorasi berfokus pada pemulihan ekosistem yang telah rusak, sehingga ekosistem pesisir tetap mampu memberikan manfaat ekologis, sosial, dan ekonomi secara berkelanjutan.

Restorasi berbasis masyarakat menjadi strategi efektif untuk memulihkan fungsi ekosistem sekaligus memberdayakan komunitas lokal. Pendekatan ini melibatkan partisipasi aktif masyarakat dalam penanaman *mangrove*, rehabilitasi terumbu karang, pengelolaan padang lamun, dan pemantauan keberhasilan restorasi. Pengetahuan lokal dan praktik tradisional turut memperkuat keberhasilan restorasi, karena masyarakat memahami dinamika ekosistem dan adaptasi terhadap tekanan lingkungan. Kolaborasi lintas sektor antara pemerintah, LSM, akademisi, dan sektor swasta juga menjadi faktor penting dalam mendukung keberlanjutan program konservasi dan restorasi.

A. Mangrove, Terumbu Karang, Lamun

Ekosistem pesisir seperti *mangrove*, terumbu karang, dan padang lamun merupakan komponen utama sistem sosial-ekologis wilayah

pesisir. Ketiga ekosistem ini memiliki peran strategis dalam menjaga stabilitas garis pantai, mendukung produktivitas perikanan, menyimpan karbon biru, serta menopang ketahanan ekonomi masyarakat pesisir. Namun, tekanan akibat perubahan iklim, konversi lahan, polusi, eksploitasi berlebih, dan pembangunan pesisir yang tidak terencana telah menyebabkan degradasi signifikan terhadap ekosistem tersebut (Spalding *et al.*, 2017).

1. Ekosistem Mangrove

Ekosistem *mangrove* merupakan salah satu komponen kunci hutan pesisir tropis dan subtropis yang tumbuh di zona pasang surut, memiliki fungsi ekologis dan sosial yang sangat penting. Mangrove menyediakan jasa ekosistem yang beragam, termasuk perlindungan pantai dari abrasi dan badai, penyimpanan karbon biru, serta menyediakan habitat kritis bagi berbagai spesies ikan dan udang. Selain itu, *mangrove* juga mendukung mata pencaharian masyarakat pesisir melalui perikanan dan hasil hutan non-kayu. Mangrove termasuk ekosistem dengan kapasitas penyimpanan karbon per satuan luas tertinggi, sehingga berperan strategis dalam mitigasi perubahan iklim. Mangrove berfungsi sebagai “infrastruktur hijau” alami yang mengurangi risiko bencana pesisir secara efektif dan hemat biaya.

Ekosistem *mangrove* menghadapi berbagai ancaman yang mengakibatkan degradasi luas. Konversi lahan untuk tambak, permukiman, dan pembangunan infrastruktur pesisir merupakan penyebab utama hilangnya tutupan *mangrove* secara global. Selain itu, polusi, sedimentasi, dan perubahan hidrologi mengganggu regenerasi alami *mangrove*. Kenaikan muka air laut akibat perubahan iklim dapat mengancam keberlanjutan *mangrove*, terutama ketika migrasi daratan terhambat oleh pembangunan pesisir dan urbanisasi. Degradasi ini tidak hanya mengurangi fungsi ekologis tetapi juga berdampak negatif pada kesejahteraan masyarakat pesisir yang bergantung pada jasa ekosistem tersebut.

Strategi konservasi *mangrove* menekankan perlindungan kawasan inti dan pengelolaan berbasis masyarakat yang melibatkan partisipasi lokal. Integrasi *mangrove* dalam perencanaan tata ruang pesisir menjadi langkah penting untuk memastikan ekosistem ini dapat berfungsi optimal. Restorasi *mangrove* harus memperhatikan kondisi

hidrologi alami dan penggunaan spesies lokal agar berhasil secara ekologis. Teknik restorasi berbasis ekosistem memungkinkan pemulihan habitat secara efektif sekaligus meningkatkan kapasitas proteksi pantai. Selain manfaat ekologis, pendekatan konservasi dan restorasi *mangrove* memberikan nilai ekonomi yang signifikan. Pemulihan *mangrove* dapat meningkatkan produktivitas perikanan lokal, membuka peluang ekowisata, dan menambah mata pencaharian masyarakat pesisir secara berkelanjutan.

2. Terumbu Karang: Keanekaragaman Hayati dan Ketahanan Pesisir

Terumbu karang merupakan salah satu ekosistem laut paling produktif dan beragam di dunia, dengan peran strategis bagi keseimbangan ekologis dan ketahanan pesisir. IPBES (2019) mencatat bahwa meskipun terumbu karang hanya menutupi kurang dari 1% dasar laut, ekosistem ini mendukung lebih dari seperempat spesies laut global. Fungsi ekologis terumbu karang tidak hanya terbatas pada keanekaragaman hayati, tetapi juga sebagai pemecah gelombang alami yang mengurangi energi gelombang sebelum mencapai pantai, sehingga membantu melindungi permukiman, infrastruktur, dan lahan produktif dari abrasi dan badai. Keberadaan terumbu karang yang sehat secara langsung berkontribusi pada ketahanan pesisir dan produktivitas perikanan lokal, sekaligus mendukung sektor pariwisata bahari.

Perubahan iklim menjadi ancaman utama bagi kelangsungan terumbu karang. Pemanasan laut yang berkelanjutan menyebabkan pemutihan karang (*coral bleaching*), sementara peningkatan kadar karbon dioksida dalam air laut mengakibatkan pengasaman samudra yang menghambat pembentukan kerangka kalsium karbonat, esensial bagi pertumbuhan karang. Degradasi ini tidak hanya menurunkan kapasitas ekosistem dalam mendukung kehidupan laut, tetapi juga berdampak langsung pada ketahanan pangan masyarakat pesisir yang bergantung pada perikanan, serta mengurangi potensi ekonomi sektor pariwisata. Tanpa upaya mitigasi dan adaptasi, sebagian besar terumbu karang global diproyeksikan mengalami kerusakan signifikan dalam beberapa dekade mendatang.

Konservasi terumbu karang menjadi langkah penting untuk menjaga fungsi ekologis dan sosial-ekonomi ekosistem ini. Pembentukan kawasan konservasi laut (*marine protected areas*/MPAs), pengaturan penangkapan ikan, dan pengendalian polusi menjadi strategi utama dalam mempertahankan kelestarian terumbu. MPAs yang dikelola secara efektif mampu meningkatkan biomassa ikan, memperkuat keanekaragaman hayati, dan meningkatkan ketahanan ekosistem terhadap tekanan antropogenik dan perubahan iklim. Selain konservasi, restorasi terumbu karang dilakukan melalui teknik transplantasi, pembangunan struktur buatan ramah lingkungan, serta pendekatan berbasis genetika untuk meningkatkan toleransi karang terhadap suhu tinggi. Pendekatan integratif antara konservasi, restorasi, dan pengelolaan berkelanjutan terumbu karang memberikan manfaat ganda. Selain menjaga fungsi proteksi pantai dan mendukung biodiversitas, ekosistem terumbu karang yang sehat juga meningkatkan produktivitas perikanan dan potensi ekowisata, sehingga memperkuat ketahanan ekonomi komunitas pesisir.

3. Padang Lamun: Ekosistem yang Terlupakan

Padang lamun merupakan salah satu ekosistem pesisir yang sering terlupakan, meskipun memiliki peran ekologis yang krusial. Lamun berfungsi sebagai penyerap karbon biru yang signifikan, membantu mitigasi perubahan iklim melalui penyimpanan karbon di dalam sedimen dan biomassa. Selain itu, padang lamun menyediakan habitat penting bagi berbagai spesies ikan, udang, dan invertebrata laut, yang mendukung produktivitas perikanan lokal. Fungsi ekologis lain yang tidak kalah penting adalah stabilisasi sedimen dan peningkatan kejernihan air, sehingga berkontribusi pada kesehatan terumbu karang dan ekosistem pesisir lainnya.

Meski fungsinya vital, padang lamun menghadapi berbagai ancaman yang signifikan. Aktivitas manusia seperti reklamasi pantai, pembangunan pelabuhan, dan perkapalan sering merusak tutupan lamun secara langsung. Selain itu, pencemaran nutrisi dan sedimentasi berlebihan dari daratan dapat mengurangi pertumbuhan lamun, sementara perubahan suhu dan kualitas air laut akibat perubahan iklim mempercepat degradasi ekosistem ini. Penurunan luas padang lamun berdampak pada hilangnya habitat, menurunnya stok ikan dan

invertebrata, serta berkurangnya kapasitas penyimpanan karbon, sehingga mengurangi fungsi ekosistem secara keseluruhan.

Strategi konservasi dan restorasi padang lamun menjadi penting untuk mempertahankan peran ekologisnya. Restorasi dilakukan melalui transplantasi lamun, pengelolaan sedimen, dan pengurangan sumber polusi nutrien dari daratan. Perlindungan kawasan pesisir dengan integrasi padang lamun dapat menjadi bagian dari strategi karbon biru nasional, sekaligus meningkatkan ketahanan ekosistem terhadap perubahan iklim. Pendekatan berbasis ekosistem ini juga mendorong partisipasi masyarakat lokal dalam pemeliharaan dan rehabilitasi ekosistem, sehingga manfaat ekologis dan sosial dapat tercapai secara bersamaan.

B. Restorasi Berbasis Masyarakat

Restorasi ekosistem pesisir tidak hanya merupakan agenda ekologis, tetapi juga agenda sosial dan ekonomi yang berorientasi pada ketahanan komunitas. Dalam konteks degradasi *mangrove*, terumbu karang, dan padang lamun akibat perubahan iklim dan tekanan antropogenik, pendekatan restorasi berbasis masyarakat (*community-based restoration*) menjadi strategi penting untuk menjamin keberlanjutan jangka panjang.

Pendekatan ini menempatkan masyarakat lokal sebagai aktor utama dalam perencanaan, pelaksanaan, pemantauan, dan evaluasi kegiatan restorasi. Dickson (2021) menegaskan bahwa keberhasilan restorasi ekosistem sangat bergantung pada partisipasi aktif komunitas yang memiliki keterikatan langsung dengan sumber daya pesisir. Restorasi berbasis masyarakat tidak hanya memulihkan fungsi ekologis, tetapi juga memperkuat kohesi sosial, ekonomi lokal, dan tata kelola sumber daya yang inklusif.

Restorasi berbasis masyarakat merupakan pendekatan partisipatif yang mengintegrasikan pengetahuan lokal dengan ilmu pengetahuan modern. Solusi berbasis komunitas meningkatkan legitimasi sosial dan mengurangi konflik pemanfaatan ruang pesisir. Pendekatan ini juga sejalan dengan prinsip *nature-based solutions*, yang mengutamakan keberlanjutan ekologis dan keadilan sosial.

1. Restorasi Mangrove Berbasis Masyarakat

Restorasi *mangrove* berbasis masyarakat telah menjadi salah satu strategi paling efektif dalam pengelolaan ekosistem pesisir tropis. Program rehabilitasi *mangrove* yang melibatkan komunitas lokal menunjukkan keberhasilan lebih tinggi dibandingkan pendekatan top-down, karena masyarakat memahami kondisi lingkungan setempat dan memiliki motivasi untuk menjaga hasil restorasi. Partisipasi lokal dalam proses penanaman dan pemeliharaan *mangrove* memastikan bahwa ekosistem yang direstorasi dapat tumbuh optimal sesuai kondisi hidrologi dan geomorfologi alami.

Keterlibatan masyarakat tidak hanya meningkatkan keberhasilan restorasi, tetapi juga membangun rasa kepemilikan terhadap ekosistem pesisir. Restorasi yang mempertimbangkan pola hidrologi alami, seperti pasang surut dan aliran sedimen, lebih berkelanjutan dan tahan terhadap gangguan eksternal. Dengan memanfaatkan pengetahuan lokal tentang dinamika air, tanah, dan spesies *mangrove*, masyarakat dapat menanam dan merawat pohon *mangrove* secara efektif, serta mengurangi risiko kegagalan proyek akibat kesalahan teknis atau lingkungan.

Manfaat ekologis dari restorasi *mangrove* sangat beragam. Mangrove berfungsi sebagai pelindung pantai dari abrasi dan badai, memperlambat energi gelombang, serta mendukung ketahanan ekosistem pesisir. Selain itu, hutan *mangrove* memiliki kapasitas tinggi dalam menyerap dan menyimpan karbon biru, yang berperan dalam mitigasi perubahan iklim global. Restorasi yang sukses juga memperkuat habitat ikan, udang, dan biota laut lain, sehingga meningkatkan produktivitas perikanan lokal dan menjaga keberlanjutan stok sumber daya laut.

2. Restorasi Terumbu Karang Berbasis Komunitas

Restorasi terumbu karang berbasis komunitas menjadi strategi penting dalam konservasi ekosistem pesisir yang menghadapi tekanan akibat pemanasan laut, polusi, dan aktivitas manusia. Metode restorasi biasanya mencakup transplantasi karang, pemasangan struktur buatan ramah lingkungan, serta pengelolaan kawasan konservasi laut yang melibatkan masyarakat setempat. Keterlibatan nelayan dan komunitas lokal dalam pengawasan kawasan konservasi meningkatkan kepatuhan

terhadap aturan, sehingga biomassa ikan di sekitar terumbu meningkat dan ekosistem kembali produktif. Pendekatan partisipatif ini memperkuat rasa kepemilikan dan tanggung jawab masyarakat terhadap keberlanjutan terumbu karang.

Restorasi karang harus memperhatikan ketahanan ekologis terhadap perubahan iklim. Pörtner *et al.* (2022) menekankan pentingnya penggunaan spesies atau genotipe karang yang lebih toleran terhadap suhu tinggi untuk meminimalkan risiko kematian akibat pemanasan laut. Pemilihan lokasi transplantasi juga mempertimbangkan arus laut, pencahayaan, dan kualitas air untuk mendukung pertumbuhan karang secara optimal. Integrasi pendekatan ilmiah dan pengetahuan lokal memastikan restorasi tidak hanya berhasil secara ekologis tetapi juga adaptif terhadap kondisi lingkungan yang berubah.

Pendekatan berbasis komunitas juga mencakup edukasi dan pemberdayaan nelayan. Melibatkan masyarakat dalam praktik penangkapan ramah lingkungan, seperti larangan penggunaan alat tangkap destruktif atau pemeliharaan zona pemijahan, mencegah kerusakan lebih lanjut terhadap ekosistem. Program pelatihan dan sosialisasi ini meningkatkan kesadaran ekologis dan membangun kapasitas lokal dalam pengelolaan sumber daya laut secara berkelanjutan. Manfaat restorasi terumbu karang berbasis komunitas bersifat ganda, baik ekologis maupun sosial-ekonomi. Selain meningkatkan biodiversitas dan stabilitas ekosistem, terumbu yang sehat mendukung produktivitas perikanan lokal dan kegiatan ekowisata. Keberhasilan proyek restorasi bergantung pada kolaborasi antara pemerintah, ilmuwan, dan masyarakat lokal.

3. Restorasi Padang Lamun dan Lahan Basah

Restorasi padang lamun dan lahan basah pesisir menjadi aspek penting dalam pengelolaan ekosistem pesisir yang berkelanjutan, meskipun sering kali kurang mendapat perhatian dibandingkan *mangrove* atau terumbu karang. Padang lamun berperan signifikan dalam stabilisasi sedimen, menjaga kejernihan air, dan menyediakan habitat penting bagi berbagai spesies ikan dan invertebrata. Lamun juga berfungsi sebagai penyerap karbon biru, sehingga restorasi ekosistem ini

memberikan manfaat ganda, baik dari sisi mitigasi perubahan iklim maupun peningkatan produktivitas perikanan lokal.

Pendekatan berbasis masyarakat menjadi kunci keberhasilan restorasi lamun dan lahan basah. Keterlibatan komunitas lokal dalam transplantasi lamun, pemantauan pertumbuhan, dan perlindungan terhadap gangguan antropogenik meningkatkan tingkat keberhasilan ekologis proyek. Pengintegrasian pengetahuan lokal dengan pendekatan ilmiah modern dapat memastikan restorasi berjalan efektif, sekaligus memperkuat kapasitas adaptif masyarakat terhadap risiko iklim. Partisipasi aktif masyarakat juga menumbuhkan rasa kepemilikan dan tanggung jawab terhadap keberlanjutan ekosistem pesisir.

Restorasi lamun harus disertai upaya pengurangan pencemaran dan pengaturan aktivitas perkapalan. Limbah nutrisi, sedimentasi berlebih, dan lalu lintas kapal dapat menghambat regenerasi lamun, sehingga intervensi pengelolaan berbasis zonasi menjadi penting. Integrasi lamun dalam kebijakan nasional dan regional sebagai bagian dari strategi ekosistem global, termasuk Dekade Restorasi Ekosistem PBB 2021–2030. Pendekatan ini memastikan restorasi memberikan dampak ekologis yang maksimal, sekaligus mendukung pencapaian target keberlanjutan internasional. Manfaat restorasi padang lamun dan lahan basah bersifat multidimensional. Selain meningkatkan stabilitas pesisir dan mitigasi karbon, lamun yang sehat mendukung produktivitas perikanan, menjaga keanekaragaman hayati, serta memperkuat ketahanan masyarakat pesisir terhadap banjir, abrasi, dan badai.

C. Praktik Rehabilitasi Terbaru

Percepatan degradasi ekosistem pesisir akibat perubahan iklim, pembangunan pesisir yang tidak terkontrol, pencemaran, dan eksploitasi berlebih mendorong berkembangnya berbagai praktik rehabilitasi terbaru yang lebih berbasis sains, adaptif, dan partisipatif. Mangrove, terumbu karang, dan padang lamun menjadi fokus utama dalam dekade terakhir, terutama sejak dicanangkannya UN Decade on Ecosystem Restoration 2021–2030. Restorasi ekosistem pesisir bukan hanya strategi konservasi, tetapi juga bagian penting dari adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. Praktik rehabilitasi terbaru menekankan pendekatan

berbasis ekosistem, inovasi teknologi, integrasi kebijakan, serta penguatan ketahanan sosial-ekologis.

1. Rehabilitasi Mangrove Berbasis Hidrologi (*Ecological Mangrove Restoration*)

Rehabilitasi *mangrove* telah mengalami evolusi signifikan dari praktik konvensional yang hanya menekankan penanaman bibit ke pendekatan yang lebih holistik, yaitu Rehabilitasi Mangrove Berbasis Hidrologi atau *Ecological Mangrove Restoration* (EMR). FAO (2020) mencatat bahwa kegagalan banyak proyek penanaman *mangrove* di masa lalu disebabkan oleh ketidaksesuaian antara spesies yang ditanam dengan kondisi pasang surut, kualitas substrat, serta pola aliran air alami. Akibatnya, banyak bibit *mangrove* mati sebelum sempat berkembang menjadi ekosistem yang produktif. Pendekatan EMR muncul sebagai solusi untuk mengatasi kelemahan ini dengan menekankan pemulihan kondisi ekologis dasar sebelum intervensi biologis dilakukan.

EMR memulai proses rehabilitasi dengan memulihkan aliran air alami, elevasi lahan, dan dinamika sedimen yang sesuai dengan kebutuhan *mangrove*. Pemahaman terhadap hidrologi lokal sangat penting karena *mangrove* membutuhkan kondisi pasang surut tertentu agar dapat tumbuh optimal dan mempertahankan keseimbangan ekosistem. Dengan memastikan kondisi fisik dan hidrologi sesuai, bibit yang ditanam memiliki peluang hidup lebih tinggi, sehingga investasi waktu dan sumber daya menjadi lebih efisien.

Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan tingkat keberhasilan penanaman, tetapi juga mengurangi biaya jangka panjang karena intervensi ekologis awal mengurangi kebutuhan pemeliharaan intensif dan replanting berulang. Rehabilitasi yang dilakukan tanpa memperhatikan dinamika hidrologi sering menghasilkan *mangrove* yang lemah dan rentan terhadap abrasi atau kerusakan akibat badai. EMR, dengan pemulihan ekosistem secara menyeluruh, menjamin bahwa *mangrove* yang tumbuh memiliki stabilitas ekologis yang lebih tinggi.

2. Restorasi Terumbu Karang Berbasis Teknologi

Pada dekade terakhir, praktik restorasi terumbu karang telah mengalami inovasi yang signifikan, bergerak dari metode transplantasi konvensional ke pendekatan berbasis teknologi dan ilmiah. Coral gardening, misalnya, menjadi metode populer di mana bibit karang ditanam dan dirawat terlebih dahulu di lokasi yang terlindungi sebelum ditransplantasikan ke terumbu yang mengalami degradasi. Pendekatan ini meningkatkan peluang hidup karang dan mempercepat pemulihan ekosistem laut. Struktur buatan berbahan ramah lingkungan juga digunakan untuk menyediakan substrat tambahan yang mendukung pertumbuhan karang dan habitat ikan, sekaligus mengurangi tekanan pada terumbu alami.

Rekayasa substrat berbasis kalsium karbonat menjadi inovasi penting untuk menggantikan kerangka alami yang rusak. Substrat ini meniru struktur alami terumbu, memberikan tempat bagi larva karang menempel dan berkembang. United Nations (2022) melaporkan bahwa penggunaan substrat buatan meningkatkan kecepatan regenerasi karang hingga 30–50% dibandingkan pemulihan alami tanpa intervensi. Dengan kombinasi teknik coral gardening dan substrat buatan, rehabilitasi terumbu dapat lebih efektif dan terukur.

Pendekatan berbasis genetik juga semakin diintegrasikan, terutama melalui seleksi karang yang tahan panas atau metode assisted evolution. Peningkatan toleransi karang terhadap pemanasan laut sangat penting untuk menghadapi ancaman pemutihan karang akibat perubahan iklim. Seleksi genetik dan manipulasi adaptif memungkinkan terumbu mempertahankan fungsi ekologisnya meskipun suhu laut meningkat, sekaligus mendukung keberlanjutan jangka panjang ekosistem pesisir tropis.

3. Rehabilitasi Padang Lamun dengan Teknik Transplantasi Modern

Rehabilitasi padang lamun kini menjadi fokus penting dalam pengelolaan pesisir karena perannya yang strategis dalam menyimpan karbon biru, menstabilkan sedimen, dan mendukung produktivitas perikanan. Degradasi lamun tidak hanya mengurangi kapasitas ekosistem dalam menyerap karbon, tetapi juga menurunkan habitat bagi berbagai spesies ikan dan invertebrata. Rehabilitasi ekosistem lamun

menjadi prioritas dalam strategi adaptasi perubahan iklim dan pengelolaan sumber daya pesisir berkelanjutan.

Teknik transplantasi modern kini digunakan untuk meningkatkan keberhasilan restorasi lamun. Pendekatan berbasis modul memungkinkan bibit lamun ditanam dalam unit-unit terstruktur sehingga lebih mudah dipantau dan dipelihara. Penggunaan modul ini meningkatkan tingkat survival tanaman lamun dibandingkan metode penanaman langsung. Selain itu, penggunaan jangkar biologis biodegradable membantu menahan bibit lamun di substrat sedimen yang lunak, mengurangi risiko terangkat oleh arus atau gelombang, dan memastikan pertumbuhan yang lebih stabil.

Sebelum penanaman, perbaikan kualitas air menjadi langkah penting untuk memastikan kondisi lingkungan mendukung pertumbuhan lamun. Pendekatan ini mencakup pengurangan pencemaran nutrien, sedimentasi berlebih, dan aktivitas perkapalan yang merusak. Restorasi ekosistem lamun yang memperhitungkan kondisi hidrologi dan kualitas air meningkatkan ketahanan pesisir terhadap gelombang badai dan abrasi, sekaligus memperkuat kapasitas ekosistem dalam menyediakan jasa lingkungan seperti penyerapan karbon dan habitat perikanan.

4. Rehabilitasi Berbasis Solusi Hibrida (*Hybrid Nature-Based Solutions*)

Pendekatan rehabilitasi berbasis solusi hibrida (*Hybrid Nature-Based Solutions*) kini menjadi inovasi utama dalam pengelolaan pesisir yang adaptif terhadap perubahan iklim. Solusi ini menggabungkan kekuatan infrastruktur hijau, seperti *mangrove*, padang lamun, dan sabuk vegetasi pantai, dengan infrastruktur abu-abu atau keras, seperti tanggul rendah, struktur pemecah gelombang, dan proteksi beton ringan. Integrasi kedua pendekatan ini memungkinkan sistem proteksi pesisir menjadi lebih fleksibel dan adaptif, terutama dalam menghadapi kenaikan muka laut jangka panjang dan peningkatan intensitas badai.

Salah satu contoh praktik solusi hibrida adalah penanaman sabuk *mangrove* di sekeliling tanggul rendah. *Mangrove* berfungsi sebagai peredam gelombang alami, mengurangi energi yang diteruskan ke tanggul, sehingga mengurangi risiko kerusakan struktur keras dan biaya pemeliharaan. Kombinasi ini juga memperkuat kapasitas ekosistem

dalam menyerap karbon biru, menyediakan habitat perikanan, dan meningkatkan biodiversitas pesisir.

Pendekatan hibrida juga meningkatkan adaptabilitas sistem terhadap ketidakpastian iklim. Infrastruktur keras biasanya dirancang untuk kondisi tertentu dan kurang fleksibel ketika terjadi perubahan ekstrem, sementara elemen alami seperti *mangrove* dapat menyesuaikan diri dengan perubahan pasang surut dan sedimentasi. Kombinasi ini mengurangi tekanan pada struktur beton dan menurunkan biaya perawatan jangka panjang, sekaligus memberikan manfaat ekosistem yang luas.



BAB XI

PENDEKATAN EKONOMI BIRU (*BLUE ECONOMY*) DAN PEMBIAYAAN BERKELANJUTAN

Pendekatan ekonomi biru (*blue economy*) menjadi kerangka penting dalam pengelolaan sumber daya pesisir dan laut secara berkelanjutan. Konsep ini menekankan pemanfaatan ekosistem pesisir dan laut untuk pertumbuhan ekonomi, peningkatan kesejahteraan masyarakat, serta perlindungan terhadap lingkungan. Ekonomi biru menekankan keseimbangan antara pemanfaatan sumber daya dan konservasi ekosistem, dengan fokus pada inovasi, inklusi sosial, dan penciptaan nilai tambah dari aktivitas perikanan, akuakultur, pariwisata, energi terbarukan, dan jasa lingkungan lainnya. Pendekatan ini mampu meningkatkan ketahanan ekonomi komunitas pesisir sambil mempertahankan fungsi ekologis ekosistem.

Pembiayaan berkelanjutan menjadi komponen kunci dalam implementasi ekonomi biru. Model bisnis yang ramah lingkungan dan inklusif memerlukan dukungan mekanisme insentif, skema pasar hijau, dan pembiayaan inovatif seperti *Payments for Ecosystem Services* (PES) dan karbon biru. Instrumen ini tidak hanya mendorong konservasi dan restorasi ekosistem, tetapi juga meningkatkan keterlibatan sektor swasta dan masyarakat lokal. Pendekatan pembiayaan berkelanjutan memungkinkan program ekonomi biru berjalan secara jangka panjang, mengurangi ketergantungan pada pendanaan eksternal, dan mendorong investasi yang selaras dengan keberlanjutan ekologis.

A. Model Bisnis Berkelanjutan

Ekonomi biru (*blue economy*) berkembang sebagai paradigma pembangunan yang mengintegrasikan pertumbuhan ekonomi berbasis

sumber daya kelautan dan pesisir dengan prinsip keberlanjutan ekologis, inklusivitas sosial, dan efisiensi sumber daya. Konsep ini muncul sebagai respons terhadap degradasi ekosistem laut, perubahan iklim, serta kebutuhan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat pesisir tanpa melampaui daya dukung lingkungan (Sumaila *et al.*, 2019).

Pada konteks tersebut, model bisnis berkelanjutan menjadi instrumen kunci untuk mentransformasikan sektor kelautan seperti perikanan, akuakultur, pariwisata bahari, energi laut, dan bioteknologi kelautan agar selaras dengan tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs), khususnya SDG 14 (*Life Below Water*). Transformasi sistem ekonomi laut diperlukan untuk mendukung adaptasi dan mitigasi perubahan iklim.

Model bisnis berkelanjutan dalam ekonomi biru tidak hanya berorientasi pada keuntungan finansial, tetapi juga menciptakan nilai ekologis dan sosial (*triple bottom line: profit, people, planet*). OECD (2020) mendefinisikan model bisnis ekonomi biru sebagai sistem produksi dan konsumsi berbasis laut yang meminimalkan dampak lingkungan dan mengoptimalkan manfaat ekonomi jangka panjang.

1. Model Bisnis Perikanan Berkelanjutan

Model bisnis perikanan berkelanjutan menjadi kunci dalam mendukung ekonomi biru sekaligus menjaga ketahanan pangan global. Perikanan menyediakan sumber protein penting bagi lebih dari 3 miliar orang di seluruh dunia. Namun, tekanan akibat penangkapan berlebih, degradasi habitat laut, dan perubahan iklim mengancam stok ikan dan produktivitas ekosistem. Pengembangan model bisnis yang berkelanjutan bertujuan untuk menjaga keseimbangan antara pemanfaatan sumber daya laut dan konservasi ekosistem, sehingga perikanan tetap produktif untuk generasi mendatang.

Salah satu strategi utama adalah penerapan penangkapan berbasis kuota ilmiah, di mana jumlah tangkapan ditentukan berdasarkan evaluasi stok dan kapasitas regenerasi ikan. Kuota berbasis ilmiah dapat mencegah penangkapan berlebih dan menurunkan risiko kolapsnya populasi ikan. Selain itu, pengelolaan berbasis hak akses (*rights-based fisheries*) memberikan kepastian hukum dan insentif bagi nelayan untuk menjaga stok, karena hak tangkap terikat dengan praktik berkelanjutan.

Sistem ini mendorong tanggung jawab kolektif dalam menjaga ekosistem laut.

Penerapan sertifikasi ekolabel, seperti *Marine Stewardship Council* (MSC), juga menjadi bagian penting dari model bisnis berkelanjutan. Sertifikasi ini memberikan insentif ekonomi melalui akses ke pasar premium dan meningkatkan kesadaran konsumen mengenai praktik perikanan yang ramah lingkungan. Integrasi adaptasi perubahan iklim, seperti penyesuaian lokasi penangkapan sesuai perubahan distribusi stok ikan akibat pemanasan laut, memperkuat ketahanan model bisnis perikanan terhadap risiko iklim dan variabilitas ekologi. Reformasi subsidi perikanan menjadi langkah tambahan untuk mendukung keberlanjutan. Penghapusan subsidi yang mendorong penangkapan berlebih atau praktik merusak habitat laut merupakan strategi penting untuk mengarahkan industri ke arah pemanfaatan sumber daya yang bertanggung jawab.

2. Akuakultur Berkelanjutan sebagai Model Pertumbuhan Baru

Akuakultur berkelanjutan telah muncul sebagai model pertumbuhan baru yang strategis dalam ekonomi biru global. Dengan meningkatnya tekanan terhadap stok ikan liar akibat penangkapan berlebih, akuakultur menyediakan alternatif untuk memenuhi permintaan protein laut tanpa menguras sumber daya alam. FAO (2020) mencatat bahwa saat ini lebih dari separuh produksi perikanan dunia untuk konsumsi manusia berasal dari sektor budidaya. Pengembangan model bisnis akuakultur yang berkelanjutan tidak hanya berkontribusi pada ketahanan pangan, tetapi juga mendukung penciptaan lapangan kerja dan pengembangan ekonomi masyarakat pesisir.

Salah satu komponen utama dalam model ini adalah penerapan sistem budidaya rendah emisi yang meminimalkan pencemaran nutrisi dan gas rumah kaca. Pendekatan ini meliputi penggunaan *Recirculating Aquaculture Systems* (RAS) yang efisien dalam penggunaan air dan pengelolaan limbah. Teknologi ini memungkinkan produksi yang intensif namun tetap ramah lingkungan, sehingga mengurangi dampak negatif terhadap ekosistem pesisir. Selain itu, sistem budidaya rendah emisi membantu memperkuat ketahanan sektor akuakultur terhadap perubahan iklim dan variabilitas lingkungan.

Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) menjadi inovasi lain yang mendukung keberlanjutan. Dalam sistem ini, limbah dari satu spesies, seperti ikan, dimanfaatkan sebagai nutrisi bagi spesies lain, seperti kerang atau rumput laut. Pendekatan ini meningkatkan efisiensi ekosistem dan mengurangi dampak lingkungan dari kegiatan budidaya. Integrasi multi-trofik mendukung produktivitas yang lebih tinggi dan diversifikasi pendapatan bagi petani ikan, sehingga meningkatkan keberlanjutan ekonomi lokal sekaligus menjaga keseimbangan ekologis.

3. Pariwisata Bahari Berkelanjutan

Pariwisata bahari berkelanjutan kini menjadi salah satu pilar penting dalam pengembangan ekonomi pesisir, terutama di negara berkembang yang bergantung pada sektor wisata untuk pendapatan nasional dan lokal. Aktivitas wisata di kawasan pantai, pulau, dan terumbu karang memberikan peluang ekonomi bagi masyarakat pesisir melalui lapangan kerja, jasa pemandu, penginapan, dan penjualan produk lokal. Namun, tanpa pengelolaan yang tepat, pariwisata massal dapat menyebabkan degradasi ekosistem pesisir, termasuk kerusakan terumbu karang, erosi pantai, dan hilangnya habitat laut. Model bisnis pariwisata berkelanjutan menekankan keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi dan konservasi lingkungan.

Salah satu pendekatan utama adalah ekowisata berbasis komunitas, di mana masyarakat lokal dilibatkan langsung dalam perencanaan, operasional, dan pengawasan aktivitas wisata. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan partisipasi masyarakat, tetapi juga memperkuat rasa kepemilikan terhadap sumber daya alam dan budaya setempat. Ekowisata berbasis komunitas mampu menciptakan manfaat ganda: konservasi ekosistem sekaligus peningkatan kesejahteraan ekonomi masyarakat pesisir. Edukasi wisatawan mengenai konservasi dan perilaku ramah lingkungan juga menjadi bagian integral dari keberlanjutan ekowisata.

Sertifikasi destinasi hijau menjadi instrumen penting untuk memastikan bahwa praktik pariwisata memenuhi standar lingkungan dan sosial. Destinasi yang tersertifikasi harus memenuhi kriteria pengelolaan limbah, efisiensi energi, konservasi keanekaragaman hayati, dan keterlibatan masyarakat lokal. Sertifikasi semacam ini meningkatkan daya saing destinasi di pasar internasional dan menarik wisatawan yang

memiliki kesadaran lingkungan tinggi. Sistem sertifikasi juga mendorong transparansi dan akuntabilitas dalam pengelolaan sumber daya alam.

B. Mekanisme Insentif dan Pasar Hijau

Transformasi menuju ekonomi biru berkelanjutan tidak hanya memerlukan inovasi teknologi dan reformasi kebijakan, tetapi juga mekanisme insentif ekonomi yang mampu mengubah perilaku pelaku usaha dan masyarakat. Dalam konteks sumber daya kelautan dan pesisir, insentif ekonomi dan pasar hijau menjadi instrumen penting untuk menginternalisasi biaya lingkungan, mendorong investasi hijau, serta memperkuat konservasi dan restorasi ekosistem (Martínez-Vázquez *et al.*, 2021).

Instrumen berbasis pasar dapat mempercepat transisi menuju ekonomi rendah karbon dan tangguh iklim, termasuk di sektor kelautan. Mekanisme ini mencakup subsidi ramah lingkungan, pajak ekologis, pembayaran jasa lingkungan (*payment for ecosystem services/PES*), kredit karbon biru, sertifikasi ecolabel, hingga obligasi biru (*blue bonds*). Integrasi instrumen tersebut dalam kerangka ekonomi biru menjadi strategi penting dalam memastikan pertumbuhan ekonomi pesisir yang inklusif dan berkelanjutan.

Secara teoritis, insentif ekonomi bertujuan untuk mengoreksi kegagalan pasar (*market failure*) yang terjadi akibat eksternalitas negatif, seperti polusi laut dan eksploitasi berlebih sumber daya perikanan. Banyak aktivitas ekonomi laut tidak mencerminkan biaya lingkungan secara penuh, sehingga mendorong degradasi ekosistem.

1. Reformasi Subsidi dan Insentif Fiskal Hijau

Reformasi subsidi dan insentif fiskal hijau menjadi strategi kunci dalam mendukung keberlanjutan sektor kelautan dan perikanan. Subsidi yang tidak tepat sasaran, seperti dukungan bahan bakar untuk kapal penangkap ikan berkapasitas besar, sering kali mendorong penangkapan berlebih dan kerusakan stok ikan. Reformasi subsidi perlu diarahkan

pada pengurangan tekanan terhadap ekosistem laut dan peningkatan efisiensi pemanfaatan sumber daya. Perubahan kebijakan ini bukan hanya mengurangi degradasi lingkungan, tetapi juga mendorong praktik perikanan yang adaptif terhadap perubahan iklim.

Insentif fiskal hijau menjadi salah satu instrumen untuk mendorong praktik berkelanjutan. Contohnya, pemberian insentif pajak bagi usaha akuakultur rendah emisi mendorong adopsi teknologi hemat energi dan penggunaan pakan ramah lingkungan. Subsidi peralatan tangkap yang ramah lingkungan membantu nelayan beralih dari alat destruktif ke metode yang lebih selektif dan minim dampak terhadap habitat laut. Selain itu, dukungan pembiayaan untuk pengembangan energi terbarukan laut, seperti angin lepas pantai dan energi gelombang, memperkuat integrasi ekonomi biru rendah karbon dalam perencanaan wilayah pesisir.

Reformasi fiskal berbasis lingkungan merupakan langkah strategis dalam mendukung dekarbonisasi sektor kelautan. Dengan mengalihkan dukungan dari praktik merusak ke investasi hijau, pemerintah dapat memperkuat ketahanan ekosistem, meningkatkan pendapatan nelayan jangka panjang, serta menurunkan risiko ekonomi akibat kerusakan stok ikan. Kombinasi reformasi subsidi dan insentif fiskal hijau mendorong transformasi sektor kelautan menuju keberlanjutan ekologis, ekonomi, dan sosial, sekaligus mendukung pencapaian target iklim global.

2. Pembayaran Jasa Lingkungan (*Payment for Ecosystem Services/PES*)

Pembayaran Jasa Lingkungan (*Payment for Ecosystem Services/PES*) menjadi mekanisme inovatif untuk menghubungkan konservasi ekosistem pesisir dengan kepentingan ekonomi masyarakat dan sektor swasta. Prinsip dasar PES adalah memberikan kompensasi kepada pihak yang menjaga atau memulihkan ekosistem, sehingga jasa lingkungan yang bernilai ekonomi, seperti perlindungan pantai alami, habitat ikan, dan penyimpanan karbon, dihargai secara langsung. Dalam konteks pesisir, skema PES sering diterapkan pada konservasi *mangrove*, padang lamun, dan terumbu karang, yang memiliki fungsi ekologis penting sekaligus mendukung mata pencaharian lokal.

PES dapat diimplementasikan dalam berbagai bentuk, termasuk pembayaran berbasis kinerja restorasi ekosistem, insentif untuk perlindungan habitat ikan, atau kompensasi atas jasa proteksi pantai yang diberikan oleh ekosistem alami. Mekanisme ini mendorong pelaku lokal dan komunitas pesisir untuk berpartisipasi aktif dalam menjaga keberlanjutan lingkungan. Skema berbasis kinerja memastikan bahwa pembayaran diberikan hanya jika tujuan konservasi tercapai, sehingga ada dorongan nyata untuk mempertahankan kualitas ekosistem dan hasil jangka panjangnya.

PES juga berkontribusi pada peningkatan kesejahteraan masyarakat pesisir. Pendapatan tambahan dari kompensasi lingkungan dapat digunakan untuk investasi lokal, diversifikasi mata pencaharian, atau peningkatan kapasitas pengelolaan sumber daya. Keberhasilan PES sangat bergantung pada desain yang transparan, partisipatif, dan adil, sehingga semua pihak mendapatkan manfaat dan ekosistem pesisir tetap terjaga.

3. Pasar Karbon Biru (*Blue Carbon Markets*)

Pasar Karbon Biru (*Blue Carbon Markets*) menawarkan mekanisme inovatif untuk menghubungkan konservasi ekosistem pesisir dengan mitigasi perubahan iklim melalui insentif ekonomi. Ekosistem pesisir seperti *mangrove*, padang lamun, dan rawa asin memiliki kemampuan tinggi dalam menyerap dan menyimpan karbon dalam biomassa dan sedimen, yang dikenal sebagai karbon biru. Ekosistem ini berperan strategis dalam mengurangi emisi karbon global, sehingga perlindungan dan restorasinya menjadi bagian penting dari strategi mitigasi iklim.

Pengembangan pasar karbon biru memungkinkan monetisasi jasa lingkungan ini melalui skema kredit karbon, yang dapat diperdagangkan di pasar internasional atau digunakan untuk memenuhi komitmen pengurangan emisi nasional. Mekanisme ini memberikan insentif langsung bagi komunitas pesisir untuk melindungi dan merehabilitasi ekosistem, sehingga tujuan ekologis dan ekonomi dapat tercapai secara simultan. Dengan sistem pengukuran, pelaporan, dan verifikasi yang transparan, pasar karbon biru menjamin bahwa proyek restorasi ekosistem memberikan kontribusi nyata terhadap penyerapan karbon.

Integrasi karbon biru dalam *Nationally Determined Contributions* (NDCs) juga membuka peluang bagi negara berkembang untuk memperoleh akses ke pembiayaan iklim global, seperti Green Climate Fund dan mekanisme pasar karbon internasional. Pengakuan ekonomi terhadap karbon biru mendorong investasi lokal dalam restorasi *mangrove* dan lamun, sekaligus meningkatkan kesejahteraan masyarakat pesisir.

4. Sertifikasi dan Ekolabel

Sertifikasi dan ekolabel menjadi instrumen penting dalam mendukung keberlanjutan sektor kelautan melalui mekanisme pasar. Permintaan global terhadap produk perikanan bersertifikat terus meningkat, seiring dengan kesadaran konsumen akan isu lingkungan dan sosial. Ekolabel seperti *Marine Stewardship Council* (MSC) untuk perikanan tangkap dan *Aquaculture Stewardship Council* (ASC) untuk budidaya memberikan jaminan bahwa produk dihasilkan dengan mempertimbangkan kelestarian stok ikan, minimnya dampak terhadap ekosistem, serta perlakuan adil terhadap pekerja. Penerapan sertifikasi ini mendorong produsen untuk memenuhi standar tinggi yang mengintegrasikan aspek ekologis, sosial, dan ekonomi dalam praktik produksinya.

Sertifikasi dan ekolabel meningkatkan transparansi rantai pasok, karena konsumen dan pelaku pasar dapat melacak asal produk serta memverifikasi proses produksi. Transparansi ini juga menjadi alat pengawasan pasar, sehingga praktik penangkapan ikan ilegal, tidak dilaporkan, dan tidak diregulasi (*IUU fishing*) dapat diminimalkan. Sertifikasi tidak hanya memberikan nilai tambah ekonomi berupa harga premium, tetapi juga memperkuat kepatuhan terhadap regulasi lingkungan dan sosial.

Sertifikasi berfungsi sebagai mekanisme advokasi untuk perubahan praktik industri. Produsen terdorong untuk mengadopsi inovasi ramah lingkungan, seperti penggunaan peralatan tangkap selektif, pengelolaan limbah budidaya, dan pemantauan stok berbasis ilmiah. Dengan integrasi sertifikasi dalam strategi ekonomi biru, sektor kelautan dapat berkembang secara berkelanjutan, meningkatkan daya saing global, dan pada saat yang sama menjaga kelestarian ekosistem

laut. Ekolabel menjadi jembatan antara kepentingan ekonomi, konservasi sumber daya laut, dan kesadaran konsumen global.

5. Obligasi Biru (*Blue Bonds*) dan Instrumen Keuangan Hijau

Obligasi biru (*blue bonds*) muncul sebagai instrumen inovatif dalam pembiayaan proyek ekonomi biru yang berkelanjutan. Tujuan utamanya adalah mobilisasi modal untuk mendukung konservasi laut, pengelolaan perikanan berkelanjutan, dan perlindungan ekosistem pesisir. Penerbitan *blue bonds* pertama membuka peluang signifikan bagi sektor swasta untuk berinvestasi dalam proyek kelautan yang ramah lingkungan. Dengan mekanisme ini, dana yang terkumpul dapat digunakan untuk rehabilitasi terumbu karang, restorasi *mangrove*, serta pengembangan perikanan dan akuakultur berkelanjutan, sekaligus memberikan jaminan pengembalian bagi investor melalui kerangka pengelolaan yang transparan.

Obligasi biru termasuk dalam instrumen keuangan hijau yang berperan penting dalam mendanai adaptasi perubahan iklim di wilayah pesisir. Proyek yang dibiayai melalui *blue bonds* tidak hanya memiliki dampak ekologis tetapi juga meningkatkan ketahanan sosial-ekonomi masyarakat pesisir. Integrasi indikator keberlanjutan, audit lingkungan, dan pelaporan transparan memastikan bahwa investasi memenuhi tujuan ganda: mitigasi dan adaptasi perubahan iklim, serta peningkatan kesejahteraan komunitas lokal. Pendekatan *blended finance*, yakni kombinasi dana publik dan swasta, semakin banyak diterapkan untuk memperluas cakupan investasi di sektor kelautan. Kolaborasi antara pemerintah, lembaga keuangan internasional, dan sektor swasta dapat menurunkan risiko investasi sekaligus meningkatkan skala pembiayaan proyek.

6. Pasar Hijau dan Rantai Pasok Berkelanjutan

Pasar hijau menjadi fenomena penting dalam transformasi ekonomi berkelanjutan, mencerminkan preferensi konsumen yang semakin peduli terhadap produk dan jasa ramah lingkungan. Di sektor kelautan, hal ini berarti meningkatnya permintaan terhadap produk perikanan dan akuakultur yang bersertifikasi keberlanjutan, seperti *Marine Stewardship Council (MSC)* dan *Aquaculture Stewardship*

Council (ASC). Transparansi rantai pasok, termasuk digitalisasi proses distribusi dan pelacakan produk, meningkatkan akuntabilitas dan memastikan bahwa praktik produksi benar-benar ramah lingkungan. Dengan informasi yang jelas, konsumen dapat membuat pilihan yang lebih bertanggung jawab, sementara produsen terdorong untuk mengadopsi praktik berkelanjutan.

Integrasi prinsip ekonomi sirkular dalam sektor kelautan menjadi komponen kunci pasar hijau. Inovasi seperti daur ulang plastik laut, pemanfaatan limbah perikanan untuk pakan atau pupuk organik, dan pengolahan limbah menjadi energi membantu mengurangi dampak negatif terhadap ekosistem pesisir. Pendekatan ini tidak hanya menekan tekanan lingkungan tetapi juga menciptakan peluang ekonomi baru, menjadikan limbah sebagai sumber daya produktif. Praktik ekonomi sirkular ini mendukung kesinambungan produksi sambil memperkuat ketahanan ekosistem, sehingga manfaat ekologis dan ekonomi berjalan beriringan. Pasar hijau juga memberikan nilai tambah ekonomi bagi pelaku usaha berkelanjutan. Diferensiasi produk, seperti label hijau atau sertifikasi keberlanjutan, memungkinkan produsen memperoleh harga premium dan akses ke pasar internasional yang lebih luas. Selain itu, pendekatan ini mendorong inovasi dalam pengolahan, logistik, dan strategi pemasaran produk laut.

C. Skema Pembiayaan Inovatif (mis. PES, Karbon Biru)

Transformasi menuju ekonomi biru berkelanjutan membutuhkan dukungan pembiayaan yang memadai, stabil, dan berorientasi jangka panjang. Tantangan degradasi ekosistem pesisir, perubahan iklim, serta tekanan eksploitasi sumber daya laut tidak dapat diatasi hanya melalui anggaran publik konvensional. Berkembang berbagai skema pembiayaan inovatif seperti *Payment for Ecosystem Services* (PES), karbon biru (*blue carbon*), obligasi biru (*blue bonds*), dan mekanisme blended finance untuk mendukung konservasi dan pemanfaatan berkelanjutan sumber daya laut.

Pörtner *et al.* (2022) menegaskan bahwa pembiayaan berbasis solusi alam (*nature-based solutions financing*) merupakan komponen penting dalam strategi mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Dalam konteks ekonomi biru, pembiayaan inovatif tidak hanya berfungsi

sebagai sumber dana, tetapi juga sebagai mekanisme insentif untuk mendorong perubahan perilaku pelaku usaha dan komunitas pesisir.

Pembiayaan inovatif dalam ekonomi biru didasarkan pada prinsip internalisasi eksternalitas lingkungan dan mobilisasi modal swasta untuk tujuan publik. Sektor kelautan menghadapi kesenjangan pembiayaan (*ocean finance gap*) yang signifikan, terutama untuk konservasi dan restorasi ekosistem.

1. *Payment for Ecosystem Services* (PES) di Wilayah Pesisir

Payment for Ecosystem Services (PES) telah menjadi mekanisme penting dalam mendukung konservasi dan pengelolaan ekosistem pesisir secara berkelanjutan. Prinsip dasar PES adalah pemberian kompensasi finansial kepada pihak yang menjaga, memulihkan, atau memanfaatkan jasa ekosistem secara berkelanjutan. Di wilayah pesisir, jasa ekosistem yang dihargai meliputi perlindungan pantai dari abrasi dan badai, penyimpanan karbon biru, habitat bagi ikan dan biota laut, serta peningkatan kualitas air. PES menciptakan insentif ekonomi yang konkret untuk konservasi, sekaligus menjembatani kepentingan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat lokal.

Implementasi PES di wilayah pesisir dapat berbentuk berbagai skema yang disesuaikan dengan konteks lokal. Contohnya adalah pembayaran untuk perlindungan *mangrove* yang berfungsi sebagai benteng alami menghadapi gelombang dan badai tropis. Skema ini memberikan penghargaan kepada masyarakat yang melakukan restorasi dan pemeliharaan *mangrove*. Selain itu, nelayan yang menerapkan praktik penangkapan berkelanjutan dapat memperoleh insentif finansial, sehingga praktik konservasi tidak hanya menjadi kewajiban moral tetapi juga memberikan manfaat ekonomi langsung. Skema kompensasi bagi komunitas yang menjaga kawasan konservasi laut turut memperkuat perlindungan habitat kritis dan meningkatkan kepatuhan terhadap regulasi.

PES dapat mengurangi biaya adaptasi perubahan iklim dengan memanfaatkan fungsi proteksi alami ekosistem pesisir. Dengan adanya kompensasi finansial, masyarakat terdorong untuk mempertahankan atau memulihkan fungsi ekosistem secara berkelanjutan, yang pada gilirannya mengurangi risiko kerugian ekonomi akibat banjir rob, abrasi,

atau kerusakan terumbu karang. Pendekatan ini juga memungkinkan pemerintah dan sektor swasta mengalokasikan sumber daya secara lebih efisien dibandingkan membangun infrastruktur keras yang mahal.

2. Karbon Biru sebagai Instrumen Mitigasi dan Pembiayaan

Karbon biru merupakan konsep yang menekankan peran ekosistem pesisir dalam menyerap dan menyimpan karbon, sehingga menjadi instrumen penting dalam mitigasi perubahan iklim. Ekosistem seperti *mangrove*, padang lamun, dan rawa asin memiliki kapasitas penyimpanan karbon per hektar yang jauh lebih tinggi dibandingkan banyak ekosistem darat, menjadikannya aset ekologis strategis. Selain fungsi ekologis, karbon biru memiliki nilai ekonomi karena dapat diintegrasikan dalam mekanisme pasar karbon, sehingga konservasi dan restorasi ekosistem pesisir tidak hanya mendukung keberlanjutan lingkungan, tetapi juga membuka peluang pembiayaan bagi komunitas lokal dan pemerintah.

Pengembangan pasar karbon biru memerlukan inventarisasi stok karbon yang akurat untuk mengetahui jumlah karbon yang disimpan dalam ekosistem pesisir. OECD (2020) menekankan pentingnya prosedur verifikasi dan sertifikasi kredit karbon agar nilai ekonomi yang dihasilkan dapat diterima secara global. Proses ini melibatkan pengukuran karbon, audit pihak ketiga, serta pelaporan transparan agar kredit karbon dapat diperdagangkan di pasar sukarela maupun kepatuhan. Konservasi ekosistem pesisir dapat memperoleh pendanaan tambahan melalui transaksi karbon, mendorong masyarakat dan pemerintah untuk memprioritaskan pemulihan dan perlindungan wilayah pesisir.

Skema karbon biru juga memberikan peluang strategis bagi negara berkembang untuk mengakses pendanaan iklim internasional. Kredit karbon dari ekosistem pesisir dapat dimanfaatkan untuk membiayai proyek adaptasi dan mitigasi iklim, termasuk restorasi *mangrove*, rehabilitasi padang lamun, dan pengembangan kapasitas masyarakat pesisir. Pendekatan ini memperkuat hubungan antara perlindungan ekosistem dan pembangunan ekonomi, sekaligus meningkatkan ketahanan komunitas terhadap risiko iklim seperti banjir rob dan abrasi pantai.

3. Obligasi Biru (*Blue Bonds*)

Obligasi biru atau *blue bonds* merupakan inovasi keuangan yang dirancang untuk mendukung proyek kelautan berkelanjutan, termasuk pengelolaan perikanan, konservasi laut, dan restorasi *mangrove*. Instrumen ini memungkinkan pemerintah dan lembaga keuangan mengakses modal dari investor swasta untuk membiayai proyek-proyek yang memiliki dampak lingkungan positif sekaligus memberikan pengembalian finansial. Penerbitan obligasi biru pertama berhasil membuka jalur baru mobilisasi investasi swasta ke sektor ekonomi biru, yang sebelumnya terbatas pada pendanaan publik dan donor internasional.

Efektivitas obligasi biru sangat bergantung pada kerangka tata kelola yang transparan dan sistem pelaporan dampak yang jelas. Setiap proyek yang dibiayai melalui obligasi biru harus memiliki indikator kinerja lingkungan yang terukur, sehingga investor dapat menilai kontribusi nyata terhadap konservasi dan keberlanjutan laut. Selain itu, pelaporan berkala mengenai pencapaian proyek, penggunaan dana, dan dampak ekologis menjadi komponen penting untuk menjaga kredibilitas instrumen ini dan memperkuat kepercayaan pasar.

Obligasi biru harus selaras dengan standar keuangan hijau global, termasuk prinsip-prinsip transparansi dan akuntabilitas. Hal ini penting untuk mencegah praktik *greenwashing*, di mana dana diinvestasikan pada proyek yang mengaku berkelanjutan tetapi sebenarnya memiliki dampak lingkungan yang minimal. Integrasi standar global memastikan bahwa obligasi biru benar-benar mendukung tujuan mitigasi perubahan iklim, konservasi keanekaragaman hayati, dan peningkatan kesejahteraan masyarakat pesisir.

4. *Blended Finance* dan Kemitraan Publik-Swasta

Blended finance merupakan mekanisme pembiayaan inovatif yang menggabungkan dana publik dan swasta untuk mendukung proyek berkelanjutan, termasuk di sektor kelautan. Pendekatan ini bertujuan mengurangi risiko investasi yang biasanya menjadi hambatan bagi sektor swasta untuk berpartisipasi dalam proyek yang berdampak lingkungan positif, tetapi memiliki profil risiko tinggi atau pengembalian finansial jangka panjang. Dengan dukungan dana publik, risiko dapat dibagi,

sehingga proyek seperti pembangunan infrastruktur pelabuhan ramah lingkungan, restorasi terumbu karang berbasis wisata bahari, dan pengembangan akuakultur rendah emisi menjadi lebih menarik bagi investor swasta.

Pada konteks infrastruktur pelabuhan, *blended finance* memungkinkan pembangunan fasilitas dengan standar lingkungan tinggi, seperti pengelolaan limbah dan energi terbarukan, yang biasanya memerlukan investasi awal besar. Partisipasi swasta, didorong oleh insentif dan jaminan publik, meningkatkan efisiensi operasional dan keberlanjutan finansial proyek. Pendekatan ini tidak hanya mendukung konservasi laut, tetapi juga memperkuat ekonomi lokal melalui penciptaan lapangan kerja dan peningkatan kapasitas logistik kawasan pesisir.

Restorasi terumbu karang berbasis wisata bahari juga mendapatkan manfaat dari *blended finance*. Investasi publik dapat menanggung biaya awal rehabilitasi ekosistem, sementara sektor swasta dapat memperoleh keuntungan dari pengembangan ekowisata dan layanan pendukung. Kemitraan publik-swasta mempercepat implementasi solusi berbasis alam dalam skala besar, sekaligus memastikan keterlibatan masyarakat lokal dan pemanfaatan ekosistem secara berkelanjutan. Model ini memungkinkan proyek konservasi memiliki dampak ekologis dan sosial yang signifikan tanpa membebani anggaran publik sepenuhnya.

5. Asuransi Ekosistem dan Instrumen Risiko

Asuransi ekosistem merupakan inovasi penting dalam pembiayaan ekonomi biru, yang mengubah cara nilai ekosistem pesisir dihitung dan dilindungi. Berbeda dengan asuransi konvensional yang fokus pada properti atau infrastruktur manusia, asuransi ini menilai nilai ekonomi ekosistem seperti terumbu karang, *mangrove*, dan padang lamun, serta memberikan perlindungan finansial jika ekosistem tersebut mengalami kerusakan akibat bencana alam atau peristiwa ekstrem. Pendekatan ini mengakui ekosistem sebagai aset produktif yang memiliki peran langsung dalam mitigasi risiko dan penyediaan jasa lingkungan.

Penerapan asuransi ekosistem paling nyata terlihat pada program asuransi terumbu karang di beberapa negara tropis. Premi asuransi ini

dibayar oleh pemerintah, investor, atau pihak yang diuntungkan dari fungsi protektif karang, seperti sektor pariwisata dan perikanan. Jika terjadi badai atau gelombang ekstrem yang merusak terumbu, klaim asuransi dapat segera digunakan untuk membiayai rehabilitasi ekosistem, termasuk transplantasi karang, pemasangan struktur pendukung, dan pemulihan habitat ikan. Sistem ini memungkinkan pemulihan cepat dan mengurangi ketergantungan pada dana publik atau bantuan darurat pascabencana.

Konsep asuransi ekosistem dapat diterapkan pada *mangrove* dan padang lamun. Ekosistem ini memiliki fungsi protektif terhadap abrasi pantai, banjir rob, dan badai, serta berkontribusi pada penyimpanan karbon biru. Dengan mengasuransikan ekosistem ini, risiko finansial dari degradasi dapat diminimalkan, sementara insentif ekonomi untuk konservasi meningkat. Hal ini mendorong keterlibatan sektor swasta, masyarakat lokal, dan pemerintah dalam menjaga keberlanjutan ekosistem pesisir.



BAB XII

PEMBERDAYAAN MASYARAKAT DAN KAJIAN SOSIOKULTURAL

Pemberdayaan masyarakat menjadi aspek penting dalam pengelolaan sumber daya pesisir yang berkelanjutan. Wilayah pesisir bukan hanya ekosistem biologis, tetapi juga ruang sosial yang dihuni komunitas dengan budaya, tradisi, dan mata pencaharian khas. Keberhasilan pengelolaan pesisir sangat bergantung pada partisipasi aktif masyarakat lokal dalam perencanaan, pengawasan, dan pemanfaatan sumber daya. Dengan pemberdayaan yang tepat, masyarakat dapat menjadi agen perubahan yang mendukung konservasi ekosistem sekaligus meningkatkan kesejahteraan sosial dan ekonomi.

Peran lembaga adat dan nilai-nilai budaya pesisir menjadi fondasi penting dalam pemberdayaan. Lembaga adat sering mengatur praktik pemanfaatan sumber daya secara berkelanjutan melalui aturan tradisional yang telah teruji oleh waktu. Selain itu, perhatian terhadap aspek gender dan inklusi sosial memastikan bahwa semua kelompok masyarakat, termasuk perempuan dan kelompok rentan, memiliki akses dan manfaat yang adil dari sumber daya pesisir. Integrasi kearifan lokal dengan kebijakan modern memperkuat legitimasi dan efektivitas pengelolaan, sehingga praktik konservasi dan pemanfaatan sumber daya dapat diterima secara luas oleh komunitas.

A. Peran Lembaga Adat dan Budaya Pesisir

Wilayah pesisir merupakan ruang hidup yang tidak hanya memiliki dimensi ekologis dan ekonomi, tetapi juga dimensi sosial dan kultural yang kuat. Komunitas pesisir secara historis membangun sistem nilai, norma, dan kelembagaan adat yang mengatur hubungan manusia dengan laut dan sumber daya alamnya. Dalam konteks pembangunan berkelanjutan dan ekonomi biru, pengakuan terhadap peran lembaga adat

menjadi elemen penting dalam memastikan tata kelola sumber daya pesisir yang inklusif dan berbasis kearifan lokal (Díaz *et al.*, 2019).

Lembaga adat pesisir berfungsi sebagai mekanisme pengaturan sosial yang menjaga keseimbangan antara pemanfaatan dan konservasi sumber daya. Integrasi pengetahuan lokal dan adat dalam kebijakan adaptasi iklim meningkatkan efektivitas dan legitimasi program pembangunan. Pemberdayaan masyarakat pesisir tidak dapat dilepaskan dari penguatan institusi adat sebagai aktor kunci dalam tata kelola berbasis komunitas.

Teori *common pool resources* (CPR) menekankan bahwa sumber daya bersama seperti perikanan dan wilayah pesisir dapat dikelola secara berkelanjutan melalui aturan lokal yang disepakati komunitas (Ostrom, 1990). Dalam praktiknya, lembaga adat di banyak wilayah pesisir berfungsi sebagai pengatur akses, musim tangkap, zona larangan, dan sanksi sosial.

Sistem pengetahuan adat dan lokal (*Indigenous and Local Knowledge/ILK*) memiliki kontribusi signifikan dalam konservasi keanekaragaman hayati. Pengakuan ini memperkuat posisi lembaga adat sebagai mitra strategis dalam pengelolaan pesisir berbasis ekosistem. Tata kelola laut yang efektif membutuhkan pendekatan polisentris, di mana negara dan lembaga lokal berbagi peran dan tanggung jawab. Lembaga adat pesisir menjalankan berbagai peran strategis, antara lain:

1. Pengaturan Akses dan Zonasi Tradisional

Pengaturan akses dan zonasi tradisional merupakan salah satu bentuk pengelolaan sumber daya pesisir yang telah diterapkan secara turun-temurun oleh komunitas lokal. Sistem ini biasanya didasarkan pada aturan adat yang mengatur siapa yang berhak menangkap ikan, di mana, dan kapan kegiatan penangkapan diperbolehkan. FAO (2020) mencatat bahwa praktik ini muncul dari pemahaman mendalam masyarakat terhadap dinamika ekosistem lokal, termasuk pola migrasi ikan, musim pemijahan, dan kapasitas lingkungan untuk regenerasi. Zonasi tradisional tidak hanya bersifat administratif, tetapi juga ekologi dan sosial, menjaga keseimbangan antara pemanfaatan dan konservasi sumber daya.

Pada praktiknya, zonasi tradisional dapat berupa pembatasan area tangkap, larangan menangkap jenis ikan tertentu, atau penetapan periode larangan menangkap selama musim pemijahan. Pendekatan ini memungkinkan stok ikan dan biota laut lainnya pulih secara alami, sehingga produktivitas jangka panjang tetap terjaga. Komunitas yang menerapkan pengaturan ini cenderung memiliki tingkat kepatuhan tinggi karena aturan dianggap sebagai bagian dari identitas budaya dan kewajiban sosial. Sistem ini juga membangun mekanisme sanksi sosial yang efektif, misalnya pengucilan atau denda adat bagi pelanggar.

Zonasi tradisional memiliki manfaat sosial-ekonomi. Dengan mengatur akses secara adil, semua anggota komunitas memiliki kesempatan memperoleh hasil tangkapan secara berkelanjutan. Pendekatan ini juga meminimalkan konflik antarnelayan yang bersaing untuk sumber daya terbatas. Sistem zonasi adat sering dilengkapi dengan forum musyawarah lokal untuk menyelesaikan perselisihan dan menyesuaikan aturan dengan perubahan kondisi lingkungan atau kebutuhan masyarakat.

2. Pengawasan dan Penegakan Norma Sosial

Pengawasan dan penegakan norma sosial berbasis adat merupakan aspek penting dalam pengelolaan sumber daya pesisir oleh komunitas lokal. Sistem ini beroperasi melalui mekanisme sosial di mana anggota komunitas secara kolektif memantau aktivitas pemanfaatan sumber daya, seperti penangkapan ikan, penebangan *mangrove*, atau pengambilan biota laut yang dilindungi. Pengawasan berbasis komunitas memiliki keunggulan karena didukung legitimasi sosial dan budaya, sehingga pelanggaran terhadap aturan adat cenderung ditindak dengan kepatuhan yang tinggi. Pendekatan ini memanfaatkan norma sosial yang telah melembaga, sehingga aturan tidak hanya formal, tetapi juga internalisasi nilai dan tanggung jawab bersama.

Sanksi sosial menjadi instrumen utama dalam menegakkan norma adat. Pelanggaran terhadap aturan, misalnya menangkap ikan di area larangan atau melebihi kuota yang ditetapkan, biasanya direspons melalui denda adat, pengucilan sementara, atau kewajiban melakukan kerja bakti untuk restorasi ekosistem. Sanksi ini sering lebih efektif dibandingkan penegakan hukum formal karena pelanggar merasakan tekanan sosial dari komunitas sendiri, bukan dari pihak eksternal.

Legitimasi komunitas memberikan rasa tanggung jawab moral dan sosial, yang mendorong kepatuhan berkelanjutan.

Pengawasan berbasis norma sosial bersifat adaptif. Anggota komunitas secara rutin menyesuaikan aturan dan praktik pengawasan sesuai perubahan lingkungan, musim tangkap, atau dinamika sosial-ekonomi. Sistem ini memungkinkan respons cepat terhadap ancaman baru, misalnya invasi nelayan luar atau kerusakan ekosistem akibat bencana alam. Pengawasan kolektif yang melibatkan tokoh adat, nelayan senior, dan lembaga lokal memperkuat efektivitas implementasi aturan, sekaligus membangun kapasitas lokal dalam pengelolaan sumber daya.

3. Resolusi Konflik

Resolusi konflik menjadi salah satu fungsi penting lembaga adat dalam pengelolaan sumber daya pesisir. Konflik dapat muncul antar nelayan lokal terkait wilayah tangkap, kuota penangkapan, atau akses ke sumber daya tertentu, maupun antara komunitas pesisir dengan pihak eksternal seperti perusahaan perikanan, pengembang pariwisata, atau pemerintah. Lembaga adat, yang memiliki legitimasi sosial dan kultural di mata masyarakat, berperan sebagai mediator yang memfasilitasi dialog dan negosiasi untuk mencapai kesepakatan yang diterima semua pihak. Pendekatan berbasis adat sering lebih efektif karena mempertimbangkan nilai, norma, dan praktik lokal yang telah diterima secara turun-temurun.

Proses resolusi konflik biasanya dimulai dengan identifikasi sumber masalah melalui musyawarah komunitas. Tokoh adat, sesepuh, dan pemimpin nelayan memimpin pertemuan untuk mendengarkan semua pihak, mengevaluasi bukti, dan mencari solusi yang adil. Pendekatan partisipatif ini memperkuat rasa kepemilikan atas keputusan dan mendorong kepatuhan terhadap hasil kesepakatan. Selain itu, resolusi konflik berbasis adat cenderung lebih cepat dibandingkan jalur hukum formal, sehingga mencegah eskalasi perselisihan yang dapat mengganggu ketahanan sosial dan ekonomi komunitas.

Lembaga adat juga menggunakan sanksi sosial atau mekanisme kompensasi sebagai bagian dari penyelesaian konflik. Misalnya, pelanggar kesepakatan dapat diwajibkan membayar denda adat, mengembalikan sumber daya yang diambil secara ilegal, atau

berpartisipasi dalam program restorasi ekosistem. Pendekatan ini tidak hanya menyelesaikan perselisihan, tetapi juga berfungsi sebagai penguatan norma sosial yang menjaga keberlanjutan sumber daya pesisir. Mekanisme ini menciptakan keseimbangan antara hak individu dan kepentingan kolektif.

4. Pelestarian Nilai Budaya dan Identitas Maritim

Pelestarian nilai budaya dan identitas maritim merupakan aspek penting dalam pembangunan berkelanjutan komunitas pesisir. Budaya maritim mencakup pengetahuan tradisional tentang pola migrasi ikan, musim tangkap, ritual nelayan, hingga praktik pengelolaan sumber daya berbasis adat. Pengakuan dan pelestarian budaya maritim tidak hanya menjaga identitas komunitas, tetapi juga memperkuat kohesi sosial yang menjadi fondasi keberlanjutan ekonomi lokal. Pengetahuan tradisional ini seringkali selaras dengan prinsip konservasi modern, sehingga menjadi instrumen penting dalam pengelolaan sumber daya laut secara berkelanjutan.

Praktik pelestarian budaya maritim dapat dilakukan melalui pendidikan dan transfer pengetahuan antar generasi. Misalnya, program pembelajaran lokal yang mengajarkan anak-anak dan generasi muda tentang teknik tangkap tradisional, norma adat, dan ritual laut meningkatkan kesadaran akan pentingnya keberlanjutan sumber daya pesisir. Penguatan kapasitas generasi muda melalui pendidikan berbasis budaya maritim membantu mempertahankan identitas komunitas sekaligus mempersiapkannya menghadapi tantangan modernisasi dan perubahan iklim.

Identitas maritim juga diperkuat melalui kegiatan ekonomi yang menghormati nilai-nilai tradisional. Ekowisata berbasis komunitas, festival budaya, dan kerajinan pesisir menjadi sarana mempromosikan budaya lokal sekaligus menciptakan peluang ekonomi. Integrasi nilai budaya dalam strategi ekonomi biru meningkatkan partisipasi masyarakat dan menumbuhkan rasa kepemilikan terhadap proyek-proyek berkelanjutan, sehingga praktik konservasi menjadi lebih efektif dan berjangka panjang.

B. Gender dan Inklusi Sosial

Pemberdayaan masyarakat pesisir dalam kerangka ekonomi biru dan pembangunan berkelanjutan tidak dapat dilepaskan dari isu gender dan inklusi sosial. Wilayah pesisir merupakan ruang interaksi kompleks antara aktivitas ekonomi, struktur sosial, budaya lokal, dan dinamika kekuasaan. Dalam banyak komunitas pesisir, peran perempuan, kelompok adat, pemuda, dan kelompok rentan sering kali kurang diakui dalam proses pengambilan keputusan dan distribusi manfaat ekonomi (FAO, 2020).

Agenda global seperti *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya SDG 5 (kesetaraan gender) dan SDG 14 (ekosistem laut), menegaskan pentingnya pendekatan inklusif dalam pengelolaan sumber daya laut. Kerentanan terhadap perubahan iklim bersifat tidak merata dan sangat dipengaruhi oleh faktor sosial seperti gender, kemiskinan, dan akses terhadap sumber daya.

Gender bukan sekadar perbedaan biologis antara laki-laki dan perempuan, tetapi konstruksi sosial yang membentuk peran, tanggung jawab, akses, dan kontrol terhadap sumber daya. Dalam sektor perikanan skala kecil, perempuan sering terlibat dalam pascapanen, pengolahan, pemasaran, dan manajemen keuangan rumah tangga, namun kontribusinya kerap tidak terlihat dalam statistik resmi. Ketimpangan gender dalam akses terhadap lahan, modal, dan informasi dapat melemahkan efektivitas konservasi dan pengelolaan sumber daya. Tata kelola laut yang inklusif meningkatkan legitimasi kebijakan dan keberlanjutan jangka panjang.

1. Peran Perempuan dalam Ekonomi Pesisir

Perempuan berperan penting dalam ekonomi pesisir, meskipun kontribusinya sering kali kurang terlihat dibandingkan laki-laki. Perempuan menyumbang hampir setengah dari tenaga kerja sektor perikanan global, terutama dalam rantai nilai pascapanen. Perempuan terlibat dalam pengolahan hasil perikanan, mulai dari pengasapan, pengeringan, hingga pengemasan produk laut. Aktivitas ini tidak hanya menambah nilai ekonomi, tetapi juga mendukung ketahanan pangan

lokal dengan menjaga kualitas dan ketersediaan produk laut bagi komunitas pesisir.

Perempuan juga berperan sebagai pedagang lokal dan penghubung pasar, mendistribusikan produk perikanan ke pasar tradisional maupun jaringan konsumen modern, sehingga menjadi jembatan penting antara produksi dan konsumsi. Peran ini meningkatkan pendapatan rumah tangga nelayan dan mendukung keberlanjutan ekonomi lokal. Perempuan yang aktif di pasar perikanan juga berperan dalam memperkenalkan praktik penanganan hasil yang lebih ramah lingkungan, sehingga secara tidak langsung mendukung konservasi sumber daya laut.

Perempuan juga memiliki fungsi strategis dalam pengelolaan keuangan rumah tangga nelayan. Perempuan yang mengelola pendapatan dan tabungan keluarga berkontribusi pada stabilitas ekonomi jangka panjang serta mampu mendukung investasi kecil dalam perikanan dan budidaya laut. Namun, akses terhadap kredit, pelatihan teknis, dan kepemilikan aset masih terbatas, sehingga potensi ekonomi yang dimiliki seringkali belum optimal. Keterbatasan ini menjadi hambatan signifikan bagi pemberdayaan perempuan dalam ekonomi biru. Perempuan menghadapi risiko lebih besar akibat perubahan iklim karena ketergantungan pada sumber daya alam dan mobilitas ekonomi yang terbatas. Banjir, abrasi, dan penurunan stok ikan berdampak langsung pada mata pencaharian perempuan.

2. Gender dan Adaptasi Perubahan Iklim

Perubahan iklim membawa dampak signifikan bagi wilayah pesisir, termasuk peningkatan frekuensi badai tropis, abrasi pantai, dan kenaikan muka air laut. Dampak ini tidak merata bagi seluruh anggota masyarakat; gender menjadi faktor penentu kerentanan. Perempuan sering menghadapi risiko lebih tinggi akibat keterbatasan akses terhadap sumber daya, pendidikan, dan mobilitas ekonomi. Kondisi ini membuat perempuan lebih rentan terhadap kehilangan mata pencaharian, gangguan keamanan pangan, dan dampak sosial-ekonomi lainnya dibandingkan laki-laki. Namun, kerentanan ini juga diimbangi oleh kapasitas adaptasi yang unik, terutama melalui jaringan sosial dan pengetahuan lokal yang telah diwariskan turun-temurun.

Meski memiliki kapasitas adaptasi tinggi, perempuan seringkali kurang dilibatkan dalam perencanaan adaptasi resmi. Hal ini mengurangi efektivitas strategi mitigasi yang diterapkan oleh pemerintah atau lembaga pembangunan. Pendekatan adaptasi berbasis komunitas (*community-based adaptation/CBA*) yang sensitif gender terbukti lebih efektif karena dapat memanfaatkan peran aktif perempuan dalam pengelolaan sumber daya alam. Keterlibatan perempuan dalam perencanaan dan implementasi adaptasi meningkatkan keberlanjutan program serta memastikan bahwa kebijakan menyesuaikan kebutuhan seluruh anggota komunitas.

Perempuan kerap memimpin inisiatif yang memadukan konservasi ekosistem dan pemberdayaan ekonomi. Contohnya, restorasi *mangrove* berbasis komunitas sering dipelopori oleh perempuan yang mengorganisir penanaman, pemeliharaan, dan monitoring kawasan pesisir. Selain itu, perempuan juga berperan dalam diversifikasi mata pencaharian melalui usaha mikro, seperti pengolahan hasil perikanan atau produksi kerajinan berbasis sumber daya laut. Aktivitas ini tidak hanya meningkatkan pendapatan rumah tangga tetapi juga mengurangi tekanan terhadap sumber daya alam yang rentan terhadap perubahan iklim.

3. Inklusi Sosial dalam Tata Kelola Pesisir

Inklusi sosial menjadi aspek krusial dalam tata kelola pesisir yang berkelanjutan. Tidak hanya memperhatikan kesetaraan gender, inklusi sosial juga menekankan keterlibatan kelompok adat, pemuda, nelayan kecil, dan penyandang disabilitas dalam proses pengambilan keputusan dan pembangunan wilayah pesisir. Pengelolaan laut yang adil dan berkelanjutan hanya dapat tercapai apabila hak-hak masyarakat tradisional dan kelompok marjinal diakui secara formal. Tanpa pengakuan ini, kebijakan cenderung bersifat top-down dan berisiko menimbulkan ketidakadilan serta konflik sosial.

Partisipasi kelompok lokal dalam pengelolaan pesisir memungkinkan integrasi pengetahuan lokal dan adat yang telah berkembang selama generasi. Sistem pengetahuan tradisional berperan penting dalam konservasi sumber daya laut, misalnya dalam penentuan musim tangkap, zonasi perikanan, dan pengelolaan ekosistem *mangrove*

maupun terumbu karang. Pengetahuan ini sering kali lebih responsif terhadap dinamika lokal dibandingkan pendekatan ilmiah semata. Pengakuan formal terhadap kelompok adat dan komunitas lokal menjadi langkah penting untuk memastikan praktik konservasi yang efektif dan berkelanjutan.

Pendekatan partisipatif juga berdampak pada kualitas pengambilan keputusan. Keterlibatan berbagai pihak dalam perencanaan tata ruang laut dan pengelolaan perikanan mengurangi potensi konflik sosial. Dengan mendengar aspirasi dan kebutuhan kelompok yang berbeda, kebijakan menjadi lebih inklusif dan adaptif terhadap tantangan sosial-ekonomi lokal. Misalnya, konsultasi dengan nelayan kecil dalam menetapkan kuota tangkap atau zonasi wilayah pesisir dapat mencegah sengketa antar pengguna sumber daya dan menjaga keberlanjutan stok ikan.

C. Edukasi dan Pengembangan Kapasitas

Edukasi dan pengembangan kapasitas merupakan fondasi utama dalam pemberdayaan masyarakat pesisir menuju pengelolaan sumber daya yang berkelanjutan. Dalam konteks ekonomi biru, transformasi sistem produksi dan tata kelola pesisir tidak hanya memerlukan kebijakan dan pembiayaan inovatif, tetapi juga peningkatan kompetensi, literasi lingkungan, serta kapasitas adaptif masyarakat lokal. Pörtner *et al.* (2022) menegaskan bahwa kapasitas adaptasi terhadap perubahan iklim sangat dipengaruhi oleh akses terhadap pendidikan, informasi, dan penguatan kelembagaan lokal. Keberhasilan pengelolaan perikanan skala kecil dan akuakultur berkelanjutan sangat bergantung pada peningkatan keterampilan teknis, manajerial, dan kewirausahaan masyarakat pesisir. Pengembangan kapasitas (*capacity development*) mencakup peningkatan kemampuan individu, organisasi, dan sistem dalam mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan.

1. Pendidikan Lingkungan dan Literasi Kelautan

Pendidikan lingkungan dan literasi kelautan berperan strategis dalam membangun kesadaran kolektif mengenai pentingnya konservasi ekosistem pesisir. Pemahaman hubungan antara manusia dan laut merupakan fondasi bagi perubahan perilaku yang berkelanjutan. Literasi

kelautan membantu masyarakat menyadari peran ekosistem seperti *mangrove*, terumbu karang, dan padang lamun dalam menyediakan jasa lingkungan, termasuk proteksi pantai, penyimpanan karbon biru, dan penopang mata pencaharian lokal. Dengan pemahaman ini, masyarakat lebih mampu mengadopsi praktik yang ramah lingkungan dan mengurangi tekanan terhadap sumber daya pesisir.

Pendekatan pendidikan kelautan tidak hanya ditujukan kepada siswa di lembaga formal, tetapi juga masyarakat umum, nelayan, pelaku usaha pesisir, dan kelompok komunitas lainnya. Program edukasi dapat berbentuk pelatihan langsung dalam konservasi *mangrove* dan terumbu karang, penyuluhan pengurangan sampah plastik laut, hingga kampanye mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim. Dengan melibatkan berbagai kelompok, literasi kelautan menjadi lebih inklusif dan relevan, sehingga mampu membangun kesadaran kolektif yang melampaui batas generasi dan sektor.

Literasi kelautan juga berdampak langsung pada kesiapsiagaan terhadap risiko perubahan iklim. Masyarakat yang memiliki pemahaman lebih baik mengenai risiko iklim cenderung lebih siap menghadapi bencana pesisir seperti banjir rob, abrasi pantai, dan badai tropis. Edukasi yang sistematis mendorong pembentukan tindakan preventif, seperti penguatan vegetasi pesisir, diversifikasi mata pencaharian, dan partisipasi dalam sistem peringatan dini.

2. Pelatihan Teknis dan Diversifikasi Mata Pencaharian

Ketergantungan pada perikanan tangkap sebagai sumber pendapatan utama membuat banyak komunitas pesisir menghadapi kerentanan tinggi terhadap fluktuasi stok ikan dan dampak perubahan iklim. FAO (2020) menekankan pentingnya strategi diversifikasi mata pencaharian untuk mengurangi risiko ekonomi tersebut. Salah satu pendekatan utama adalah melalui pelatihan teknis yang membekali masyarakat dengan keterampilan baru, mulai dari akuakultur berkelanjutan, pengolahan hasil perikanan bernilai tambah, hingga pengelolaan ekowisata berbasis komunitas. Pendekatan ini memungkinkan masyarakat tidak hanya mengandalkan sumber daya laut yang rentan, tetapi juga memanfaatkan potensi ekonomi lain yang bersinergi dengan lingkungan pesisir.

Akuakultur berkelanjutan, misalnya, memberikan alternatif pendapatan dengan cara budidaya ikan atau udang yang ramah lingkungan, meminimalkan dampak terhadap ekosistem laut, sekaligus menjaga stok ikan liar. Pengolahan hasil perikanan menjadi produk bernilai tambah seperti abon ikan, nugget, atau olahan berbasis rumput laut, meningkatkan daya saing di pasar lokal maupun global. Sementara itu, ekowisata berbasis komunitas memanfaatkan kekayaan ekosistem pesisir, termasuk *mangrove*, terumbu karang, dan padang lamun, untuk menciptakan pengalaman wisata edukatif dan konservatif, sekaligus membuka peluang usaha baru.

Pelatihan juga menekankan keterampilan kewirausahaan dan manajemen usaha. Pengembangan kapasitas ini berkontribusi signifikan terhadap peningkatan pendapatan rumah tangga dan penguatan ketahanan ekonomi lokal. Dengan keterampilan yang lebih beragam, komunitas pesisir lebih mampu merespons perubahan ekonomi dan lingkungan, mengurangi ketergantungan pada satu sumber mata pencaharian, dan memperkuat kemandirian dalam mengelola sumber daya alam secara berkelanjutan. Strategi ini menunjukkan bahwa investasi pada kapasitas manusia sama pentingnya dengan konservasi ekosistem untuk menciptakan ekonomi pesisir yang tangguh dan berkelanjutan.

3. Pendidikan Iklim dan Adaptasi Berbasis Komunitas

Peningkatan kapasitas komunitas lokal menjadi kunci dalam adaptasi perubahan iklim yang efektif. Pendidikan iklim berbasis komunitas dirancang untuk meningkatkan pemahaman masyarakat terhadap risiko iklim, sekaligus membekalinya dengan kemampuan merancang dan menerapkan solusi adaptif yang sesuai dengan kondisi lokal. Dengan pemahaman yang lebih baik, komunitas dapat mengantisipasi dampak seperti banjir rob, abrasi pantai, atau badai tropis, sehingga mengurangi kerentanan sosial dan ekonomi yang disebabkan oleh perubahan iklim. Pendekatan ini menekankan integrasi ilmu pengetahuan modern dengan pengetahuan lokal untuk menghasilkan strategi adaptasi yang kontekstual dan berkelanjutan.

Salah satu komponen penting dalam pendidikan iklim adalah pelatihan sistem peringatan dini berbasis komunitas. Masyarakat dilatih untuk memantau indikator cuaca dan peringatan bencana secara lokal,

serta menyebarkan informasi secara cepat kepada seluruh anggota komunitas. Selain itu, teknik restorasi *mangrove* diajarkan sebagai solusi berbasis alam yang tidak hanya melindungi garis pantai dari abrasi dan badai, tetapi juga meningkatkan penyimpanan karbon biru. Keterlibatan langsung masyarakat dalam kegiatan restorasi ini meningkatkan rasa kepemilikan dan tanggung jawab kolektif terhadap ekosistem pesisir.

Pendidikan iklim juga mencakup manajemen risiko bencana berbasis komunitas, termasuk perencanaan evakuasi, diversifikasi mata pencaharian, dan pengelolaan sumber daya lokal yang adaptif. Penguatan kapasitas lokal melalui pendidikan dan pelatihan meningkatkan efektivitas program restorasi ekosistem global, termasuk Dekade Restorasi Ekosistem PBB. Pendekatan pendidikan iklim berbasis komunitas tidak hanya memperkuat ketahanan ekologis, tetapi juga sosial dan ekonomi, menjadikan masyarakat pesisir lebih tangguh menghadapi tantangan perubahan iklim secara holistik.

4. Integrasi Pengetahuan Lokal dan Ilmiah

Integrasi pengetahuan lokal dan ilmiah menjadi pendekatan strategis dalam pengelolaan sumber daya pesisir yang berkelanjutan. Dialog antara kearifan lokal dan ilmu pengetahuan modern memungkinkan terciptanya solusi yang kontekstual, relevan, dan diterima oleh komunitas. Pengetahuan tradisional, seperti penentuan waktu penanaman, lokasi konservasi, atau praktik tangkap berkelanjutan, memiliki nilai adaptif yang telah teruji secara historis. Sementara itu, ilmu pengetahuan modern menyediakan data kuantitatif, metode analisis risiko, dan teknologi untuk meningkatkan efektivitas intervensi ekologi. Sinergi keduanya memperkuat legitimasi sosial sekaligus memastikan keberhasilan ekologis jangka panjang.

Pada praktiknya, integrasi ini dapat diwujudkan melalui program edukasi dan pelatihan yang menggabungkan pendekatan ilmiah dan tradisional. Sebagai contoh, rehabilitasi *mangrove* dapat dilakukan dengan memanfaatkan metode ilmiah pemetaan karbon biru untuk menentukan area prioritas restorasi, sementara penanaman bibit dan pemeliharaan tetap mengikuti kearifan lokal yang menyesuaikan dengan pasang surut dan musim. Pendekatan ini memungkinkan masyarakat untuk memahami dasar ilmiah dari tindakannya sekaligus

mempertahankan praktik yang telah terbukti efektif secara sosial dan budaya. Hasilnya, program restorasi menjadi lebih efisien dan diterima secara luas oleh komunitas lokal.

Integrasi pengetahuan lokal dan ilmiah mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam pengambilan keputusan dan monitoring konservasi. Komunitas yang terlibat dalam proses pembelajaran bersama lebih mampu mengidentifikasi risiko lingkungan, merespons perubahan iklim, dan mengadopsi inovasi teknologi secara tepat guna. Pendekatan ini juga memperkuat kapasitas adaptasi lokal, meningkatkan kepemilikan terhadap ekosistem, dan memfasilitasi penerapan kebijakan berbasis bukti yang berkelanjutan.

5. Peran Lembaga Pendidikan dan Penyuluhan

Lembaga pendidikan formal dan nonformal memiliki peran sentral dalam memperkuat kapasitas masyarakat pesisir untuk mengelola sumber daya laut secara berkelanjutan. Penyuluh perikanan berfungsi sebagai jembatan antara penelitian ilmiah dan praktik lapangan, mentransfer teknologi ramah lingkungan, serta mendorong praktik penangkapan dan budidaya yang berkelanjutan. Keterlibatan penyuluh dalam pendidikan dan pendampingan komunitas memungkinkan masyarakat memahami pentingnya konservasi ekosistem pesisir, seperti *mangrove*, terumbu karang, dan padang lamun, sekaligus meningkatkan produktivitas perikanan jangka panjang.

Lembaga pendidikan formal seperti universitas dan sekolah vokasi berperan strategis dalam menghasilkan inovasi teknologi dan membangun kapasitas sumber daya manusia. Kolaborasi antara universitas, lembaga riset, dan komunitas pesisir mempercepat adopsi teknologi baru, termasuk sistem monitoring kualitas air berbasis sensor digital, *digital twin* untuk prediksi risiko banjir, serta metode budidaya rendah emisi seperti RAS dan IMTA. Program pendidikan yang dikombinasikan dengan praktik lapangan meningkatkan kemampuan teknis masyarakat sekaligus menumbuhkan kesadaran akan pentingnya pengelolaan berkelanjutan.

Pendidikan nonformal, melalui pelatihan, workshop, dan kegiatan penyuluhan, juga berperan dalam pemberdayaan ekonomi dan sosial komunitas pesisir. Pendekatan ini memungkinkan nelayan, perempuan, dan pemuda setempat memperoleh keterampilan dalam

diversifikasi mata pencaharian, pengolahan hasil perikanan bernilai tambah, serta ekowisata berbasis komunitas. Lembaga pendidikan dan penyuluhan tidak hanya mentransfer pengetahuan dan teknologi, tetapi juga membangun kapasitas adaptasi terhadap perubahan iklim, memperkuat ketahanan ekonomi, dan memperluas partisipasi sosial dalam pengelolaan sumber daya pesisir secara berkelanjutan.

6. Digitalisasi dan Pembelajaran Berbasis Teknologi

Transformasi digital telah membuka peluang baru dalam edukasi dan penguatan kapasitas masyarakat pesisir. Platform daring dan aplikasi seluler kini dapat memberikan akses informasi penting seperti prakiraan cuaca, harga ikan terkini, serta data pasar global. Akses informasi *real-time* ini memungkinkan nelayan dan pelaku usaha pesisir membuat keputusan yang lebih cepat dan tepat, meningkatkan ketahanan terhadap fluktuasi lingkungan dan perubahan iklim. Selain itu, digitalisasi juga memfasilitasi penyebaran pengetahuan konservasi laut yang lebih luas dan efisien.

Pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran berbasis digital memungkinkan pengembangan program edukasi yang lebih fleksibel dan inklusif. Sistem informasi digital dapat meningkatkan kapasitas adaptif masyarakat terhadap cuaca ekstrem dan bencana pesisir. Contohnya, webinar konservasi laut memungkinkan peserta belajar dari ahli tanpa harus meninggalkan wilayahnya, modul e-learning tentang kewirausahaan pesisir memperkuat kemampuan ekonomi lokal, dan sistem informasi harga serta rantai pasok membantu pelaku usaha memperoleh nilai tambah dari produk perikanannya.

Gambar 4. *E- Learning*



Sumber: *Fit Academy*

Kesenjangan digital masih menjadi tantangan utama di banyak wilayah pesisir terpencil. Infrastruktur internet yang terbatas, rendahnya literasi digital, dan akses terbatas terhadap perangkat seluler menghambat implementasi penuh pembelajaran berbasis teknologi. Untuk itu, diperlukan intervensi terpadu, termasuk pengembangan jaringan komunikasi, pelatihan literasi digital, dan dukungan perangkat teknologi. Dengan pendekatan ini, digitalisasi tidak hanya menjadi alat edukasi, tetapi juga instrumen strategis untuk meningkatkan adaptasi, efisiensi ekonomi, dan keberlanjutan sumber daya pesisir.

7. Pendekatan Inklusif dalam Pengembangan Kapasitas

Pendekatan inklusif dalam pengembangan kapasitas menjadi kunci keberhasilan program edukasi dan pelatihan di wilayah pesisir. Partisipasi aktif perempuan dalam pelatihan perikanan, pengolahan hasil laut, dan pengelolaan usaha mikro meningkatkan efektivitas transfer pengetahuan serta memperkuat pemberdayaan ekonomi lokal. Dengan melibatkan berbagai kelompok sosial, program ini tidak hanya membangun keterampilan teknis tetapi juga memperkuat jaringan sosial yang mendukung pengelolaan sumber daya pesisir secara berkelanjutan.

Pemberdayaan perempuan dan pemuda secara langsung meningkatkan ketahanan sosial terhadap perubahan iklim. Kelompok rentan, termasuk perempuan, pemuda, dan penyandang disabilitas, sering menghadapi risiko lebih besar akibat bencana pesisir, sehingga keterlibatannya dalam program adaptasi berbasis komunitas menjadi sangat penting. Inklusivitas memastikan bahwa pengetahuan, keterampilan, dan sumber daya dibagikan secara merata, sehingga setiap anggota komunitas memiliki kapasitas untuk berkontribusi dalam mitigasi risiko dan pengelolaan lingkungan.

Program pelatihan yang menekankan kepemimpinan, literasi keuangan, dan keterampilan teknis bagi perempuan pesisir telah terbukti meningkatkan kesejahteraan rumah tangga dan stabilitas ekonomi komunitas. Selain aspek ekonomi, pendekatan inklusif mendorong partisipasi dalam pengambilan keputusan lokal dan perencanaan adaptasi perubahan iklim. Dengan demikian, integrasi prinsip inklusivitas dalam edukasi dan pelatihan memperkuat kapasitas manusia, meminimalkan ketimpangan sosial, dan mendukung pengelolaan pesisir yang lebih adil, efektif, dan berkelanjutan.



BAB XIII

STUDI KASUS GLOBAL DAN NUSANTARA: INOVASI DAN TANTANGAN

Analisis studi kasus menjadi pendekatan penting untuk memahami praktik pengelolaan pesisir di berbagai wilayah dunia dan di Indonesia. Studi kasus memberikan wawasan nyata mengenai inovasi, keberhasilan, serta tantangan dalam implementasi strategi pengelolaan berkelanjutan. Di tingkat global, berbagai negara telah menerapkan model *Integrated Coastal Zone Management (ICZM)*, *Marine Spatial Planning (MSP)*, dan ekonomi biru untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya pesisir sambil menjaga fungsi ekologis. Pembelajaran dari pengalaman internasional ini penting untuk menyesuaikan praktik lokal dengan konteks sosial, ekonomi, dan ekologi di Nusantara.

Studi kasus juga membahas berbagai kegagalan yang memberikan pelajaran berharga. Kegagalan dapat terjadi karena konflik penggunaan ruang, lemahnya koordinasi lintas sektor, keterbatasan kapasitas masyarakat, atau kurangnya dukungan kebijakan. Analisis penyebab kegagalan membantu merumuskan strategi mitigasi risiko, memperbaiki kelembagaan, dan meningkatkan partisipasi komunitas lokal. Dengan memahami faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan dan kegagalan, pengelolaan pesisir dapat lebih adaptif, berbasis bukti, dan efektif dalam menghadapi tekanan perubahan iklim dan aktivitas antropogenik.

A. Studi Kasus *Best Practice* dari Berbagai Negara

Transformasi pengelolaan pesisir dan laut menuju ekonomi biru berkelanjutan telah menghasilkan berbagai praktik terbaik (*best practices*) di tingkat global. Studi kasus dari berbagai negara menunjukkan bahwa keberhasilan pengelolaan pesisir bergantung pada

kombinasi kebijakan berbasis sains, partisipasi masyarakat, inovasi pembiayaan, dan integrasi lintas sektor. Pendekatan terpadu dan adaptif menjadi kunci dalam menghadapi tekanan perubahan iklim, degradasi ekosistem, serta konflik pemanfaatan ruang laut.

1. Seychelles: Blue Bonds dan Reformasi Tata Kelola Laut

Studi kasus Seychelles menjadi contoh penting dalam penerapan prinsip ekonomi biru melalui inovasi pembiayaan, khususnya penerbitan obligasi biru (*blue bonds*). Pada tahun 2018, Seychelles menerbitkan *blue bonds* senilai 15 juta dolar AS, didukung oleh *World Bank* dan *Global Environment Facility*. Instrumen ini dirancang untuk mendukung pengelolaan perikanan berkelanjutan serta konservasi laut, sekaligus memberikan akses pendanaan jangka panjang bagi program-program lingkungan yang biasanya menghadapi keterbatasan sumber daya. Penerbitan *blue bonds* di Seychelles menandai salah satu langkah pertama di dunia dalam memadukan pembiayaan inovatif dengan konservasi laut, sekaligus menjadi model yang dapat direplikasi oleh negara-negara berkembang dengan sumber daya laut yang luas (Kılıç, 2024).

Salah satu pencapaian utama dari penerapan *blue bonds* di Seychelles adalah alokasi dana untuk konservasi laut yang signifikan. Sekitar 30% wilayah laut negara ini berhasil masuk dalam kawasan konservasi, termasuk zona proteksi yang ketat dan habitat penting bagi biodiversitas laut. Pendekatan ini tidak hanya bertujuan untuk melestarikan ekosistem laut, tetapi juga memperkuat ketahanan ekologi terhadap tekanan perubahan iklim, seperti kenaikan suhu laut dan degradasi terumbu karang. Dengan adanya proteksi ini, Seychelles turut menjaga layanan ekosistem yang penting, seperti pemeliharaan stok ikan, penyimpanan karbon biru, serta perlindungan garis pantai dari abrasi dan badai.

Skema *blue bonds* juga mendukung nelayan skala kecil dalam menerapkan praktik tangkap berkelanjutan. Akses pembiayaan dan dukungan teknis memungkinkan nelayan lokal meningkatkan efisiensi usaha, meminimalkan bycatch, serta mematuhi kuota dan aturan lingkungan yang ditetapkan pemerintah. Pendekatan ini tidak hanya berfokus pada ekologi tetapi juga memperhatikan aspek sosial-ekonomi,

memastikan bahwa komunitas pesisir memperoleh manfaat langsung dari konservasi laut. Hal ini mencerminkan prinsip inklusi sosial dalam ekonomi biru, yang menjadi kunci keberlanjutan jangka panjang.

Integrasi *Marine Spatial Planning* (MSP) dalam kebijakan nasional menjadi komponen strategis lain dalam reformasi tata kelola laut Seychelles. MSP memungkinkan pengaturan zona penggunaan laut berdasarkan kapasitas ekologis, kebutuhan konservasi, dan kepentingan ekonomi. Integrasi MSP membantu meminimalkan konflik antar pengguna laut, meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya, serta memperkuat pengawasan terhadap kegiatan ilegal. Seychelles menjadi contoh bagaimana pembiayaan inovatif seperti blue bonds dapat dipadukan dengan tata kelola berbasis sains untuk mencapai hasil konservasi yang optimal.

Meskipun keberhasilan tersebut menonjol, Seychelles menghadapi beberapa tantangan. Kapasitas monitoring dan evaluasi masih menjadi kendala, terutama dalam pengawasan luas wilayah laut dan pelaporan dampak ekologis. Ketergantungan pada dukungan internasional, baik dari lembaga keuangan maupun teknis, juga menimbulkan risiko keberlanjutan jika dukungan eksternal berkurang. Pembangunan kapasitas lokal, penguatan kelembagaan, dan diversifikasi sumber pendanaan menjadi faktor penting agar inisiatif blue bonds dapat berlanjut dalam jangka panjang.

2. Norwegia: Akuakultur Berkelanjutan dan Teknologi Tinggi

Norwegia telah menempatkan dirinya sebagai pelopor global dalam praktik akuakultur berkelanjutan, terutama pada budidaya salmon Atlantik. Negara ini menghadapi tantangan ganda: meningkatkan produksi pangan laut untuk pasar domestik dan ekspor, sambil meminimalkan dampak ekologis yang dihasilkan oleh industri akuakultur. Untuk itu, Norwegia menggabungkan regulasi ketat berbasis daya dukung lingkungan dengan pendekatan teknologi tinggi. FAO (2020) mencatat bahwa integrasi antara regulasi berbasis ilmiah, teknologi digital, dan praktik operasional berkelanjutan telah memungkinkan Norwegia menjaga produktivitas tinggi tanpa mengorbankan kualitas ekosistem perairan. Strategi ini mencerminkan prinsip ekonomi biru yang menyeimbangkan pertumbuhan ekonomi dan keberlanjutan ekologis.

Salah satu inovasi utama adalah penggunaan sistem digital monitoring *real-time*. Melalui sensor kualitas air, kamera bawah air, dan platform IoT, peternak ikan dapat memantau suhu, oksigen terlarut, salinitas, dan kandungan nutrisi secara kontinu. Data ini dianalisis menggunakan algoritma prediktif untuk mengidentifikasi risiko penyakit, polusi, atau kondisi stres bagi ikan. Pendekatan berbasis data ini memungkinkan intervensi cepat sebelum masalah menjadi serius, sekaligus mengoptimalkan penggunaan pakan dan sumber daya. Digitalisasi pemantauan merupakan kunci dalam meningkatkan efisiensi produksi sekaligus mengurangi tekanan lingkungan akibat praktik akuakultur intensif.

Norwegia juga menerapkan sistem resirkulasi air (*Recirculating Aquaculture Systems/RAS*) di sejumlah fasilitas budidaya salmon. RAS memungkinkan sirkulasi air yang efisien, pengurangan konsumsi air bersih, dan penurunan pembuangan limbah langsung ke lingkungan laut. Dengan sistem ini, kualitas air tetap terjaga dan risiko eutrofikasi atau akumulasi organik di perairan pesisir dapat diminimalkan. Selain itu, integrasi biosekuriti menjadi bagian dari manajemen risiko untuk mencegah penyebaran penyakit seperti sea lice, yang menjadi tantangan utama dalam budidaya salmon skala besar.

Insentif fiskal untuk produksi rendah emisi menjadi komponen kebijakan penting di Norwegia. Pemerintah memberikan dukungan melalui pengurangan pajak, subsidi untuk teknologi ramah lingkungan, dan insentif bagi peternak yang berhasil menurunkan jejak karbon industrinya. Pendekatan ini tidak hanya mendorong adopsi praktik berkelanjutan, tetapi juga meningkatkan daya saing industri salmon Norwegia di pasar internasional yang semakin menuntut produk ramah lingkungan. Kombinasi regulasi dan insentif fiskal menciptakan keseimbangan antara kepatuhan lingkungan dan pertumbuhan ekonomi.

Industri akuakultur Norwegia tidak lepas dari tantangan. Limbah organik dari pakan dan kotoran ikan tetap menjadi isu ekologis yang perlu dikendalikan. Selain itu, penggunaan antibiotik untuk mencegah penyakit dapat menimbulkan resistensi, yang berdampak pada kesehatan ikan dan lingkungan laut. Inovasi berkelanjutan, termasuk pengembangan pakan alternatif berbasis nabati dan *integrasi multi-*

trophic aquaculture (IMTA), terus dikembangkan untuk mengurangi dampak negatif dan meningkatkan keberlanjutan jangka panjang.

3. Australia: Pengelolaan Terumbu Karang *Great Barrier Reef*

Australia menempuh pendekatan komprehensif dalam pengelolaan *Great Barrier Reef* (GBR), salah satu ekosistem terumbu karang terbesar dan paling kompleks di dunia. Pemanasan laut global, pengasaman samudra, dan aktivitas manusia menjadi tekanan utama yang mengancam keberlanjutan terumbu ini. Untuk menghadapi tantangan tersebut, pemerintah Australia mengadopsi manajemen adaptif, yaitu pendekatan yang memadukan regulasi berbasis sains, monitoring jangka panjang, serta keterlibatan komunitas lokal dalam konservasi. Manajemen adaptif memungkinkan strategi perlindungan yang fleksibel dan responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan. Pendekatan ini mengintegrasikan pengetahuan ilmiah dan praktik lapangan untuk memastikan bahwa kebijakan pengelolaan tetap efektif meskipun menghadapi tekanan iklim dan antropogenik yang meningkat (Roth *et al.*, 2017).

Salah satu pilar utama pengelolaan GBR adalah monitoring berbasis sains. Pemerintah Australia bekerja sama dengan lembaga penelitian, universitas, dan organisasi non-pemerintah untuk mengumpulkan data kualitas air, kondisi kesehatan karang, serta populasi spesies kunci. Data ini dianalisis secara berkala untuk menilai tren pemutihan karang, degradasi habitat, dan dampak aktivitas manusia. Sistem monitoring ini menjadi fondasi bagi pengambilan keputusan berbasis bukti, mulai dari pengaturan zonasi perikanan hingga strategi mitigasi polusi. Monitoring yang berkelanjutan juga memungkinkan evaluasi efektivitas intervensi restorasi dan kebijakan konservasi.

Restorasi karang menjadi komponen penting dalam Reef 2050 Plan, program jangka panjang yang dirancang untuk memastikan keberlanjutan GBR hingga pertengahan abad ini. Teknik restorasi mencakup transplantasi karang, pengembangan bibit karang melalui coral gardening, dan penggunaan substrat buatan ramah lingkungan untuk mendukung pertumbuhan karang baru. Restorasi karang membantu mempercepat pemulihan ekosistem yang terdegradasi akibat pemanasan laut dan aktivitas manusia, sekaligus meningkatkan kapasitas terumbu dalam meredam gelombang dan melindungi pesisir.

Pengelolaan GBR juga menekankan pengendalian polusi darat, termasuk sedimentasi dan nutrisi dari pertanian di daratan pesisir. Strategi ini mencakup rehabilitasi lahan basah, pengelolaan pupuk yang berkelanjutan, dan peraturan ketat terhadap pembangunan di zona tangkapan air. Pengendalian polusi darat sangat penting karena sedimentasi dan nutrisi berlebih meningkatkan stres pada karang dan mempercepat pertumbuhan alga yang kompetitif.

Kolaborasi antara pemerintah dan komunitas lokal menjadi fondasi keberhasilan manajemen adaptif. Nelayan, kelompok adat, dan organisasi masyarakat sipil dilibatkan dalam pengawasan perikanan, rehabilitasi habitat, dan edukasi lingkungan. Partisipasi lokal meningkatkan kepatuhan terhadap peraturan konservasi dan memperkuat rasa kepemilikan masyarakat terhadap ekosistem laut. Integrasi perspektif lokal dan tradisional dengan pendekatan ilmiah meningkatkan legitimasi sosial serta efektivitas pengelolaan terumbu.

Meskipun Australia telah menunjukkan kemajuan signifikan, pemanasan laut global tetap menjadi ancaman utama. Event pemutihan karang massal yang terjadi beberapa kali dalam dekade terakhir menunjukkan bahwa tindakan adaptif harus terus berkembang. Keberhasilan jangka panjang GBR bergantung pada kombinasi mitigasi perubahan iklim global, adaptasi lokal berbasis komunitas, dan inovasi ilmiah dalam restorasi ekosistem. Studi kasus Australia memberikan pelajaran penting bahwa pengelolaan ekosistem laut yang besar dan kompleks memerlukan pendekatan multidimensi, melibatkan ilmu pengetahuan, kebijakan, teknologi, dan partisipasi masyarakat secara bersamaan.

4. Amerika Serikat: *Marine Spatial Planning* dan *Blue Economy Strategy*

Amerika Serikat merupakan salah satu negara yang memimpin dalam penerapan *Marine Spatial Planning* (MSP) sebagai instrumen pengelolaan laut yang terintegrasi. MSP dikembangkan untuk menyeimbangkan kepentingan berbagai sektor yang berbasis laut, seperti energi lepas pantai, perikanan, transportasi maritim, konservasi ekosistem, dan rekreasi. Konflik penggunaan ruang laut menjadi salah satu tantangan utama bagi ekonomi biru, terutama ketika sektor-sektor

tersebut beroperasi secara terpisah tanpa koordinasi. Dengan penerapan MSP, pemerintah dapat merancang tata ruang laut secara holistik, mengidentifikasi zona prioritas, dan mengurangi tumpang tindih kegiatan yang merusak ekosistem.

Pendekatan MSP di Amerika Serikat menekankan integrasi data spasial dan ilmiah. Informasi mengenai habitat laut, stok ikan, arus laut, kualitas air, dan potensi energi lepas pantai dikumpulkan dan dianalisis secara terintegrasi untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti. Pörtner *et al.* (2022) menegaskan bahwa penggunaan data ilmiah dalam perencanaan laut meningkatkan efisiensi pengelolaan sumber daya, meminimalkan risiko degradasi ekosistem, dan mendukung adaptasi terhadap perubahan iklim. Data ini juga memungkinkan identifikasi area yang rentan terhadap abrasi, kenaikan muka laut, atau dampak cuaca ekstrem.

MSP mendorong partisipasi *multi-stakeholder*, termasuk pemerintah federal dan daerah, industri energi, asosiasi perikanan, organisasi konservasi, serta komunitas lokal dan nelayan. Partisipasi ini memastikan bahwa keputusan tata ruang laut mempertimbangkan kepentingan sosial, ekonomi, dan ekologis secara seimbang. Keterlibatan berbagai pihak meningkatkan legitimasi kebijakan, meminimalkan konflik sosial, dan memperkuat kepatuhan terhadap regulasi.

MSP juga mengintegrasikan analisis daya dukung berbasis sains, yaitu evaluasi kapasitas ekosistem untuk mendukung aktivitas manusia tanpa menurunkan fungsinya secara jangka panjang. Pendekatan ini penting untuk menjaga keseimbangan antara pemanfaatan sumber daya laut dan konservasi ekosistem kritis seperti terumbu karang, padang lamun, dan *mangrove*. Pemahaman daya dukung ekosistem memungkinkan penentuan kuota perikanan, zonasi energi terbarukan, dan perlindungan habitat kritis secara tepat.

Implementasi MSP juga terkait erat dengan strategi ekonomi biru Amerika Serikat. Pemerintah federal menyelaraskan MSP dengan kebijakan *Blue Economy Strategy* yang mencakup pengembangan energi terbarukan laut, inovasi perikanan berkelanjutan, transportasi maritim rendah emisi, dan ekowisata. Integrasi ini memastikan bahwa pengelolaan ruang laut tidak hanya menjaga ekosistem, tetapi juga meningkatkan nilai ekonomi berkelanjutan dari laut bagi masyarakat.

Strategi ekonomi biru berbasis MSP mampu memobilisasi investasi swasta dan publik secara lebih efisien.

5. Jepang: Satoumi dan Integrasi Sosial-Ekologis

Jepang telah lama dikenal dengan pendekatan inovatif dalam pengelolaan pesisir yang mengintegrasikan aspek sosial dan ekologis, salah satunya melalui konsep Satoumi. Satoumi merupakan filosofi pengelolaan laut yang menekankan interaksi harmonis antara manusia dan ekosistem pesisir untuk meningkatkan produktivitas sekaligus menjaga keberlanjutan lingkungan (Díaz *et al.*, 2019). Pendekatan ini berangkat dari prinsip bahwa keterlibatan aktif masyarakat lokal dalam pemanfaatan sumber daya laut dapat meningkatkan kualitas ekosistem sekaligus menyediakan sumber pendapatan yang berkelanjutan. Satoumi menekankan bahwa konservasi bukanlah penghalang bagi aktivitas ekonomi, melainkan bagian integral dari praktik ekonomi berkelanjutan.

Salah satu aspek penting Satoumi adalah penguatan komunitas lokal. Pemerintah Jepang mendorong pembentukan kelompok nelayan dan asosiasi pesisir yang terlibat langsung dalam pengelolaan kawasan laut. Kelompok-kelompok ini memiliki tanggung jawab dalam mengatur kuota tangkap, menetapkan zona perlindungan, dan melakukan monitoring sumber daya secara berkala. Model pengelolaan berbasis komunitas ini meningkatkan kepatuhan terhadap aturan, mengurangi konflik antar nelayan, dan memperkuat solidaritas sosial. Satoumi tidak hanya berfungsi sebagai mekanisme ekologis tetapi juga memperkuat kohesi sosial dan kapasitas adaptif masyarakat terhadap perubahan lingkungan.

Pendekatan Satoumi juga menekankan rehabilitasi habitat pesisir sebagai bagian dari strategi pengelolaan. Rehabilitasi ini mencakup penanaman kembali padang lamun, restorasi *mangrove*, dan perlindungan terumbu karang. Aktivitas ini tidak hanya meningkatkan produktivitas perikanan lokal tetapi juga memulihkan fungsi ekosistem penting, termasuk penyimpanan karbon biru, stabilisasi sedimen, dan perlindungan dari abrasi pesisir. Integrasi rehabilitasi habitat dengan kegiatan ekonomi lokal memungkinkan manfaat ganda: keberlanjutan sumber daya dan peningkatan kesejahteraan masyarakat.

Pendidikan lingkungan berbasis budaya menjadi komponen kunci dalam implementasi Satoumi. Pendidikan ini menekankan pengetahuan tradisional masyarakat pesisir, praktik tangkap berkelanjutan, dan pentingnya menjaga ekosistem laut. Anak-anak, pemuda, dan anggota komunitas secara aktif dilibatkan dalam program edukasi yang menggabungkan ilmu pengetahuan modern dan kearifan lokal. Pendekatan ini meningkatkan kesadaran generasi muda terhadap konservasi dan menciptakan kader pengelola laut yang berpengetahuan luas, sekaligus menjaga warisan budaya pesisir.

Satoumi juga mengintegrasikan dimensi ekonomi berkelanjutan. Dengan menggabungkan konservasi dan produktivitas, model ini mendukung pengembangan usaha berbasis laut, seperti budidaya ikan dan kerang, pengolahan hasil perikanan, serta ekowisata. Praktik ini memungkinkan masyarakat pesisir memperoleh pendapatan sambil memelihara kelestarian ekosistem. Pendekatan ini menunjukkan bahwa keberlanjutan lingkungan dan kesejahteraan ekonomi bukanlah pilihan yang saling bertentangan, melainkan dapat saling mendukung melalui manajemen adaptif berbasis komunitas.

B. Pembelajaran dari Kegagalan

Pada dinamika pengelolaan wilayah pesisir dan pengembangan ekonomi biru, praktik terbaik (*best practices*) sering menjadi rujukan kebijakan. Namun demikian, pembelajaran dari kegagalan (*lessons from failures*) sama pentingnya dalam memperbaiki desain kebijakan, tata kelola, dan implementasi program. Banyak inisiatif pengelolaan pesisir di berbagai negara mengalami hambatan atau bahkan kegagalan akibat lemahnya koordinasi, ketidaksesuaian konteks sosial, kurangnya pendanaan jangka panjang, atau pengabaian aspek ekologi. Kegagalan pengelolaan sumber daya alam sering kali terjadi bukan karena kurangnya pengetahuan ilmiah, tetapi karena lemahnya tata kelola, ketimpangan sosial, dan tidak terintegrasinya kebijakan lintas sektor.

1. Kegagalan Pengelolaan Perikanan akibat *Overfishing*

Kegagalan pengelolaan perikanan akibat *overfishing* menjadi salah satu tantangan paling serius dalam pengelolaan pesisir global. FAO (2020) melaporkan bahwa lebih dari sepertiga stok ikan dunia saat ini

dieksploitasi secara tidak berkelanjutan, yang berpotensi menyebabkan kolapsnya ekosistem perairan dan kehilangan sumber mata pencaharian bagi jutaan masyarakat pesisir. Eksploitasi berlebih ini terjadi karena berbagai faktor, termasuk tekanan permintaan pasar, intensitas penangkapan yang tinggi, dan minimnya mekanisme pengelolaan yang efektif untuk menjaga keseimbangan stok ikan. Dampak dari *overfishing* tidak hanya bersifat ekologis, tetapi juga ekonomi dan sosial, karena menurunnya produktivitas perikanan mengancam ketahanan pangan dan pendapatan nelayan lokal.

Salah satu faktor utama penyebab kegagalan pengelolaan adalah subsidi perikanan yang tidak terarah. Subsidi yang diberikan tanpa memperhatikan kapasitas tangkap atau kondisi stok ikan justru mendorong peningkatan tekanan pada sumber daya laut. Selain itu, lemahnya penegakan hukum terhadap praktik penangkapan ilegal dan minimnya data ilmiah untuk penentuan kuota tangkap semakin memperparah degradasi stok ikan. Akibatnya, kolapsnya beberapa populasi ikan komersial utama menjadi nyata di berbagai wilayah, seperti Atlantik Utara dan Samudra Hindia, yang menunjukkan bahwa ketidakseimbangan antara tekanan manusia dan kapasitas regeneratif ekosistem menimbulkan risiko ekologis yang tinggi.

Pelajaran penting dari kegagalan ini adalah perlunya reformasi pengelolaan perikanan berbasis sains dan tata kelola yang efektif. Pendekatan berbasis kuota ilmiah, peningkatan monitoring dan penegakan hukum, serta reformasi subsidi menjadi langkah kunci untuk mengembalikan keberlanjutan stok ikan. Dengan strategi tersebut, pemerintah dan komunitas perikanan dapat menyeimbangkan antara kebutuhan ekonomi dan konservasi sumber daya. Kombinasi pengelolaan berbasis ilmu pengetahuan, partisipasi nelayan, dan transparansi kebijakan menjadi fondasi penting untuk mencegah krisis perikanan di masa depan dan memastikan keberlanjutan ekosistem pesisir secara jangka panjang.

2. Proyek Reklamasi dan Kerusakan Ekosistem Pesisir

Proyek reklamasi pantai di berbagai wilayah, terutama di Asia Tenggara, telah menimbulkan dampak signifikan terhadap ekosistem pesisir. Pembangunan infrastruktur pesisir tanpa memperhitungkan

kapasitas dan fungsi ekosistem mengakibatkan hilangnya habitat penting seperti *mangrove*, padang lamun, dan terumbu karang. Dampak ekologis ini tidak hanya mengurangi keanekaragaman hayati, tetapi juga menurunkan kemampuan pesisir dalam menahan gelombang, menyerap banjir, dan menyimpan karbon biru, sehingga meningkatkan kerentanan terhadap bencana seperti banjir rob dan badai tropis. Selain itu, reklamasi sering menyebabkan penurunan kualitas air akibat sedimentasi dan polusi yang masuk ke perairan pesisir.

Proyek reklamasi kerap menimbulkan konflik sosial dengan masyarakat lokal, khususnya nelayan tradisional yang kehilangan akses ke wilayah tangkapan ikan atau lahan pemijahan. Banyak kegagalan proyek ini bermula dari kurangnya integrasi kajian lingkungan strategis (*Strategic Environmental Assessment/SEA*) dan minimnya partisipasi publik. Akibatnya, keputusan pembangunan menjadi kurang transparan dan kurang memperhatikan dampak jangka panjang terhadap ekosistem dan komunitas. Masalah ini sering menimbulkan resistensi lokal, litigasi, dan bahkan kerugian ekonomi bagi pemerintah karena proyek tidak berjalan sesuai rencana.

Pembelajaran utama dari berbagai kasus reklamasi adalah perlunya perencanaan berbasis ekosistem (*ecosystem-based management*) yang mengintegrasikan analisis risiko lingkungan, kapasitas ekosistem, dan kebutuhan masyarakat lokal. Pendekatan partisipatif yang melibatkan nelayan, komunitas pesisir, ilmuwan, dan pemangku kepentingan lain sebelum implementasi proyek terbukti meningkatkan legitimasi dan keberlanjutan intervensi.

3. Kawasan Konservasi Laut yang “Paper Parks”

Banyak negara telah menetapkan kawasan konservasi laut atau *Marine Protected Areas* (MPAs) sebagai instrumen perlindungan ekosistem pesisir dan laut. Namun, kenyataannya tidak semua MPAs efektif dalam mencapai tujuan konservasi. Fenomena yang dikenal sebagai *paper parks* terjadi ketika kawasan hanya ada secara administratif, tetapi tidak ada pengelolaan atau pengawasan lapangan yang memadai. Dalam kondisi ini, batas-batas konservasi tercatat di peta dan peraturan, namun praktik di lapangan, seperti penangkapan ilegal, penambangan pasir, atau kerusakan habitat, tetap berlangsung tanpa sanksi yang efektif. Akibatnya, potensi ekologis kawasan untuk

melindungi spesies dan mendukung ketahanan ekosistem menjadi sangat terbatas.

Kegagalan MPAs sering kali disebabkan oleh kombinasi faktor struktural dan sosial. Minimnya anggaran operasional membuat patroli dan pemantauan tidak berjalan, sementara keterlibatan masyarakat lokal yang rendah mengurangi kepatuhan terhadap aturan. Selain itu, konflik kepentingan dengan industri perikanan atau perusahaan pariwisata dapat menimbulkan tekanan ekonomi untuk mengeksploitasi sumber daya yang seharusnya dilindungi. Tanpa partisipasi aktif pemangku kepentingan lokal, kawasan konservasi menjadi “kotak kosong” yang hanya memenuhi target administratif, tetapi gagal memberikan perlindungan ekosistem yang nyata. Keberhasilan MPAs sangat bergantung pada pengelolaan aktif, pengawasan berbasis sains, dan keterlibatan komunitas. Program konservasi yang efektif memerlukan alokasi anggaran yang memadai, kapasitas pengawasan, dan mekanisme sanksi yang jelas bagi pelanggar. Selain itu, integrasi pengetahuan lokal dan praktik berbasis ekosistem meningkatkan efektivitas perlindungan.

4. Kegagalan Restorasi *Mangrove* yang Tidak Berbasis Ilmu

Program rehabilitasi *mangrove* di berbagai negara sering kali menghadapi kegagalan yang signifikan karena tidak memperhatikan aspek ilmiah dan ekologis yang mendasar. Banyak proyek yang menanam *mangrove* secara massal tanpa memperhitungkan kondisi hidrologi lokal, seperti pola pasang surut, salinitas air, dan jenis substrat tanah. Pendekatan monokultur, di mana hanya satu jenis spesies ditanam, seringkali tidak sesuai dengan karakteristik ekosistem setempat, sehingga bibit *mangrove* gagal bertahan hidup atau pertumbuhannya tidak optimal. Akibatnya, tujuan restorasi untuk perlindungan pantai, penyimpanan karbon, dan dukungan terhadap keanekaragaman hayati tidak tercapai.

Kurangnya keterlibatan masyarakat lokal juga menjadi faktor penting dalam kegagalan restorasi *mangrove*. Partisipasi komunitas pesisir meningkatkan keberhasilan program melalui pemantauan, perawatan bibit, dan perlindungan dari gangguan manusia maupun hewan. Ketika masyarakat tidak dilibatkan, proyek restorasi sering dianggap sebagai intervensi eksternal, sehingga kepemilikan dan

komitmen lokal terhadap keberlanjutan ekosistem menjadi rendah. Hal ini juga mengurangi potensi manfaat ekonomi, seperti peningkatan hasil perikanan dan peluang ekowisata.

Pelajaran dari kegagalan ini jelas: restorasi *mangrove* harus berbasis sains dan disesuaikan dengan kondisi ekologis setempat. Pendekatan yang efektif mempertimbangkan dinamika pasang surut, kualitas tanah, keanekaragaman spesies, dan keterlibatan aktif komunitas pesisir. Dengan integrasi ilmu pengetahuan, teknologi, dan partisipasi sosial, restorasi *mangrove* tidak hanya meningkatkan ketahanan pesisir terhadap abrasi dan badai, tetapi juga berkontribusi pada mitigasi perubahan iklim melalui penyimpanan karbon biru, sekaligus menciptakan manfaat sosial dan ekonomi yang berkelanjutan bagi masyarakat lokal.

5. Ketimpangan Sosial dalam Ekonomi Biru

Implementasi ekonomi biru, meskipun menawarkan peluang pertumbuhan dan mitigasi perubahan iklim, sering menghadapi tantangan ketimpangan sosial. Di banyak negara, manfaat ekonomi dari sektor energi lepas pantai, perikanan komersial, dan pariwisata bahari cenderung dinikmati oleh investor besar dan perusahaan multinasional, sementara komunitas pesisir lokal yang bergantung pada sumber daya laut menerima sedikit keuntungan. Tanpa mekanisme redistribusi yang adil, pembangunan ekonomi biru dapat memperkuat ketimpangan ekonomi, menurunkan kesejahteraan masyarakat lokal, dan mengurangi akses terhadap peluang kerja atau kepemilikan aset di sektor kelautan.

Ketimpangan ini juga berdampak pada legitimasi dan keberlanjutan kebijakan ekonomi biru. Transisi menuju ekonomi rendah karbon harus memperhatikan prinsip just transition, yang mencakup perlindungan sosial bagi kelompok rentan, inklusi perempuan, dan pemberdayaan nelayan kecil. Tanpa perhatian pada keadilan sosial, proyek-proyek ekonomi biru berisiko menimbulkan konflik antara investor besar dan komunitas lokal, menghambat penerimaan masyarakat terhadap regulasi baru, serta mengurangi efektivitas program konservasi dan adaptasi perubahan iklim.

Pengembangan ekonomi biru harus dirancang dengan strategi inklusif yang mengintegrasikan aspek sosial dan ekonomi. Misalnya, penerapan skema pembagian manfaat, insentif ekonomi untuk usaha

mikro lokal, pelatihan keterampilan, dan akses terhadap pembiayaan mikro dapat meningkatkan partisipasi masyarakat. Dengan pendekatan ini, ekonomi biru tidak hanya menjadi pendorong pertumbuhan dan mitigasi iklim, tetapi juga alat untuk memperkuat ketahanan sosial, memperbaiki kesejahteraan komunitas pesisir, dan memastikan bahwa manfaat pembangunan berkelanjutan dapat dinikmati secara adil oleh semua pihak yang terlibat.

6. Kegagalan Adaptasi Berbasis Infrastruktur Abu-Abu

Pendekatan adaptasi yang mengandalkan infrastruktur keras atau grey infrastructure, seperti tanggul beton dan dinding penahan gelombang, telah banyak diterapkan untuk melindungi wilayah pesisir dari kenaikan muka air laut dan banjir rob. Meskipun infrastruktur ini menawarkan perlindungan jangka pendek terhadap gelombang dan intrusi air laut. Solusi semacam ini sering memindahkan risiko ke wilayah pesisir yang berdekatan, mempercepat erosi di daerah yang tidak terlindungi, dan mengganggu proses sedimentasi alami. Selain itu, pembangunan infrastruktur beton yang masif dapat merusak habitat pesisir, termasuk *mangrove*, padang lamun, dan terumbu karang, sehingga mengurangi kapasitas ekosistem dalam menyediakan jasa lingkungan kritis.

Infrastruktur konvensional cenderung mahal dan kurang fleksibel dalam menghadapi ketidakpastian perubahan iklim jangka panjang. Perubahan pola curah hujan, kenaikan muka air laut yang tidak merata, dan intensifikasi badai tropis dapat membuat tanggul atau dinding penahan gelombang cepat usang atau memerlukan perbaikan yang terus-menerus. Biaya pemeliharaan yang tinggi serta keterbatasan adaptabilitas membuat pendekatan berbasis infrastruktur abu-abu menjadi kurang efisien jika dibandingkan dengan solusi berbasis alam yang memanfaatkan fungsi ekosistem pesisir.

Sebagai alternatif, pendekatan *nature-based solutions* yang memulihkan *mangrove*, padang lamun, dan sabuk vegetasi pesisir menawarkan perlindungan alami yang lebih berkelanjutan. Ekosistem ini mampu meredam energi gelombang, menyerap karbon, dan menahan sedimen secara dinamis, sekaligus mendukung produktivitas perikanan dan kesejahteraan masyarakat lokal. Dengan integrasi antara

infrastruktur alami dan rekayasa minimal, wilayah pesisir dapat memperoleh proteksi yang lebih efektif, biaya pemeliharaan lebih rendah, serta adaptasi yang fleksibel terhadap skenario iklim masa depan. Pendekatan ini menekankan bahwa ketahanan pesisir yang berkelanjutan tidak hanya bergantung pada beton dan baja, tetapi pada pemulihan dan pengelolaan ekosistem secara cerdas.

7. Keterbatasan Data dan Monitoring

Kegagalan pengelolaan wilayah pesisir sering kali berkaitan langsung dengan keterbatasan data dan sistem monitoring yang kurang memadai. Banyak negara, terutama di wilayah berkembang, belum memiliki infrastruktur ilmiah yang cukup untuk memantau stok ikan, kualitas air, dan kondisi ekosistem secara berkelanjutan. Kekurangan data ini membuat pemerintah kesulitan dalam menetapkan kuota penangkapan yang tepat, mengidentifikasi area kritis untuk konservasi, atau menilai dampak kegiatan manusia terhadap ekosistem pesisir. Akibatnya, kebijakan yang diterapkan sering bersifat reaktif dan tidak mampu mencegah kerusakan lingkungan jangka panjang.

Pengambilan keputusan tanpa dasar data yang kuat meningkatkan risiko kesalahan manajemen dan mempercepat degradasi ekosistem. Misalnya, kurangnya informasi tentang pola migrasi ikan atau tingkat produktivitas terumbu karang dapat menyebabkan *overfishing*, konflik antar pemangku kepentingan, atau kegagalan kawasan konservasi laut. Selain itu, ketiadaan data mengenai kualitas air dan akumulasi polutan membatasi kemampuan pihak berwenang dalam melakukan intervensi tepat waktu untuk melindungi kesehatan manusia dan ekosistem.

Untuk mengatasi masalah ini, pengembangan sistem monitoring terpadu berbasis ilmiah dan teknologi menjadi krusial. Pendekatan ini mencakup penggunaan sensor digital, citra satelit, dan sistem informasi geografis untuk memantau stok ikan, perubahan garis pantai, serta kondisi *mangrove* dan padang lamun. Integrasi pengetahuan lokal dengan data ilmiah juga penting, karena pengalaman masyarakat pesisir dapat melengkapi pengamatan formal. Dengan sistem monitoring yang handal, kebijakan pesisir dapat bersifat adaptif, berbasis bukti, dan lebih efektif dalam menjaga keseimbangan ekologis sekaligus kesejahteraan komunitas lokal.

C. Integrasi Kebijakan dan Praktik Lokal

Keberhasilan pengelolaan pesisir dan implementasi ekonomi biru tidak hanya ditentukan oleh desain kebijakan nasional atau komitmen global, tetapi juga oleh kemampuan mengintegrasikan kebijakan tersebut dengan praktik lokal yang hidup di masyarakat. Banyak kebijakan kelautan yang gagal mencapai target karena bersifat top-down dan kurang memperhatikan konteks sosial, budaya, dan kelembagaan lokal. Sebaliknya, praktik lokal tanpa dukungan regulasi formal sering kali memiliki keterbatasan dalam skala, pembiayaan, dan legitimasi hukum.

Pörtner *et al.* (2022) menegaskan bahwa tata kelola pesisir yang efektif memerlukan pendekatan multi-level governance, di mana kebijakan internasional, nasional, dan lokal saling terhubung secara adaptif. Integrasi kebijakan dengan praktik lokal meningkatkan efektivitas konservasi, ketahanan iklim, dan keadilan sosial. Pendekatan polisentris memungkinkan koordinasi lintas level pemerintahan dan aktor non-negara. Integrasi ini penting untuk menghindari tumpang tindih kewenangan serta konflik pemanfaatan ruang laut. Pengakuan terhadap sistem pengetahuan lokal (*Indigenous and Local Knowledge/ILK*) harus menjadi bagian dari desain kebijakan formal.

1. *Co-Management* Perikanan: Integrasi Regulasi dan Komunitas

Model *co-management* perikanan merupakan pendekatan inovatif yang menggabungkan peran pemerintah dan komunitas lokal dalam pengelolaan sumber daya laut. Pendekatan ini menekankan pembagian tanggung jawab, di mana regulasi nasional menyediakan kerangka hukum dan kebijakan yang jelas, sementara komunitas nelayan bertindak sebagai pengawas dan pelaksana di lapangan. Praktik *co-management* di negara seperti Filipina dan Indonesia berhasil menurunkan penangkapan ikan yang destruktif serta meningkatkan kepatuhan terhadap zona larangan tangkap. Dengan adanya keterlibatan langsung masyarakat, implementasi kebijakan menjadi lebih realistis dan kontekstual, sehingga tujuan konservasi dan keberlanjutan dapat tercapai.

Pendekatan *co-management* juga memanfaatkan sinergi antara data ilmiah dan pengetahuan lokal. Integrasi kedua sumber informasi ini memperkuat ketahanan sosial-ekologis komunitas pesisir. Data ilmiah, misalnya, digunakan untuk menetapkan kuota penangkapan dan zona konservasi, sedangkan pengetahuan lokal memberikan wawasan mengenai pola migrasi ikan, kondisi ekosistem, dan praktik tradisional yang berkelanjutan. Kombinasi ini memungkinkan pengambilan keputusan adaptif yang lebih responsif terhadap perubahan lingkungan dan tekanan sosial-ekonomi.

Co-management memperkuat kohesi sosial dan kapasitas organisasi komunitas. Keterlibatan nelayan dalam pengawasan dan manajemen kawasan laut meningkatkan rasa kepemilikan terhadap sumber daya dan mendorong partisipasi aktif dalam kegiatan konservasi. Hal ini juga membantu mengurangi konflik internal maupun eksternal, karena keputusan dibuat secara partisipatif dan transparan.

2. Integrasi *Marine Spatial Planning* (MSP) dengan Hak Tradisional

Marine Spatial Planning (MSP) merupakan pendekatan perencanaan tata ruang laut yang bertujuan mengatur berbagai kegiatan di wilayah pesisir dan laut agar saling berkesinambungan, termasuk perikanan, energi lepas pantai, konservasi, dan transportasi. Meskipun sering dipandang sebagai instrumen teknokratis yang bersifat top-down, integrasi hak-hak tradisional dan praktik lokal dapat meningkatkan legitimasi dan efektivitas kebijakan. Beberapa negara Eropa telah mengakomodasi zona penangkapan tradisional atau wilayah kelola nelayan lokal dalam peta MSP, sehingga memadukan perspektif ilmiah dengan pengalaman dan kearifan lokal.

Di Indonesia, pengakuan terhadap wilayah kelola masyarakat adat mulai diintegrasikan dalam kebijakan nasional, memungkinkan komunitas pesisir mempertahankan hak akses terhadap sumber daya laut. Pendekatan MSP yang inklusif membantu mencegah konflik antara kepentingan industri, konservasi, dan masyarakat lokal. Dengan melibatkan aktor lokal sejak tahap perencanaan, proses pengambilan keputusan menjadi lebih transparan dan responsif terhadap kebutuhan komunitas, sekaligus memperkuat kesadaran akan pentingnya keberlanjutan ekosistem laut.

Integrasi hak tradisional dalam MSP juga berdampak positif terhadap keberlanjutan ekologis. Pengetahuan lokal mengenai lokasi pemijahan ikan, pola migrasi, dan zona penangkapan berkelanjutan dapat digunakan untuk menentukan batas zona konservasi dan alokasi kegiatan ekonomi. MSP yang menggabungkan pendekatan ilmiah dan kearifan lokal tidak hanya mengurangi risiko konflik, tetapi juga mendukung pengelolaan sumber daya laut yang adaptif, efektif, dan berkeadilan, menjadikannya instrumen kunci dalam implementasi ekonomi biru yang inklusif dan berkelanjutan.

3. Restorasi Mangrove Berbasis Komunitas dan Kebijakan Iklim

Restorasi *mangrove* menjadi contoh nyata bagaimana kebijakan nasional dan praktik lokal dapat bersinergi dalam menghadapi perubahan iklim. Banyak negara, termasuk Indonesia, memasukkan target restorasi *mangrove* dalam *Nationally Determined Contributions* (NDC) sebagai bagian dari strategi mitigasi karbon biru. Mangrove tidak hanya berperan dalam menyerap karbon, tetapi juga menyediakan proteksi alami terhadap abrasi pantai, banjir, dan badai. Dengan demikian, restorasi *mangrove* memiliki dampak ganda: mendukung mitigasi iklim sekaligus meningkatkan ketahanan pesisir.

Keberhasilan program restorasi sangat tergantung pada partisipasi aktif masyarakat lokal. Pendekatan berbasis komunitas lebih efektif dibandingkan proyek top-down, karena masyarakat memahami kondisi ekologis setempat dan memiliki motivasi untuk menjaga hasil restorasi. Program berbasis komunitas biasanya melibatkan pelatihan teknis, pemetaan lahan potensial, penanaman bibit, dan pemeliharaan secara berkelanjutan. Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan keberhasilan ekologis, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi melalui peluang pekerjaan lokal dan peningkatan produktivitas perikanan.

Integrasi kebijakan nasional dan praktik lokal diperkuat melalui dukungan pendanaan, pemanfaatan teknologi, dan mekanisme monitoring partisipatif. Pemerintah menyediakan sumber daya finansial untuk proyek restorasi, sementara masyarakat berperan dalam pemantauan kondisi *mangrove* menggunakan teknologi seperti citra satelit atau sensor lingkungan. Pendekatan ini memastikan transparansi, akuntabilitas, dan keberlanjutan jangka panjang program restorasi.

4. Integrasi Ekonomi Biru dengan Kearifan Lokal

Integrasi ekonomi biru dengan kearifan lokal menghadirkan pendekatan yang harmonis antara inovasi modern dan praktik tradisional masyarakat pesisir. Meskipun ekonomi biru sering dipandang sebagai strategi berbasis teknologi dan pasar global, banyak komunitas di Nusantara telah menerapkan praktik adat yang secara efektif mengatur pemanfaatan sumber daya laut. Contoh klasik termasuk sasi di Maluku dan awig-awig di Bali dan Lombok, yang menetapkan larangan sementara atau pembatasan tertentu terhadap penangkapan ikan dan pengelolaan sumber daya laut. Sistem adat ini tidak hanya menjaga kelestarian ekosistem, tetapi juga memperkuat kohesi sosial dan rasa kepemilikan masyarakat terhadap lingkungan.

Pengintegrasian kebijakan ekonomi biru dengan praktik adat memerlukan pengakuan hukum dan penyelarasan regulasi. Pemerintah dapat mengakui aturan adat sebagai instrumen legal yang sah, sehingga kuota tangkap dan batasan pemanfaatan sumber daya dapat disesuaikan dengan kalender tradisional. Langkah ini memastikan bahwa modernisasi ekonomi biru tidak menabrak nilai-nilai lokal, sekaligus meningkatkan kepatuhan masyarakat terhadap regulasi. Insentif ekonomi, seperti dukungan pembiayaan untuk praktik perikanan berkelanjutan atau akses ke pasar hijau, dapat memperkuat motivasi masyarakat untuk melanjutkan tradisi pengelolaan sumber daya yang ramah lingkungan.

Integrasi ini meningkatkan kapasitas adaptif komunitas pesisir terhadap perubahan iklim. Sistem lokal yang sudah teruji secara ekologis dan sosial mampu merespons fluktuasi lingkungan lebih cepat dibandingkan pendekatan top-down. Misalnya, larangan sementara penangkapan dalam sasi secara alami menyesuaikan diri dengan pola reproduksi ikan, sehingga stok tetap terjaga meskipun terjadi fenomena iklim ekstrem.

5. Integrasi Kebijakan Adaptasi Iklim dengan Infrastruktur Lokal

Integrasi kebijakan adaptasi iklim dengan infrastruktur lokal menunjukkan bagaimana pendekatan nasional dapat selaras dengan praktik berbasis komunitas untuk menghadapi risiko pesisir. Di Belanda, konsep *Building with Nature* diterapkan dengan memanfaatkan

dinamika alami arus laut dan pasir untuk memperkuat garis pantai, sekaligus melibatkan masyarakat dalam pengelolaan dan pemantauan proyek. Partisipasi lokal tidak hanya meningkatkan efektivitas teknis, tetapi juga memperkuat legitimasi sosial, sehingga masyarakat memiliki rasa kepemilikan terhadap inisiatif adaptasi. Solusi berbasis alam yang melibatkan komunitas lokal cenderung lebih fleksibel, berkelanjutan, dan biaya operasionalnya lebih rendah dibandingkan infrastruktur keras konvensional.

Di konteks Nusantara, integrasi kebijakan adaptasi iklim dengan praktik lokal terlihat dalam pengembangan sabuk hijau *mangrove* sebagai proteksi alami terhadap abrasi dan banjir pesisir. Pendekatan ini menggabungkan kebijakan nasional terkait mitigasi dan adaptasi perubahan iklim dengan kearifan lokal masyarakat pesisir, seperti penanaman dan pemeliharaan *mangrove* secara partisipatif. Program berbasis komunitas ini tidak hanya melindungi garis pantai, tetapi juga mendukung mata pencaharian lokal melalui peningkatan hasil perikanan dan ekowisata, sehingga manfaat ekologis dan ekonomi berjalan seiring.

Integrasi ini menciptakan sistem adaptasi yang responsif terhadap perubahan lingkungan. Pendekatan top-down semata sering gagal karena tidak memperhitungkan kondisi lokal dan kapasitas masyarakat. Dengan menggabungkan kebijakan nasional dan praktik lokal berbasis solusi alam, pemerintah dapat mendorong strategi adaptasi yang inklusif, efektif, dan berkelanjutan. Hal ini sekaligus memperkuat kapasitas komunitas pesisir dalam menghadapi risiko iklim ekstrem, meningkatkan ketahanan sosial-ekologis, serta menjadikan adaptasi iklim sebagai bagian dari pembangunan lokal yang menyeluruh.

6. Integrasi Digitalisasi dan Pengetahuan Lokal

Integrasi digitalisasi dengan pengetahuan lokal menjadi strategi penting dalam pengelolaan pesisir modern. Transformasi digital memungkinkan pengumpulan dan analisis data secara lebih cepat, akurat, dan transparan. Penggunaan aplikasi seluler untuk pencatatan hasil tangkapan ikan oleh nelayan lokal tidak hanya meningkatkan kualitas data stok ikan, tetapi juga memperkuat akuntabilitas dalam pengelolaan perikanan. Dengan digitalisasi, informasi yang sebelumnya tersebar atau sulit diakses dapat diintegrasikan ke dalam sistem

manajemen yang berbasis bukti, sehingga kebijakan pengelolaan sumber daya laut menjadi lebih responsif dan adaptif terhadap kondisi nyata di lapangan.

Digitalisasi juga memfasilitasi koordinasi antara pemerintah, lembaga riset, dan komunitas lokal. Platform digital memungkinkan penyebaran informasi tentang zona larangan tangkap, prakiraan cuaca, dan peringatan dini bencana secara *real-time*. Masyarakat pesisir dapat mengambil keputusan yang lebih tepat terkait aktivitas penangkapan, pemanfaatan sumber daya, maupun langkah-langkah mitigasi risiko bencana. Integrasi data ilmiah dengan pengalaman dan pengetahuan lokal memperkuat legitimasi sosial dan mendukung pengelolaan berbasis komunitas yang lebih efektif.

Keberhasilan integrasi digital memerlukan perhatian pada kapasitas masyarakat dalam menggunakan teknologi. Tingkat literasi digital yang rendah dapat membatasi partisipasi aktif nelayan dan komunitas lokal dalam sistem monitoring dan pelaporan. Oleh karena itu, program pelatihan teknologi, penyediaan akses perangkat digital, dan penyederhanaan antarmuka aplikasi menjadi langkah strategis agar digitalisasi tidak menciptakan kesenjangan, melainkan memperkuat pengelolaan pesisir yang inklusif, adaptif, dan berkelanjutan. Pendekatan ini memastikan bahwa teknologi berfungsi sebagai pendukung, bukan pengganti, pengetahuan lokal dalam menjaga ekosistem pesisir.



BAB XIV

ARAH KEBIJAKAN MASA DEPAN DAN REKOMENDASI IMPLEMENTASI

Pengelolaan sumber daya pesisir menghadapi tantangan yang terus berkembang akibat perubahan iklim, tekanan antropogenik, dan dinamika sosial-ekonomi masyarakat pesisir. Arah kebijakan masa depan perlu menekankan prinsip keberlanjutan, ketahanan ekosistem, dan inklusi sosial. Kebijakan yang adaptif dan berbasis bukti ilmiah menjadi landasan penting untuk menghadapi ketidakpastian ekologis dan memastikan manfaat ekonomi dan sosial dapat dinikmati secara berkelanjutan. Arah kebijakan ini juga harus memperkuat kolaborasi lintas sektor dan antar pemangku kepentingan, mulai dari pemerintah pusat dan daerah, sektor swasta, akademisi, LSM, hingga komunitas lokal.

Rekomendasi untuk implementasi kebijakan meliputi perencanaan ruang berbasis ekosistem, pemberdayaan masyarakat, inovasi teknologi, dan mekanisme pembiayaan berkelanjutan. Pendekatan seperti *Integrated Coastal Zone Management (ICZM)* dan *Marine Spatial Planning (MSP)* perlu diintegrasikan dengan praktik lokal, sehingga pengelolaan pesisir mampu mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya sekaligus menjaga fungsi ekologis. Selain itu, kebijakan masa depan harus mendorong inovasi ekonomi biru, pemanfaatan teknologi ramah lingkungan, serta pengembangan kapasitas masyarakat untuk meningkatkan ketahanan sosial-ekologis wilayah pesisir.

A. Rekomendasi untuk Pembuat Kebijakan

Wilayah pesisir menghadapi tekanan multidimensional yang semakin kompleks, mulai dari perubahan iklim, degradasi ekosistem, eksploitasi berlebihan, hingga konflik pemanfaatan ruang laut. Pörtner *et*

al. (2022) menegaskan bahwa kawasan pesisir termasuk wilayah paling rentan terhadap kenaikan muka air laut, badai ekstrem, dan gangguan sistem sosial-ekologis. Di sisi lain, pesisir juga merupakan pusat pertumbuhan ekonomi melalui perikanan, akuakultur, pariwisata, energi terbarukan, dan transportasi laut. Dalam konteks ini, pembuat kebijakan perlu merumuskan arah kebijakan masa depan yang tidak hanya berorientasi pada pertumbuhan ekonomi, tetapi juga ketahanan iklim, keberlanjutan ekosistem, dan keadilan sosial. Tata kelola laut yang efektif harus berbasis ilmu pengetahuan, partisipatif, dan terintegrasi lintas sektor.

1. Penguatan Kerangka Kebijakan Terpadu

Penguatan kerangka kebijakan terpadu menjadi langkah strategis dalam mengelola wilayah pesisir secara efektif dan berkelanjutan. Fragmentasi kebijakan antar sektor, seperti perikanan, pariwisata, energi, dan konservasi, sering menimbulkan konflik pemanfaatan ruang dan degradasi ekosistem pesisir. Integrasi kebijakan melalui pendekatan *Integrated Coastal Zone Management (ICZM)* dan *Marine Spatial Planning (MSP)* dapat mengatasi masalah ini dengan menyatukan tujuan pembangunan, konservasi, dan kepentingan ekonomi. Pendekatan ini mendorong harmonisasi regulasi dan mengurangi tumpang tindih kewenangan antara kementerian serta pemerintah daerah, sehingga implementasi kebijakan menjadi lebih efisien dan koheren.

Penyelarasan rencana tata ruang laut dengan kebijakan darat menjadi elemen penting dalam penguatan kerangka kebijakan terpadu. Pendekatan land-sea interface memastikan bahwa kegiatan darat seperti pembangunan infrastruktur, pengelolaan limbah, dan urbanisasi tidak merusak ekosistem pesisir. Integrasi ini juga memungkinkan pengelolaan risiko bencana yang lebih efektif, termasuk mitigasi abrasi, banjir pesisir, dan dampak badai. Selain itu, memasukkan target SDGs, terutama SDG 14 (*Life Below Water*), ke dalam kebijakan nasional dan rencana pembangunan jangka menengah menegaskan komitmen pemerintah terhadap pengelolaan laut yang berkelanjutan dan perlindungan keanekaragaman hayati.

Mekanisme koordinasi antar lembaga menjadi fondasi operasional dari kebijakan terpadu. Forum koordinasi lintas kementerian, platform data bersama, dan prosedur pengambilan

keputusan kolaboratif memperkuat kapasitas adaptif sistem pesisir terhadap perubahan iklim. Dengan mekanisme ini, informasi ilmiah, pengetahuan lokal, dan praktik adaptasi komunitas dapat diintegrasikan dalam perencanaan dan pengawasan kegiatan pesisir. Pendekatan terpadu tidak hanya meningkatkan efektivitas kebijakan, tetapi juga memperkuat legitimasi sosial, sehingga masyarakat lokal merasa memiliki peran aktif dalam pengelolaan sumber daya pesisir yang berkelanjutan.

2. *Mainstreaming* Adaptasi Perubahan Iklim

Mainstreaming adaptasi perubahan iklim dalam kebijakan pesisir merupakan langkah penting untuk mengurangi kerentanan sosial dan ekonomi di wilayah pesisir. Perubahan iklim meningkatkan frekuensi badai, abrasi, banjir rob, dan kenaikan muka air laut yang berdampak langsung pada mata pencaharian masyarakat pesisir. Tanpa integrasi adaptasi iklim dalam perencanaan pembangunan, risiko ekonomi, sosial, dan lingkungan akan meningkat secara eksponensial. Perencanaan pembangunan jangka menengah dan panjang harus memasukkan analisis risiko iklim sehingga setiap kebijakan dan proyek pesisir mempertimbangkan dampak potensial perubahan iklim, termasuk kebutuhan mitigasi dan adaptasi.

Penguatan sistem peringatan dini pesisir menjadi komponen krusial dalam *mainstreaming* adaptasi. Sistem peringatan dini berbasis komunitas memungkinkan deteksi dini terhadap gelombang tinggi, badai, atau banjir rob, sehingga masyarakat dapat mengambil langkah mitigasi yang tepat waktu. Keterlibatan masyarakat lokal dalam pemantauan cuaca dan penyebaran informasi meningkatkan efektivitas respons terhadap bencana. Adaptasi tidak hanya bersifat struktural tetapi juga berbasis kapasitas komunitas, sehingga memperkuat ketahanan sosial-ekologis wilayah pesisir.

Investasi pada infrastruktur hijau, seperti restorasi *mangrove* dan pembentukan sabuk hijau pantai, menjadi strategi utama untuk mengurangi risiko akibat perubahan iklim. Pendekatan berbasis alam ini menawarkan proteksi alami terhadap gelombang dan abrasi, sekaligus menyerap karbon biru untuk mitigasi perubahan iklim. Solusi berbasis alam lebih hemat biaya dan berkelanjutan dalam jangka panjang

dibandingkan infrastruktur keras semata. Dengan menggabungkan integrasi perencanaan, peringatan dini, dan infrastruktur hijau, kebijakan pesisir dapat menjadi adaptif, inklusif, dan tangguh menghadapi tantangan perubahan iklim, sambil mendukung keberlanjutan ekosistem dan kesejahteraan masyarakat lokal.

3. Penguatan Konservasi dan Restorasi Ekosistem

Penguatan konservasi dan restorasi ekosistem pesisir menjadi langkah strategis dalam menghadapi kerentanan wilayah pesisir terhadap perubahan iklim dan degradasi lingkungan. Kerusakan ekosistem laut, termasuk *mangrove*, terumbu karang, dan padang lamun, mengurangi kapasitas perlindungan alami terhadap badai, abrasi, dan banjir rob sekaligus menurunkan produktivitas perikanan. Pembuat kebijakan perlu memperluas kawasan konservasi laut (*Marine Protected Areas/MPAs*) dan memastikan pengelolaan yang efektif, sehingga kawasan tersebut tidak hanya sekadar administrasi tetapi memberikan manfaat ekologis yang nyata.

Implementasi pengelolaan konservasi yang efektif menuntut partisipasi aktif komunitas lokal. Pengawasan berbasis komunitas meningkatkan kepatuhan terhadap aturan zona larangan tangkap, mengurangi praktik destruktif, dan memperkuat kesadaran lingkungan. Pendekatan berbasis masyarakat juga memastikan bahwa manfaat konservasi, seperti peningkatan stok ikan dan perlindungan habitat kritis, dirasakan langsung oleh komunitas pesisir. Konservasi tidak hanya bersifat ekologis tetapi juga memperkuat kesejahteraan sosial dan ekonomi lokal.

Restorasi ekosistem pesisir menjadi kunci dalam mitigasi perubahan iklim melalui karbon biru. Target kuantitatif restorasi *mangrove*, terumbu karang, dan lamun harus ditetapkan secara jelas, disertai insentif fiskal bagi komunitas yang terlibat aktif dalam rehabilitasi. Monitoring berbasis sains dan teknologi digital, seperti citra satelit dan sensor lingkungan, dapat meningkatkan efektivitas restorasi dan pelaporan hasilnya. Dengan integrasi konservasi, restorasi, dan partisipasi masyarakat, kebijakan pesisir dapat menghadirkan manfaat ekologis, ekonomi, dan sosial secara berkelanjutan, sekaligus memperkuat ketahanan wilayah pesisir terhadap dampak perubahan iklim.

4. Penguatan Ekonomi Biru Berkelanjutan

Penguatan ekonomi biru berkelanjutan menjadi kunci dalam mengoptimalkan potensi sumber daya laut tanpa mengorbankan keberlanjutan ekologis. Meskipun ekonomi biru memiliki kapasitas besar untuk mendorong pertumbuhan ekonomi, praktik yang tidak teratur atau berfokus semata pada eksploitasi dapat mempercepat degradasi ekosistem pesisir. Pembuat kebijakan perlu merancang regulasi yang menyeimbangkan pemanfaatan sumber daya dengan konservasi lingkungan, termasuk penerapan standar praktik berkelanjutan di sektor perikanan dan akuakultur.

Pada implementasinya, pengembangan akuakultur rendah emisi menjadi salah satu strategi utama. Sistem budidaya yang ramah lingkungan, seperti *recirculating aquaculture systems* (RAS) dan *integrated multi-trophic aquaculture* (IMTA), mampu meningkatkan produktivitas sekaligus mengurangi dampak ekologis. Selain itu, pemberian insentif fiskal atau non-fiskal bagi usaha kecil pesisir yang mengadopsi prinsip keberlanjutan mendorong partisipasi komunitas lokal dalam ekonomi biru. Langkah ini tidak hanya menjaga ekosistem, tetapi juga memperkuat ketahanan ekonomi masyarakat pesisir terhadap fluktuasi stok ikan dan perubahan iklim.

Aspek inklusivitas juga menjadi faktor penting dalam penguatan ekonomi biru. Pembangunan ekonomi laut harus memperhatikan hak-hak masyarakat lokal, termasuk nelayan tradisional, perempuan, dan kelompok marginal lainnya. Integrasi hak masyarakat dalam pengambilan keputusan dan akses terhadap manfaat ekonomi memastikan bahwa pertumbuhan sektor biru bersifat adil dan berkelanjutan. Dengan menggabungkan praktik berkelanjutan, inovasi teknologi, dan inklusi sosial, ekonomi biru dapat menjadi instrumen strategis untuk pertumbuhan ekonomi, konservasi lingkungan, dan kesejahteraan masyarakat pesisir secara simultan.

5. Reformasi Tata Kelola dan Transparansi

Reformasi tata kelola dan peningkatan transparansi menjadi fondasi penting dalam pengelolaan pesisir yang efektif dan berkelanjutan. Kepercayaan sosial merupakan faktor kunci dalam

keberhasilan implementasi kebijakan adaptasi dan mitigasi perubahan iklim. Ketika masyarakat memahami prosedur, kebijakan, dan keputusan yang diambil pemerintah, partisipasi publik meningkat, sehingga pengelolaan sumber daya laut menjadi lebih responsif dan akuntabel. Dalam konteks ini, reformasi tata kelola tidak hanya bersifat administratif tetapi juga strategis, dengan tujuan menciptakan mekanisme pengawasan yang melibatkan berbagai pemangku kepentingan.

Salah satu langkah konkret adalah penguatan sistem data terbuka kelautan yang memungkinkan akses publik terhadap informasi stok ikan, kualitas ekosistem, dan pemanfaatan ruang laut. Digitalisasi izin pemanfaatan ruang laut menjadi instrumen penting untuk memastikan prosedur yang efisien, akurat, dan transparan. Dengan adanya data yang mudah diakses, pemerintah, akademisi, dan masyarakat dapat melakukan pemantauan serta evaluasi secara *real-time*. Hal ini juga mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti dan mencegah praktik penangkapan ilegal atau penggunaan ruang laut yang tidak sesuai regulasi.

Mekanisme pengaduan publik berbasis daring memperkuat akuntabilitas dan keterlibatan masyarakat. Tata kelola yang transparan tidak hanya mengurangi risiko korupsi tetapi juga meminimalkan konflik sosial antara nelayan, pelaku usaha, dan pihak pemerintah. Dengan saluran pengaduan yang jelas dan responsif, masyarakat memiliki sarana untuk melaporkan pelanggaran atau masalah terkait pemanfaatan sumber daya laut.

6. Pemberdayaan Komunitas dan Inklusi Sosial

Pemberdayaan komunitas dan inklusi sosial menjadi aspek krusial dalam pengelolaan pesisir yang berkelanjutan. Pengetahuan lokal dan praktik tradisional masyarakat adat memiliki peran penting dalam menjaga keberlanjutan ekosistem laut dan pesisir. Dengan mengakui hak-hak masyarakat lokal, kebijakan pesisir tidak hanya menghormati keadilan sosial tetapi juga memanfaatkan kearifan lokal untuk pengelolaan sumber daya yang efektif. Hal ini mendorong terciptanya tata kelola yang partisipatif, di mana keputusan mengenai pemanfaatan wilayah laut dan pesisir melibatkan semua pemangku kepentingan, termasuk nelayan kecil dan komunitas adat.

Salah satu langkah strategis adalah pengakuan hukum terhadap wilayah kelola adat, sehingga komunitas memiliki legitimasi untuk mengelola sumber daya secara berkelanjutan. Selain itu, program pemberdayaan perempuan pesisir menjadi instrumen penting dalam memperkuat ketahanan sosial-ekonomi. Perempuan berperan signifikan dalam pengolahan hasil laut, distribusi pasar, dan pendidikan lingkungan, sehingga peningkatan kapasitas berdampak langsung pada kesejahteraan rumah tangga dan stabilitas komunitas. Pemberdayaan ini juga mencakup pelatihan kewirausahaan, literasi keuangan, dan akses ke jaringan pasar yang lebih luas.

Akses terhadap pembiayaan mikro bagi usaha berbasis laut menjadi kunci penguatan ekonomi lokal. Program pembiayaan mikro memungkinkan nelayan kecil dan pelaku usaha pesisir mengembangkan usaha berkelanjutan, seperti budidaya ikan, rumput laut, dan ekowisata. Dengan dukungan finansial yang memadai, komunitas dapat meningkatkan pendapatan rumah tangga sekaligus memperkuat ketahanan terhadap perubahan iklim dan fluktuasi pasar.

7. Inovasi Teknologi dan Digitalisasi

Inovasi teknologi dan digitalisasi menjadi pilar penting dalam modernisasi pengelolaan pesisir. Pemanfaatan teknologi seperti penginderaan jauh, sensor laut, dan sistem pemantauan *real-time* memungkinkan pengumpulan data yang akurat dan berkelanjutan mengenai kondisi ekosistem, stok ikan, kualitas air, dan dinamika pesisir. Digitalisasi dapat meningkatkan efektivitas pengawasan sumber daya serta mendukung pengambilan keputusan berbasis bukti. Dengan informasi yang terkini, pemerintah dan komunitas lokal dapat merespons perubahan lingkungan secara cepat, termasuk ancaman dari kenaikan muka air laut, badai, atau degradasi habitat.

Salah satu langkah strategis adalah pengembangan pusat data kelautan nasional yang terintegrasi. Pusat data ini berfungsi sebagai repositori informasi mengenai ekosistem pesisir, kegiatan perikanan, dan indikator sosial-ekonomi komunitas pesisir. Kolaborasi dengan universitas, lembaga riset, dan sektor swasta dapat meningkatkan kualitas data, mempercepat inovasi, serta memastikan bahwa teknologi yang diterapkan sesuai dengan kebutuhan lokal. Pendekatan ini tidak

hanya meningkatkan transparansi dan akuntabilitas, tetapi juga membangun kapasitas adaptif pemerintah dan masyarakat terhadap risiko perubahan iklim dan tekanan ekologis.

Implementasi teknologi canggih seperti *digital twin* pesisir membuka peluang untuk simulasi dan prediksi risiko secara *real-time*. *Digital twin* memungkinkan pemodelan interaksi antara gelombang laut, sedimen, infrastruktur, dan ekosistem, sehingga kebijakan adaptasi dan mitigasi dapat diuji secara virtual sebelum diterapkan. Pendekatan ini meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan meminimalkan potensi kegagalan intervensi.

8. Pembiayaan Berkelanjutan dan Insentif Hijau

Pembiayaan berkelanjutan menjadi salah satu faktor kunci dalam keberhasilan implementasi kebijakan pesisir yang adaptif dan ramah lingkungan. Banyak negara menghadapi keterbatasan dana untuk restorasi ekosistem, pembangunan infrastruktur hijau, serta penguatan kapasitas komunitas pesisir. Diversifikasi sumber pembiayaan, seperti obligasi biru, pembayaran jasa lingkungan (*Payment for Ecosystem Services/PES*), dan skema karbon biru, dapat menjadi instrumen strategis untuk mendukung program konservasi dan adaptasi iklim. Dengan mekanisme ini, masyarakat dan investor dapat diberikan insentif ekonomi yang sejalan dengan tujuan lingkungan, sehingga keberlanjutan ekosistem pesisir dapat terjaga.

Integrasi anggaran perubahan iklim ke dalam APBN atau APBD menjadi langkah penting untuk memastikan alokasi dana jangka panjang. Pendanaan publik ini dapat dipadukan dengan skema insentif pajak untuk investasi hijau, seperti pengembangan akuakultur rendah emisi, restorasi *mangrove*, atau pembangunan ekowisata berbasis komunitas. Investasi adaptasi yang terstruktur dengan baik tidak hanya melindungi ekosistem tetapi juga menghasilkan manfaat ekonomi jangka panjang, misalnya melalui pengurangan kerugian akibat banjir, abrasi pantai, dan kerusakan perikanan.

Kolaborasi dengan lembaga keuangan internasional, seperti *Green Climate Fund*, *Global Environment Facility*, atau bank pembangunan regional, memperluas kapasitas pembiayaan dan memberikan legitimasi pada proyek-proyek hijau. Pendekatan blended finance, yang menggabungkan dana publik dan swasta, juga

meningkatkan daya tarik investasi swasta dalam proyek pesisir yang sebelumnya dianggap berisiko tinggi.

9. Monitoring, Evaluasi, dan *Adaptive Governance*

Monitoring, evaluasi, dan tata kelola adaptif (*adaptive governance*) menjadi elemen penting dalam pengelolaan pesisir yang efektif dan berkelanjutan. Kebijakan yang statis rentan gagal menghadapi dinamika perubahan iklim, degradasi ekosistem, dan perubahan sosial-ekonomi komunitas pesisir. Evaluasi berkala memungkinkan pembuat kebijakan menyesuaikan strategi dengan kondisi nyata di lapangan, sehingga risiko kerusakan ekologis dan sosial dapat diminimalkan. Pendekatan ini tidak hanya bersifat reaktif tetapi juga proaktif, memanfaatkan pembelajaran dari implementasi sebelumnya untuk perbaikan berkelanjutan.

Indikator keberlanjutan menjadi alat utama dalam monitoring dan evaluasi. Penggunaan indikator yang komprehensif, termasuk indeks kesehatan ekosistem pesisir, yang mengukur kondisi *mangrove*, terumbu karang, padang lamun, dan kualitas air. Indeks ketahanan komunitas menilai kapasitas masyarakat pesisir dalam menghadapi bencana, diversifikasi mata pencaharian, dan kesiapsiagaan adaptasi iklim. Sementara itu, kontribusi ekonomi biru terhadap PDB menjadi indikator integrasi ekonomi dan konservasi. Pemantauan indikator ini secara sistematis memungkinkan identifikasi cepat terhadap degradasi ekosistem atau ketimpangan sosial, sehingga intervensi dapat dilakukan tepat waktu.

Partisipasi masyarakat dalam monitoring meningkatkan legitimasi dan efektivitas kebijakan. Data ilmiah yang dikombinasikan dengan pengetahuan lokal menyediakan gambaran yang lebih akurat tentang kondisi lapangan. Pendekatan partisipatif juga memperkuat kesadaran dan kepemilikan komunitas terhadap ekosistem pesisir, sehingga implementasi kebijakan menjadi lebih berkelanjutan. Dengan kerangka *adaptive governance*, pengelolaan pesisir dapat bersifat fleksibel, responsif terhadap perubahan, dan berbasis bukti, sekaligus mendukung pencapaian tujuan lingkungan, sosial, dan ekonomi secara seimbang.

10. Kolaborasi Regional dan Global

Tantangan pengelolaan pesisir dan laut sering bersifat lintas batas, sehingga memerlukan pendekatan kolaboratif antara negara. Migrasi ikan, penyebaran polusi laut, dan perubahan iklim merupakan contoh isu yang tidak dapat diatasi secara nasional saja. Kerja sama regional memungkinkan pengelolaan sumber daya laut secara terpadu, termasuk pengawasan stok ikan migratori, pengendalian polusi, dan mitigasi risiko bencana pesisir. Melalui koordinasi lintas negara, strategi adaptasi dan konservasi dapat lebih efektif serta mengurangi risiko konflik pemanfaatan sumber daya laut.

Kolaborasi juga mencakup pertukaran data ilmiah dan teknologi. UNEP (2021) membahas pentingnya berbagi informasi tentang kualitas air, kondisi ekosistem, dan praktik pengelolaan terbaik antarnegara pesisir. Data yang harmonis meningkatkan kemampuan negara-negara untuk melakukan perencanaan berbasis bukti, menetapkan kuota penangkapan yang adil, dan merancang kawasan konservasi lintas batas. Forum regional, seperti komisi perikanan atau aliansi perlindungan laut, menjadi platform strategis untuk berbagi pengalaman, koordinasi kebijakan, dan membangun kapasitas institusi.

Keterlibatan dalam forum global memperkuat posisi nasional sekaligus mendukung agenda konservasi internasional. Negara-negara pesisir yang aktif di PBB, Konvensi Biologi Laut (CBD), atau inisiatif *Blue Economy* Global dapat memanfaatkan sumber pendanaan, teknologi, dan praktik terbaik. Pendekatan kolaboratif ini tidak hanya meningkatkan efektivitas pengelolaan ekosistem pesisir tetapi juga memastikan kepentingan nasional terlindungi, sambil berkontribusi pada tujuan global seperti mitigasi perubahan iklim, konservasi keanekaragaman hayati, dan pengelolaan ekonomi biru yang berkelanjutan.

B. Rencana Aksi Implementatif

Pengelolaan wilayah pesisir berkelanjutan memerlukan rencana aksi implementatif yang sistematis, terukur, dan adaptif terhadap dinamika sosial-ekologis serta perubahan iklim. Berbagai laporan global menegaskan bahwa tantangan utama bukan lagi pada ketersediaan konsep atau kerangka kebijakan, melainkan pada kesenjangan

implementasi (implementation gap) antara komitmen dan realisasi di lapangan (Bebiano *et al.*, 2021). Rencana aksi harus mengintegrasikan pendekatan ilmiah, tata kelola kolaboratif, pembiayaan berkelanjutan, serta monitoring dan evaluasi berbasis indikator kinerja.

Negara-negara dengan tata kelola laut yang efektif memiliki rencana aksi yang jelas, berbasis target kuantitatif, dan didukung mekanisme koordinasi lintas sektor. Rencana aksi implementatif dalam konteks pesisir mencakup lima pilar utama: (1) penguatan tata kelola, (2) adaptasi perubahan iklim, (3) konservasi dan restorasi ekosistem, (4) pengembangan ekonomi biru berkelanjutan, dan (5) pembiayaan serta sistem evaluasi adaptif.

1. Pilar I: Reformasi Tata Kelola dan Kelembagaan

Reformasi tata kelola dan penguatan kelembagaan merupakan fondasi utama dalam pengelolaan pesisir yang berkelanjutan. Pendekatan *Integrated Coastal Zone Management (ICZM)* dan *Marine Spatial Planning (MSP)* menjadi instrumen strategis untuk mengintegrasikan kebijakan darat dan laut secara sistematis. Tanpa koordinasi lintas sektor dan lintas level pemerintahan, pengelolaan pesisir rentan mengalami tumpang tindih regulasi, konflik pemanfaatan ruang, dan degradasi ekosistem. Reformasi kelembagaan tidak hanya mencakup penyusunan regulasi, tetapi juga pembentukan mekanisme koordinasi yang jelas antara pemerintah pusat, pemerintah daerah, dan pemangku kepentingan lokal.

Implementasi reformasi ini mencakup pembentukan forum koordinasi nasional–daerah untuk tata kelola pesisir. Forum ini bertujuan menyelaraskan prioritas pembangunan, konservasi, dan adaptasi terhadap perubahan iklim. Harmonisasi regulasi sektoral, termasuk perikanan, pariwisata, energi, dan konservasi, menjadi kunci agar kebijakan tidak saling bertentangan dan pengelolaan sumber daya pesisir berjalan optimal. Penyusunan peta jalan MSP berbasis risiko iklim juga menjadi langkah penting untuk memetakan kawasan kritis, mengantisipasi ancaman bencana, dan menentukan zona pemanfaatan yang aman bagi manusia sekaligus ekosistem. Pendekatan ini terbukti meningkatkan efektivitas pengelolaan pesisir. Koordinasi kelembagaan yang baik mengurangi konflik pemanfaatan ruang laut, meningkatkan

kepastian hukum bagi investor, serta memperkuat partisipasi komunitas lokal. Selain itu, reformasi tata kelola menciptakan kerangka adaptif yang mampu menyesuaikan kebijakan dengan dinamika perubahan iklim dan sosial.

2. Pilar II: Integrasi Adaptasi Perubahan Iklim

Integrasi adaptasi perubahan iklim menjadi pilar penting dalam pengelolaan pesisir yang berkelanjutan. Kenaikan muka air laut, peningkatan frekuensi badai ekstrem, dan perubahan pola curah hujan mengancam ekosistem pesisir sekaligus mata pencaharian masyarakat. Rencana aksi perlu memasukkan adaptasi iklim sebagai arus utama (*mainstreaming*) dalam seluruh tahap perencanaan pembangunan pesisir. Analisis risiko iklim menjadi dasar untuk menentukan prioritas intervensi, mengidentifikasi wilayah rentan, dan merancang kebijakan yang responsif terhadap dinamika lingkungan yang terus berubah.

Langkah konkret integrasi adaptasi mencakup penyusunan peta kerentanan pesisir berbasis proyeksi iklim, yang memanfaatkan data ilmiah dan pemodelan risiko untuk menilai potensi dampak bencana. Sistem peringatan dini berbasis komunitas juga menjadi instrumen kunci untuk meningkatkan kesiapsiagaan masyarakat pesisir. Melalui mekanisme ini, nelayan, pelaku usaha, dan pemerintah lokal dapat menerima informasi secara *real-time* tentang badai, gelombang tinggi, atau perubahan ekstrem lainnya, sehingga risiko terhadap kehidupan dan aset dapat diminimalkan. Selain itu, sistem peringatan dini mendorong partisipasi aktif masyarakat dalam pengelolaan risiko, meningkatkan kesadaran, dan memperkuat kapasitas adaptif lokal.

Investasi dalam infrastruktur hijau seperti restorasi *mangrove*, sabuk pantai alami, dan rehabilitasi padang lamun menjadi pendekatan utama berbasis solusi alam (*nature-based solutions*). Intervensi ini memiliki manfaat ganda, yakni meningkatkan penyimpanan karbon, memperkuat perlindungan pantai dari abrasi dan gelombang badai, serta mendukung keberlanjutan mata pencaharian lokal melalui perikanan dan ekowisata. Dengan mengintegrasikan adaptasi iklim ke dalam kebijakan pembangunan pesisir, pemerintah dapat menciptakan sistem yang lebih tangguh, responsif terhadap perubahan iklim, dan mampu menjaga keseimbangan antara konservasi ekosistem dan kesejahteraan masyarakat.

3. Pilar III: Konservasi dan Restorasi Ekosistem

Konservasi dan restorasi ekosistem pesisir menjadi pilar krusial dalam rencana aksi pengelolaan laut yang berkelanjutan. IPBES (2019) melaporkan bahwa lebih dari 30% ekosistem laut global mengalami degradasi signifikan akibat *overfishing*, polusi, perubahan iklim, dan kerusakan habitat. Prioritas kebijakan harus diarahkan pada perlindungan dan pemulihan ekosistem kunci seperti *mangrove*, terumbu karang, dan padang lamun, yang berperan penting dalam perlindungan pantai, penyimpanan karbon biru, dan dukungan terhadap mata pencaharian lokal. Intervensi ini bukan sekadar konservasi ekologis, tetapi juga strategi adaptasi iklim dan penguatan ketahanan sosial-ekologis masyarakat pesisir.

Langkah implementatif mencakup penetapan target kuantitatif untuk perluasan kawasan konservasi laut (*Marine Protected Areas/MPAs*). MPAs yang dikelola secara efektif tidak hanya melindungi habitat, tetapi juga meningkatkan stok ikan dan kesejahteraan nelayan melalui penangkapan berkelanjutan. Selain itu, restorasi ekosistem berbasis komunitas menjadi pendekatan penting, di mana masyarakat lokal dilibatkan dalam penanaman, pemeliharaan, dan pengawasan, didukung oleh insentif fiskal dan pelatihan teknis. Pendekatan ini memperkuat rasa kepemilikan terhadap ekosistem sekaligus memastikan keberlanjutan jangka panjang.

Integrasi karbon biru ke dalam strategi mitigasi nasional menjadi dimensi tambahan yang strategis. Restorasi *mangrove*, padang lamun, dan ekosistem pesisir lainnya tidak hanya menyokong perlindungan pantai, tetapi juga menyerap dan menyimpan karbon dalam jumlah signifikan, sehingga memberikan kontribusi pada target *Nationally Determined Contributions* (NDCs) dalam mitigasi perubahan iklim. Dengan menggabungkan konservasi, restorasi berbasis komunitas, dan integrasi karbon biru, rencana aksi memastikan bahwa pengelolaan pesisir tidak hanya berfokus pada lingkungan, tetapi juga pada kesejahteraan ekonomi dan sosial masyarakat pesisir, menciptakan sinergi antara konservasi dan pembangunan berkelanjutan.

4. Pilar IV: Transformasi Ekonomi Biru

Transformasi ekonomi biru menjadi pilar penting dalam rencana aksi pengelolaan pesisir berkelanjutan. Ekonomi biru memiliki potensi besar untuk menggandakan kontribusi ekonomi laut global pada 2030, namun pencapaian ini hanya dapat berlangsung jika praktik produksi dan pemanfaatan sumber daya laut dijalankan secara berkelanjutan. Rencana aksi harus mendorong transisi menuju ekonomi rendah emisi, efisien energi, dan ramah lingkungan, sehingga pertumbuhan ekonomi tidak mengorbankan kelestarian ekosistem pesisir.

Langkah konkret dalam transformasi ini meliputi standarisasi praktik perikanan berkelanjutan dan penerapan sertifikasi hasil tangkap, yang memberikan sinyal pasar dan mendorong kepatuhan terhadap prinsip keberlanjutan. Selain itu, pengembangan akuakultur berbasis efisiensi energi dan pakan ramah lingkungan menjadi kunci dalam menjaga produktivitas sekaligus meminimalkan dampak ekologis. Program pelatihan bagi pelaku usaha, penerapan teknologi ramah lingkungan, dan integrasi inovasi dalam rantai pasok memperkuat kapasitas produksi dan adaptasi terhadap perubahan iklim, sekaligus meningkatkan daya saing produk perikanan di pasar global.

Inklusi sosial menjadi elemen strategis dalam ekonomi biru. Transformasi ekonomi pesisir harus menjamin partisipasi nelayan kecil, perempuan pesisir, dan masyarakat adat dalam akses sumber daya, pelatihan, dan pasar. Dukungan terhadap UMKM pesisir melalui akses modal, pelatihan keterampilan, dan platform digital memungkinkan masyarakat lokal memperoleh manfaat ekonomi secara adil, sekaligus memperkuat ketahanan sosial-ekologis komunitas.

5. Pilar V: Pembiayaan Berkelanjutan

Pembiayaan berkelanjutan merupakan pilar penting dalam mendukung implementasi kebijakan pesisir yang efektif dan berkelanjutan. Tanpa dukungan finansial yang memadai, rencana konservasi, restorasi ekosistem, dan transformasi ekonomi biru sulit diwujudkan. Inovasi pembiayaan menjadi kunci, termasuk penggunaan obligasi biru (*blue bonds*), mekanisme pembayaran jasa lingkungan (*Payment for Ecosystem Services/PES*), serta skema karbon biru yang memungkinkan monetisasi jasa penyimpanan karbon oleh ekosistem pesisir. Pendekatan ini tidak hanya menyediakan sumber dana tambahan,

tetapi juga menciptakan insentif ekonomi bagi komunitas lokal untuk terlibat dalam konservasi dan restorasi.

Langkah konkret dalam memperkuat pembiayaan berkelanjutan meliputi integrasi anggaran perubahan iklim dalam kebijakan fiskal nasional dan daerah, sehingga alokasi dana untuk adaptasi dan mitigasi pesisir menjadi bagian rutin dalam perencanaan keuangan pemerintah. Selain itu, insentif pajak dan kemudahan akses pembiayaan hijau perlu diberikan kepada sektor swasta yang berinvestasi dalam teknologi rendah emisi, budidaya ramah lingkungan, dan usaha konservasi laut. Mekanisme insentif ini dapat meningkatkan partisipasi investor swasta sekaligus mempercepat transisi menuju ekonomi biru yang berkelanjutan.

Kolaborasi dengan lembaga keuangan internasional juga menjadi strategi penting, terutama bagi negara berkembang dengan keterbatasan kapasitas fiskal. Skema blended finance, yang memadukan dana publik dan swasta, dapat mengurangi risiko investasi dan memastikan keberlanjutan proyek jangka panjang. Investasi adaptasi berbasis ekosistem memiliki rasio manfaat-biaya yang tinggi, karena mengurangi kerugian akibat bencana pesisir sekaligus meningkatkan kesejahteraan komunitas. Dengan pembiayaan berkelanjutan, rencana aksi pesisir tidak hanya dapat terlaksana secara efektif, tetapi juga menciptakan sinergi antara konservasi, pertumbuhan ekonomi, dan ketahanan sosial-ekologis.

6. Pilar VI: Digitalisasi dan Inovasi Teknologi

Digitalisasi dan inovasi teknologi menjadi pilar penting dalam pengelolaan pesisir modern, karena memungkinkan pengawasan yang lebih efektif, pengambilan keputusan berbasis data, dan peningkatan transparansi. Sistem data kelautan terintegrasi menjadi fondasi bagi pengelolaan berbasis bukti, karena informasi yang akurat dan *real-time* membantu pemerintah, komunitas lokal, dan sektor swasta merespons dinamika ekologis dan sosial secara cepat. Digitalisasi juga memungkinkan pemantauan stok ikan, kualitas air, serta deteksi praktik penangkapan ilegal secara lebih efisien dibanding metode konvensional.

Langkah konkret dalam implementasi pilar ini mencakup pengembangan pusat data kelautan nasional yang mengintegrasikan

informasi dari berbagai sumber, termasuk sensor laut, citra satelit, dan catatan komunitas pesisir. Penginderaan jauh dan sensor laut memungkinkan pemantauan kondisi fisik dan biologis pesisir secara kontinu, sehingga potensi risiko seperti penurunan kualitas habitat, abrasi, atau perubahan distribusi ikan dapat diantisipasi lebih awal. Selain itu, teknologi *digital twin* simulasi virtual kondisi pesisir memfasilitasi perencanaan skenario adaptasi dan mitigasi yang realistis, serta mendukung evaluasi kebijakan sebelum implementasi di lapangan.

Digitalisasi juga berdampak positif terhadap rantai pasok perikanan, meningkatkan transparansi transaksi, mempermudah sertifikasi produk berkelanjutan, dan menekan praktik ilegal yang merusak ekosistem. Selain aspek pengawasan, teknologi ini dapat digunakan untuk pendidikan dan pelatihan komunitas, seperti modul e-learning konservasi laut, sistem peringatan dini, dan informasi pasar *real-time*.

7. Pilar VII: Pemberdayaan Komunitas dan Inklusi Sosial

Pemberdayaan komunitas dan inklusi sosial merupakan pilar krusial dalam pengelolaan pesisir yang berkelanjutan, karena keberhasilan kebijakan sangat bergantung pada partisipasi aktif masyarakat lokal. Pengakuan terhadap pengetahuan lokal dan praktik tradisional dapat meningkatkan efektivitas program konservasi dan restorasi ekosistem, sekaligus memperkuat legitimasi sosial kebijakan yang diterapkan. Masyarakat yang merasa memiliki hak dan tanggung jawab atas wilayah kelolanya cenderung lebih patuh pada aturan dan lebih proaktif dalam menjaga keberlanjutan sumber daya pesisir.

Implementasi pilar ini mencakup pengakuan hukum terhadap wilayah kelola adat, sehingga komunitas memiliki dasar formal untuk menjalankan praktik konservasi dan pengelolaan sumber daya secara berkelanjutan. Program pemberdayaan perempuan pesisir menjadi langkah strategis karena perempuan berperan sentral dalam rantai nilai perikanan dan pengelolaan rumah tangga, serta sering menjadi penggerak inisiatif restorasi *mangrove*, pendidikan lingkungan, dan diversifikasi mata pencaharian. Selain itu, pelatihan literasi iklim dan kewirausahaan berbasis ekonomi biru meningkatkan kapasitas masyarakat untuk menghadapi risiko perubahan iklim dan memanfaatkan peluang ekonomi yang berkelanjutan.

Inklusi sosial tidak hanya meningkatkan keadilan, tetapi juga memperkuat kapasitas adaptif komunitas terhadap dampak perubahan iklim. Dengan melibatkan berbagai kelompok, termasuk nelayan kecil, perempuan, pemuda, dan kelompok marjinal, program pembangunan pesisir menjadi lebih tangguh terhadap risiko lingkungan dan sosial. Pemberdayaan dan partisipasi aktif ini menciptakan sinergi antara pengetahuan lokal dan kebijakan nasional, sehingga konservasi ekosistem, pertumbuhan ekonomi biru, dan ketahanan komunitas dapat berjalan beriringan secara efektif.

C. Agenda Penelitian Lanjut

Transformasi pengelolaan pesisir menuju sistem yang berkelanjutan, tangguh terhadap perubahan iklim, dan inklusif secara sosial memerlukan dukungan agenda penelitian yang progresif dan transdisipliner. Laporan global menunjukkan bahwa meskipun berbagai kerangka kebijakan telah tersedia, masih terdapat kesenjangan pengetahuan (*knowledge gaps*) dalam memahami dinamika sosial-ekologis pesisir, dampak kumulatif aktivitas manusia, serta efektivitas intervensi kebijakan (Díaz *et al.*, 2019). Agenda penelitian lanjut harus diarahkan pada integrasi ilmu alam, sosial, ekonomi, dan teknologi dalam mendukung implementasi kebijakan pesisir berbasis bukti.

1. Penelitian Dinamika Sistem Sosial-Ekologis Pesisir

Penelitian dinamika sistem sosial-ekologis pesisir menjadi aspek penting dalam memahami kompleksitas interaksi antara manusia dan lingkungan laut. Wilayah pesisir tidak hanya berfungsi sebagai habitat ekologis, tetapi juga sebagai ruang ekonomi dan sosial bagi masyarakat lokal. Perubahan iklim mempercepat transformasi dalam sistem ini, seperti pergeseran distribusi stok ikan, degradasi terumbu karang, dan peningkatan risiko terhadap komunitas pesisir. Fenomena tersebut menunjukkan bahwa pengelolaan pesisir tidak dapat dilakukan secara parsial, melainkan harus mempertimbangkan keterkaitan antara faktor biofisik, sosial, dan ekonomi secara simultan.

Agenda penelitian lanjut menekankan perlunya pengembangan model integratif sosial-ekologis berbasis data jangka panjang untuk

memprediksi respons ekosistem terhadap tekanan antropogenik dan perubahan iklim. Analisis dampak kumulatif dari aktivitas ekonomi, seperti penangkapan ikan, pariwisata, dan pembangunan pesisir, menjadi krusial untuk menilai potensi degradasi dan merumuskan strategi mitigasi. Selain itu, penelitian perlu mengevaluasi interaksi antara adaptasi lokal dan kebijakan nasional untuk memastikan bahwa intervensi pemerintah selaras dengan praktik dan kapasitas masyarakat pesisir. Pendekatan ini memungkinkan identifikasi titik kritis dan peluang bagi pengelolaan berkelanjutan.

Integrasi pengetahuan lokal dengan metode ilmiah meningkatkan kualitas penelitian dan relevansi kebijakan. Pengetahuan lokal, termasuk tradisi pengelolaan sumber daya dan praktik adaptasi terhadap perubahan lingkungan, dapat memberikan wawasan tentang dinamika jangka panjang yang tidak selalu terekam dalam data ilmiah. Kolaborasi antara peneliti, pembuat kebijakan, dan komunitas pesisir memungkinkan terciptanya pemahaman holistik, yang tidak hanya fokus pada konservasi ekosistem tetapi juga pada kesejahteraan sosial dan ekonomi masyarakat.

2. Proyeksi Perubahan Iklim Skala Lokal

Proyeksi perubahan iklim skala lokal menjadi krusial dalam pengelolaan pesisir karena kondisi regional sering berbeda secara signifikan dari tren global. Meskipun model iklim global memberikan gambaran umum, ketidakpastian pada tingkat lokal dapat menimbulkan risiko bagi perencanaan tata ruang, infrastruktur pesisir, dan strategi adaptasi. Peningkatan resolusi model regional memungkinkan prediksi yang lebih akurat terkait kenaikan muka air laut, intensitas badai, dan potensi abrasi, sehingga pengambil keputusan dapat merancang kebijakan yang responsif terhadap kondisi spesifik wilayahnya.

Penelitian selanjutnya perlu memfokuskan pada pengembangan model kenaikan muka air laut berbasis skenario regional yang mempertimbangkan dinamika pasang surut, sedimentasi, dan pengaruh aktivitas manusia di pesisir. Simulasi risiko abrasi pantai dan banjir rob menjadi komponen penting untuk menilai kerentanan permukiman, ekosistem, dan infrastruktur. Selain itu, analisis interaksi antara perubahan iklim dan tekanan antropogenik, seperti pembangunan pesisir, eksploitasi sumber daya, dan pencemaran, dapat memberikan

pemahaman komprehensif mengenai potensi degradasi dan titik kritis yang memerlukan intervensi manajemen.

Pendekatan inovatif seperti *digital twin* pesisir semakin berkembang untuk mendukung riset dan pengambilan keputusan berbasis data. Integrasi data hidrodinamika, topografi, ekologi, serta informasi sosial-ekonomi ke dalam model digital memungkinkan simulasi skenario adaptasi yang realistis. Pendekatan ini memungkinkan pemangku kepentingan untuk mengevaluasi dampak berbagai strategi mitigasi dan adaptasi sebelum implementasi, sekaligus memperkuat kolaborasi antara peneliti, pemerintah, dan komunitas lokal.

3. Efektivitas Konservasi dan Restorasi

Evaluasi efektivitas konservasi dan restorasi ekosistem pesisir menjadi sangat penting karena ekspansi kawasan konservasi laut (*Marine Protected Areas/MPA*) tidak selalu diikuti dengan hasil ekologis yang signifikan. Meskipun luas MPA meningkat secara global, banyak kawasan belum mencapai tujuan perlindungan spesies, rehabilitasi habitat, atau peningkatan stok ikan. Agenda penelitian perlu fokus pada pengukuran keberhasilan restorasi *mangrove* dan terumbu karang, termasuk tingkat pertumbuhan vegetasi, kelangsungan hidup spesies yang direhabilitasi, dan pemulihan fungsi ekosistem kritis.

Dampak MPA terhadap kesejahteraan manusia, khususnya nelayan lokal, harus dianalisis secara komprehensif. Pengelolaan kawasan konservasi yang efektif memerlukan keseimbangan antara manfaat ekologis dan ekonomi, seperti peningkatan stok ikan yang dapat mendukung mata pencaharian lokal. Penelitian perlu memeriksa bagaimana insentif berbasis komunitas, kepatuhan terhadap zona larangan tangkap, dan keterlibatan pemangku kepentingan memengaruhi hasil sosial-ekologis. Evaluasi ini membantu mengidentifikasi praktik terbaik yang dapat direplikasi di kawasan lain serta memperkuat legitimasi kebijakan konservasi.

Integrasi konsep karbon biru dalam kebijakan mitigasi menjadi dimensi penting dalam konservasi modern. Restorasi *mangrove*, lamun, dan rawa pesisir tidak hanya meningkatkan kapasitas penyimpanan karbon, tetapi juga memberikan perlindungan alami terhadap abrasi pantai dan badai. Pengukuran dampak berbasis indikator kuantitatif,

seperti stok karbon, kesehatan habitat, dan produktivitas perikanan, diperlukan untuk menilai keberhasilan program konservasi.

4. Ekonomi Biru dan Transisi Rendah Emisi

Transformasi ekonomi biru menuju model rendah emisi membutuhkan pemahaman mendalam mengenai interaksi antara pertumbuhan ekonomi, inovasi teknologi, dan keberlanjutan ekosistem laut. Pengembangan teknologi perikanan, energi terbarukan lepas pantai, dan sistem akuatik modern harus diimbangi dengan regulasi lingkungan yang ketat agar pertumbuhan ekonomi tidak mengorbankan ekosistem pesisir. Penelitian dalam konteks ini perlu mengevaluasi bagaimana inovasi teknologi dapat diterapkan secara berkelanjutan, termasuk mekanisme sertifikasi, efisiensi energi, dan pengelolaan limbah untuk meminimalkan dampak ekologis.

Analisis rantai nilai perikanan berkelanjutan menjadi aspek penting untuk memastikan bahwa manfaat ekonomi menyasar seluruh pemangku kepentingan, terutama nelayan kecil dan komunitas pesisir. Penelitian harus menilai bagaimana distribusi keuntungan, akses pasar, dan integrasi sertifikasi ekolabel dapat mendorong praktik tangkap yang ramah lingkungan. Selain itu, kajian mengenai dampak sosial ekonomi investasi energi terbarukan laut, seperti turbin lepas pantai, membantu menentukan strategi yang mendukung penciptaan lapangan kerja, inklusi sosial, dan adaptasi masyarakat pesisir terhadap perubahan iklim. Pendekatan ini menekankan pentingnya keseimbangan antara efisiensi ekonomi dan keberlanjutan sosial-ekologis.

Pengembangan indikator ekonomi biru inklusif menjadi alat penting bagi pembuat kebijakan dan peneliti untuk memonitor kemajuan transisi rendah emisi. Penelitian ekonomi adaptasi iklim dapat mengidentifikasi investasi yang paling efektif secara biaya, baik untuk mitigasi karbon maupun ketahanan sosial-ekonomi. Indikator ini mencakup produktivitas perikanan berkelanjutan, kontribusi energi terbarukan terhadap PDB, serta kesejahteraan masyarakat pesisir. Dengan pendekatan terpadu ini, penelitian ekonomi biru tidak hanya mendorong pertumbuhan ekonomi, tetapi juga memastikan transisi yang adil, inklusif, dan rendah emisi bagi ekosistem laut dan komunitas yang bergantung padanya.

5. Pembiayaan Berkelanjutan dan Skema Karbon Biru

Pembiayaan berkelanjutan di sektor pesisir semakin menekankan peran karbon biru sebagai instrumen mitigasi perubahan iklim. Ekosistem pesisir, seperti *mangrove*, padang lamun, dan rawa asin, memiliki kapasitas penyimpanan karbon yang jauh lebih tinggi dibanding banyak ekosistem darat. Penelitian perlu mengembangkan metodologi yang akurat dan konsisten untuk mengukur stok karbon di ekosistem ini, termasuk pemetaan biomassa, laju sekuester karbon, dan variabilitas spasialnya. Pendekatan ilmiah yang komprehensif penting untuk mendukung perencanaan restorasi yang efektif serta memperkirakan kontribusi karbon biru terhadap target mitigasi nasional.

Mekanisme pasar karbon berbasis komunitas menjadi fokus penelitian untuk memastikan manfaat ekonomi langsung bagi masyarakat pesisir. Skema ini mencakup penjualan kredit karbon yang diperoleh dari konservasi dan restorasi ekosistem pesisir, dengan partisipasi aktif komunitas lokal sebagai penerima manfaat. Penelitian perlu mengevaluasi model distribusi keuntungan, efektivitas insentif, dan keberlanjutan ekonomi jangka panjang. Integrasi *Payment for Ecosystem Services* (PES) dalam kebijakan fiskal juga menjadi kunci, karena memberikan kompensasi bagi pihak yang menjaga ekosistem sambil mendorong praktik berkelanjutan.

Agar pasar karbon biru berfungsi secara efektif, penelitian harus menekankan standar verifikasi dan sertifikasi yang kredibel. Transparansi dan akuntabilitas dalam penghitungan karbon meningkatkan kepercayaan investor serta meminimalkan risiko greenwashing. Studi lanjutan juga perlu mengkaji interaksi antara mekanisme pembiayaan karbon biru dengan kebijakan iklim nasional, dampak sosial-ekonomi terhadap komunitas lokal, dan efektivitas integrasi PES dalam mendukung konservasi ekosistem. Dengan pendekatan multidisiplin ini, pembiayaan berkelanjutan berbasis karbon biru tidak hanya mendukung mitigasi iklim, tetapi juga memperkuat kesejahteraan dan ketahanan sosial-ekologis masyarakat pesisir.

6. Inovasi Teknologi dan Big Data

Inovasi teknologi digital dan pemanfaatan *big data* menjadi fokus penting dalam penelitian kelautan modern karena potensinya untuk meningkatkan pengelolaan sumber daya pesisir secara efisien. Teknologi penginderaan jauh, sensor laut, dan sistem pemantauan berbasis satelit memungkinkan pengumpulan data *real-time* mengenai kualitas air, distribusi stok ikan, dan kondisi ekosistem. Integrasi kecerdasan buatan (AI) dalam analisis data ini memungkinkan prediksi stok ikan yang lebih akurat, sehingga regulasi perikanan dapat dilakukan secara adaptif dan responsif terhadap perubahan lingkungan. Pendekatan ini tidak hanya mendukung keberlanjutan ekologis tetapi juga memberikan dasar ilmiah bagi pengambilan keputusan yang cepat dan tepat.

Penelitian perlu mengembangkan sistem monitoring berbasis *drone* dan sensor laut yang terintegrasi dengan jaringan data nasional maupun internasional. Sistem ini memungkinkan deteksi dini terhadap praktik penangkapan ilegal, perubahan kualitas air, atau degradasi habitat pesisir. Kombinasi teknologi penginderaan dan analitik *big data* memungkinkan visualisasi spasial dan temporal yang kaya, sehingga pembuat kebijakan dapat merancang strategi konservasi yang lebih tepat sasaran. Teknologi digital juga meningkatkan transparansi rantai pasok perikanan, sehingga menurunkan risiko *overfishing* dan meningkatkan kepercayaan konsumen.

Agenda penelitian juga mencakup pengembangan dashboard kebijakan berbasis data terbuka yang dapat diakses oleh pemerintah, komunitas lokal, dan sektor swasta. Dashboard ini menggabungkan data ekosistem, sosial, dan ekonomi untuk memfasilitasi pengambilan keputusan berbasis bukti. Analisis *big data* memungkinkan evaluasi efektivitas kebijakan secara dinamis dan mendukung pendekatan *adaptive governance*. Dengan integrasi teknologi canggih dan partisipasi berbagai pemangku kepentingan, riset digitalisasi laut dapat mendorong pengelolaan sumber daya pesisir yang lebih berkelanjutan, inklusif, dan resilien terhadap perubahan iklim.

7. Keadilan Sosial dan Ketahanan Komunitas

Keadilan sosial menjadi aspek krusial dalam pengelolaan pesisir karena dampak perubahan iklim tidak merata, dan kelompok rentan termasuk perempuan, nelayan kecil, dan komunitas adat sering menghadapi risiko yang lebih tinggi. Kenaikan muka air laut, abrasi pantai, dan frekuensi badai yang meningkat secara langsung mengancam mata pencahariannya, sementara kapasitas adaptasi sering terbatas oleh akses terbatas pada sumber daya, pelatihan teknis, dan pembiayaan. Penelitian lanjut perlu menilai secara spesifik bagaimana perubahan iklim mempengaruhi kelompok berbeda, sehingga intervensi kebijakan dapat dirancang secara adil dan proporsional.

Pendekatan adaptasi berbasis komunitas terbukti efektif dalam memperkuat ketahanan sosial-ekologis. Melalui program yang melibatkan partisipasi aktif masyarakat, seperti restorasi *mangrove*, diversifikasi mata pencaharian, dan pendidikan lingkungan lokal, kapasitas komunitas untuk merespons perubahan iklim meningkat. Adaptasi yang dirancang oleh komunitas dengan dukungan teknis dari pemerintah atau lembaga internasional lebih tahan terhadap kegagalan karena memanfaatkan pengetahuan lokal dan sumber daya yang ada. Penelitian lebih lanjut dapat mengukur efektivitas metode ini melalui indikator kesejahteraan rumah tangga, produktivitas perikanan, dan keberhasilan konservasi.

Integrasi pengetahuan adat dalam kebijakan formal menjadi kunci untuk legitimasi dan keberlanjutan intervensi. Pengakuan terhadap praktik tradisional dan norma sosial lokal meningkatkan kepatuhan terhadap regulasi dan mendukung konservasi jangka panjang. Penelitian selanjutnya harus membahas mekanisme formal untuk memasukkan kearifan lokal dalam perencanaan tata ruang laut, skema insentif berbasis komunitas, dan pengawasan sumber daya. Dengan pendekatan yang partisipatif dan sensitif gender, strategi pengelolaan pesisir dapat menciptakan ketahanan yang lebih inklusif, adil, dan efektif terhadap tantangan iklim yang semakin kompleks.

8. Tata Kelola Adaptif dan Multi-Level

Tata kelola pesisir yang efektif menuntut pendekatan adaptif dan polisentris, di mana berbagai lembaga dan pemangku kepentingan bekerja secara kolaboratif. Integrasi lintas sektor termasuk perikanan, pariwisata, energi, dan konservasi serta koordinasi antar level pemerintahan dapat meningkatkan efektivitas kebijakan, mengurangi konflik pemanfaatan ruang, dan memastikan keberlanjutan sumber daya. Penelitian lebih lanjut perlu mengevaluasi bagaimana model *co-management* perikanan dan struktur tata kelola multi-level dapat diadaptasi di berbagai konteks sosial dan ekologi untuk mendukung keputusan berbasis bukti.

Konflik ruang laut menjadi tantangan signifikan dalam pengelolaan pesisir. Dalam konteks *Marine Spatial Planning* (MSP), penelitian perlu menganalisis interaksi antara kepentingan industri, komunitas lokal, dan upaya konservasi. Evaluasi ini dapat mengidentifikasi titik-titik tekanan dan memperkuat mekanisme negosiasi antar pemangku kepentingan. Inklusi masyarakat lokal dan pemangku kepentingan lain dalam proses perencanaan meningkatkan legitimasi kebijakan, mendorong kepatuhan sukarela, dan meminimalkan konflik sosial-ekologis.

Pengembangan indikator tata kelola berkelanjutan menjadi kunci untuk monitoring dan evaluasi. Transparansi, akuntabilitas, dan pengukuran kinerja berbasis data memperkuat kepercayaan publik dan efektivitas implementasi. Agenda penelitian selanjutnya perlu mengembangkan indikator kuantitatif yang mencakup kesehatan ekosistem, partisipasi masyarakat, dan kontribusi ekonomi biru. Dengan pendekatan tata kelola adaptif dan multi-level, pengelolaan pesisir dapat lebih responsif terhadap dinamika sosial-ekologi, risiko iklim, dan tekanan ekonomi, sehingga tercapai keseimbangan antara konservasi dan pembangunan berkelanjutan.

9. Integrasi Ilmu Pengetahuan dan Kebijakan (*Science–Policy Interface*)

Integrasi ilmu pengetahuan dan kebijakan, atau *science–policy interface*, menjadi aspek krusial dalam pengelolaan pesisir yang efektif. Kesenjangan antara hasil penelitian dan implementasi kebijakan sering menghambat pengambilan keputusan berbasis bukti. Untuk itu, agenda

penelitian perlu mengkaji model komunikasi sains yang efektif, sehingga informasi ilmiah dapat disampaikan secara jelas, relevan, dan dapat diakses oleh pembuat kebijakan. Pendekatan ini memastikan bahwa kebijakan yang diterapkan mencerminkan data terbaru mengenai kondisi ekosistem, risiko iklim, dan dinamika sosial-ekologi lokal.

Evaluasi dampak kebijakan berbasis bukti menjadi langkah penting untuk menutup lingkaran pembelajaran antara penelitian dan implementasi. Penelitian harus mengukur sejauh mana kebijakan yang diterapkan berhasil mencapai tujuan konservasi, pengelolaan perikanan berkelanjutan, dan kesejahteraan masyarakat pesisir. Penggunaan indikator kuantitatif dan kualitatif untuk menilai efektivitas intervensi kebijakan, sekaligus mengidentifikasi celah dan peluang perbaikan. Hasil evaluasi ini kemudian dapat digunakan untuk menyesuaikan strategi, mengurangi risiko kegagalan, dan memperkuat legitimasi kebijakan di mata publik dan komunitas lokal.

Peningkatan kolaborasi antara akademisi, pemerintah, dan pemangku kepentingan lainnya juga menjadi bagian integral dari *science-policy interface*. Pembentukan platform kolaboratif, seperti jaringan riset kelautan regional, memungkinkan pertukaran data, pengalaman, dan praktik terbaik secara *real-time*. Mekanisme ini mempercepat transfer pengetahuan, mendukung inovasi kebijakan, dan membangun kapasitas nasional dan lokal dalam menghadapi tantangan pesisir. Dengan integrasi sains dan kebijakan yang kuat, pengelolaan wilayah pesisir dapat menjadi lebih adaptif, responsif, dan berkelanjutan.

10. Pendekatan Transdisipliner dan Kolaboratif

Pendekatan transdisipliner dan kolaboratif menjadi kunci dalam agenda penelitian pesisir masa depan, karena kompleksitas sistem sosial-ekologis pesisir tidak dapat dipahami hanya melalui satu disiplin ilmu. Isu pesisir mulai dari degradasi ekosistem, perubahan stok ikan, dampak sosial-ekonomi, hingga risiko iklim ekstrem memerlukan integrasi ilmu kelautan, ekonomi, hukum, teknologi, dan sosiologi. Dengan menggabungkan berbagai perspektif ini, penelitian dapat menghasilkan solusi yang holistik, memperhitungkan aspek ekologis, ekonomi, sosial, dan hukum secara simultan. Pendekatan transdisipliner memungkinkan

pemodelan yang lebih akurat dan perancangan kebijakan berbasis bukti yang relevan dengan kondisi lokal dan global.

Kolaborasi lintas sektor juga menjadi elemen penting dalam penelitian transdisipliner. Tidak hanya melibatkan akademisi dan pemerintah, tetapi juga sektor swasta, lembaga masyarakat sipil, dan organisasi internasional. Integrasi pemangku kepentingan ini memastikan bahwa penelitian memiliki relevansi praktis dan dapat diimplementasikan secara nyata. Partisipasi sektor non-akademik juga memungkinkan pertukaran data, pengalaman, dan praktik terbaik, sehingga hasil penelitian lebih mudah diterjemahkan menjadi kebijakan dan strategi adaptasi yang efektif. Kolaborasi semacam ini meningkatkan legitimasi dan efektivitas intervensi di wilayah pesisir.

Pendekatan kolaboratif yang melibatkan komunitas lokal sebagai mitra penelitian bukan sekadar objek studi meningkatkan keberlanjutan dan dampak sosial dari program penelitian. Masyarakat lokal dapat memberikan pengetahuan tradisional dan praktik adaptif yang telah terbukti selama generasi, sementara peneliti membawa metode ilmiah dan teknologi baru. Pengakuan dan integrasi pengetahuan lokal memperkuat kapasitas adaptif komunitas serta meningkatkan akseptabilitas sosial terhadap kebijakan berbasis sains.



BAB XV

KESIMPULAN

Buku referensi “Optimasi Pemanfaatan Sumberdaya Pesisir: Konsep, Fungsi, dan Strategi Pengelolaan Berkelanjutan” menegaskan bahwa wilayah pesisir merupakan ruang strategis yang mempertemukan kepentingan ekologis, ekonomi, sosial, dan budaya dalam satu sistem yang kompleks. Pesisir tidak hanya dipahami sebagai batas antara darat dan laut, tetapi sebagai sistem sosial-ekologis yang dinamis yang menopang ketahanan pangan, ekonomi lokal, identitas budaya, serta stabilitas ekologis global. Oleh karena itu, optimasi pemanfaatan sumberdaya pesisir harus dimaknai sebagai upaya mencapai keseimbangan antara produktivitas ekonomi, konservasi lingkungan, dan keadilan sosial dalam pengelolaan sumber daya alam.

Buku referensi ini juga membahas berbagai tantangan global yang memengaruhi kawasan pesisir, seperti perubahan iklim, kenaikan muka air laut, abrasi pantai, intrusi air asin, serta perubahan pola distribusi sumber daya perikanan. Kondisi tersebut menempatkan wilayah pesisir pada posisi yang sangat rentan sehingga memerlukan pendekatan pengelolaan yang adaptif dan berbasis risiko. Melalui pembahasan ini, buku menekankan pentingnya kebijakan yang tidak hanya bersifat reaktif, tetapi juga proaktif dan berorientasi pada proyeksi jangka panjang demi menjaga keberlanjutan sistem pesisir.

Buku referensi ini menjelaskan konsep sistem pesisir terpadu yang menempatkan ekosistem seperti *mangrove*, terumbu karang, dan padang lamun sebagai fondasi ekologis sekaligus penopang aktivitas ekonomi masyarakat pesisir. Ekosistem tersebut menyediakan berbagai jasa lingkungan yang sangat penting, baik dalam bentuk jasa penyediaan, regulasi, kultural, maupun pendukung. Dengan demikian, konservasi ekosistem pesisir dipandang bukan sebagai hambatan pembangunan, melainkan sebagai investasi jangka panjang bagi keberlanjutan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat.

Pada aspek tata kelola, buku ini membahas pentingnya kerangka kebijakan dan regulasi yang responsif terhadap dinamika lingkungan dan sosial. Pendekatan pengelolaan pesisir terpadu seperti *Integrated Coastal Zone Management (ICZM)* dan *Marine Spatial Planning (MSP)* dipaparkan sebagai instrumen strategis untuk mengintegrasikan berbagai kepentingan sektoral dalam pemanfaatan ruang laut. Pendekatan tersebut juga didukung oleh metode penilaian potensi wilayah, analisis daya dukung lingkungan, serta pemanfaatan teknologi seperti penginderaan jauh dan sistem informasi geografis sebagai dasar pengambilan keputusan berbasis data.

Buku referensi ini juga membahas bagaimana optimasi pemanfaatan sumberdaya pesisir dapat mendukung ketahanan pangan dan pertumbuhan ekonomi lokal melalui pendekatan ekonomi biru. Strategi seperti pengembangan perikanan berkelanjutan, akuakultur ramah lingkungan, peningkatan nilai tambah produk pesisir, serta inovasi teknologi dalam pemantauan dan pengelolaan wilayah pesisir menjadi bagian penting dalam meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Transformasi digital melalui pemanfaatan sensor, drone, big data, dan sistem pemantauan real-time juga dipaparkan sebagai alat pendukung tata kelola pesisir yang lebih efektif.

Buku referensi ini membahas pentingnya adaptasi perubahan iklim, konservasi dan restorasi ekosistem pesisir, pembiayaan berkelanjutan, serta pemberdayaan masyarakat sebagai pilar utama pengelolaan pesisir di masa depan. Studi kasus dari berbagai wilayah menunjukkan bahwa keberhasilan pengelolaan pesisir sangat bergantung pada kolaborasi multipihak, integrasi kebijakan, serta penghormatan terhadap pengetahuan lokal dan kearifan tradisional. Buku ini menegaskan bahwa optimasi pemanfaatan sumberdaya pesisir merupakan proses dinamis yang memerlukan pendekatan holistik, kolaboratif, dan berbasis ilmu pengetahuan guna memastikan keberlanjutan ekosistem sekaligus meningkatkan kesejahteraan masyarakat pesisir.



DAFTAR PUSTAKA

- Abanda, F. H., Chia, E. L., Enongene, K. E., Manjia, M. B., Fobissie, K., Pettang, U., & Pettang, C. (2022). A systematic review of the application of multi-criteria decision-making in evaluating Nationally Determined Contribution projects. *Decision Analytics Journal*, 5, 100140.
- Arkema, K. K., Verutes, G. M., Wood, S. A., Clarke-Samuels, C., Rosado, S., Canto, M., Rosenthal, A., Ruckelshaus, M., Guannel, G., & Toft, J. (2015). Embedding ecosystem services in coastal planning leads to better outcomes for people and nature. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(24), 7390–7395.
- Barbier, E. B. (2017). Marine ecosystem services. *Current Biology*, 27(11), R507–R510.
- Barbier, E. B. (2020). Greening the post-pandemic recovery in the G20. *Environmental and Resource Economics*, 76(4), 685–703.
- 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.
- Bebianno, M. J., Calumpong, H., Chiba, S., Evans, K., García-Soto, C., Kamara, O. K., Marschoff, E., Mohammed, E. Y., Ojaveer, H., & Park, C. (2021). World ocean assessment II, chapter 02, approach to the assessment. *Centro Oceanográfico de Santander*.
- Bennett, N. J., Blythe, J., White, C. S., & Campero, C. (2021). Blue growth and blue justice: Ten risks and solutions for the ocean economy. *Marine Policy*, 125, 104387.
- Bennett, N. J., Katz, L., Yadao-Evans, W., Ahmadia, G. N., Atkinson, S., Ban, N. C., Dawson, N. M., de Vos, A., Fitzpatrick, J., & Gill, D. (2021). Advancing social equity in and through marine conservation. *Frontiers in Marine Science*, 8, 711538.
- Biswas, S. S., Ahad, M. A., Nafis, M. T., Alam, M. A., & Biswas, R. (2021). Introducing “ α -Sustainable Development” for transforming

- our world: A proposal for the 2030 agenda. *Journal of Cleaner Production*, 321, 129030.
- Boström-Einarsson, L., Babcock, R. C., Bayraktarov, E., Ceccarelli, D., Cook, N., Ferse, S. C. A., Hancock, B., Harrison, P., Hein, M., & Shaver, E. (2020). Coral restoration—A systematic review of current methods, successes, failures and future directions. *PloS One*, 15(1), e0226631.
- Brondizio, E., Díaz, S. M., Settele, J., Ngo, H., Gueze, M., Aumeeruddy-Thomas, Y., Bai, X., Geschke, A., Molnár, Z., & Niamir, A. (2019). *Assessing a planet in transformation: Rationale and approach of the IPBES Global Assessment on Biodiversity and Ecosystem Services*.
- Burke, L., Reynter, K., Spalding, M., & Perry, A. (2011). Reefs at risk revisited: technical notes on modeling threats to the world's coral reefs. *Washington, DC: World Resources Institute*.
- Clapp, J. (2020). *Food security and nutrition: building a global narrative towards 2030*.
- Costanza, R., De Groot, R., Sutton, P., Van der Ploeg, S., Anderson, S. J., Kubiszewski, I., Farber, S., & Turner, R. K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, 26, 152–158.
- Dasgupta, P. (2021). *The economics of biodiversity: the Dasgupta review*. Hm Treasury.
- Díaz, S. M., Settele, J., Brondizio, E., Ngo, H., Guèze, M., Agard, J., Arneeth, A., Balvanera, P., Brauman, K., & Butchart, S. (2019). *The global assessment report on biodiversity and ecosystem services: Summary for policy makers*.
- Dickson, B. (2021). *Becoming# GenerationRestoration: Ecosystem restoration for people, nature and climate*.
- Edgar, G. J., Stuart-Smith, R. D., Willis, T. J., Kininmonth, S., Baker, S. C., Banks, S., Barrett, N. S., Becerro, M. A., Bernard, A. T. F., & Berkhout, J. (2014). Global conservation outcomes depend on marine protected areas with five key features. *Nature*, 506(7487), 216–220.
- FAO. (2020). World Fisheries and Aquaculture. *Food and Agriculture Organization, 2020*, 1–244.
- Gill, D. A., Mascia, M. B., Ahmadiya, G. N., Glew, L., Lester, S. E.,

- Barnes, M., Craigie, I., Darling, E. S., Free, C. M., & Geldmann, J. (2017). Capacity shortfalls hinder the performance of marine protected areas globally. *Nature*, *543*(7647), 665–669.
- Gissi, E., Frascchetti, S., & Micheli, F. (2019). Incorporating change in *marine spatial planning: a review*. *Environmental Science & Policy*, *92*, 191–200.
- Gopalakrishnan, S., Landry, C. E., & Smith, M. D. (2018). Climate change adaptation in coastal environments: modeling challenges for resource and environmental economists. *Review of Environmental Economics and Policy*, *12*(1), 48–68.
- Gove, J. M., Williams, G. J., Lecky, J., Brown, E., Conklin, E., Counsell, C., Davis, G., Donovan, M. K., Falinski, K., & Kramer, L. (2023). Coral reefs benefit from reduced land–sea impacts under ocean warming. *Nature*, *621*(7979), 536–542.
- Halpern, B. S., Frazier, M., Afflerbach, J., Lowndes, J. S., Micheli, F., O'Hara, C., Scarborough, C., & Selkoe, K. A. (2019). Recent pace of change in human impact on the world's ocean. *Scientific Reports*, *9*(1), 11609.
- Harper, S. J., Williams, M., Kleiber, D., Axelrod, M., Mangubhai, S., Torell, E., Macho, G., Fakoya, K., Gopal, N., & Ojea, E. (2026). Designing gender-inclusive data systems in small-scale fisheries. *Ambio*, *55*(2), 245–259.
- Herr, D., von Unger, M., Laffoley, D., & McGivern, A. (2017). Pathways for implementation of *blue carbon* initiatives. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, *27*, 116–129.
- Hoffmann, J., Bauer, P., Sandu, I., Wedi, N., Geenen, T., & Thiemert, D. (2023). *Destination Earth—A digital twin in support of climate services*. Elsevier.
- Hossain, M. S., Sharifuzzaman, S. M., Nobil, M. N., Chowdhury, M. S. N., Sarker, S., Alamgir, M., Uddin, S. A., Chowdhury, S. R., Rahman, M. M., & Rahman, M. S. (2021). Seaweeds farming for sustainable development goals and *blue economy* in Bangladesh. *Marine Policy*, *128*, 104469.
- Humlum, O. (2022). The State of the Climate 2021. *Global Warming Policy Foundation, Report*, 51.
- Intergovernmental Oceanographic Commission, & UNESCO. (2020).

Global Ocean Science Report: Charting Capacity for Ocean Sustainability. Bernan Distribution.
https://books.google.co.id/books?id=f_4bEAAAQBAJ

- Jouffray, J.-B., Blasiak, R., Norström, A. V., Österblom, H., & Nyström, M. (2020). The *blue acceleration*: the trajectory of human expansion into the ocean. *One Earth*, 2(1), 43–54.
- Khan, M. A., Hossain, M. E., Rahman, M. T., & Dey, M. M. (2023). COVID-19's effects and adaptation strategies in fisheries and aquaculture sector: An empirical evidence from Bangladesh. *Aquaculture*, 562, 738822.
- Kılıç, A. O. (2024). Seychelles blue bond: Indebting ecological restructuring of fisheries. *Marine Policy*, 163, 106144.
- Kurien, J. (2022). *Involving the People: Democratizing the implementation and monitoring of the Voluntary Guidelines for Securing Sustainable Small-scale Fisheries in the Context of Food Security and Poverty Eradication*. Food & Agriculture Org. <https://books.google.co.id/books?id=rr1qEAAAQBAJ>
- Laffoley, D., & Baxter, J. M. (2016). *Explaining Ocean Warming: Causes, scale, effects and consequences*. IUCN Gland, Switzerland.
- Le Gouvello, R., Cohen-Shacham, E., Herr, D., Spadone, A., Simard, F., & Brugere, C. (2023). The IUCN Global Standard for Nature-based Solutions™ as a tool for enhancing the sustainable development of marine aquaculture. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1146637.
- Lester, S. E., Halpern, B. S., Grorud-Colvert, K., Lubchenco, J., Ruttenberg, B. I., Gaines, S. D., Airamé, S., & Warner, R. R. (2009). Biological effects within no-take marine reserves: a global synthesis. *Marine Ecology Progress Series*, 384, 33–46.
- Li, C. (2024). Unequal wealth of nations: Evidence from the World Bank wealth accounts. *National Accounting Review*, 6(3), 384–406.
- Malali, P., & Marchand, K. (2020). Assessment of currently available ocean wave energy conversion systems using technology readiness levels. *International Journal of Renewable Energy Technology*, 11(2), 126–146.
- Martínez-Vázquez, R. M., Milán-García, J., & de Pablo Valenciano, J. (2021). Challenges of the *Blue Economy*: evidence and research

- trends. *Environmental Sciences Europe*, 33(1), 61.
- McNamara, K. E., & Buggy, L. (2017). Community-based climate change adaptation: a review of academic literature. *Local Environment*, 22(4), 443–460.
- Menezes, A., Bartley, D., Metzner, R., & Ansah, Y. (2018). *The FAO blue growth initiative: strategy for the development of fisheries and aquaculture in Eastern Africa*. FAO;
- Mikami, T., Shibayama, T., Esteban, M., Takabatake, T., Nakamura, R., Nishida, Y., Achiari, H., Rusli, Marzuki, A. G., & Marzuki, M. F. H. (2019). Field survey of the 2018 Sulawesi tsunami: Inundation and run-up heights and damage to coastal communities. *Pure and Applied Geophysics*, 176(8), 3291–3304.
- Millennium ecosystem assessment, M. E. A. (2005). *Ecosystems and human well-being* (Vol. 5). Island press Washington, DC.
- Narayan, S., Beck, M. W., Reguero, B. G., Losada, I. J., Van Wesenbeeck, B., Pontee, N., Sanchirico, J. N., Ingram, J. C., Lange, G.-M., & Burks-Copes, K. A. (2016). The effectiveness, costs and coastal protection benefits of natural and nature-based defences. *PloS One*, 11(5), e0154735.
- Nicholls, R. J., Hanson, S. E., Lowe, J. A., Slangen, A. B. A., Wahl, T., Hinkel, J., & Long, A. J. (2021). Integrating new sea-level scenarios into coastal risk and adaptation assessments: An ongoing process. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 12(3), e706.
- Ostrom, E. (1990). *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective Action*. Cambridge University Press. <https://books.google.co.id/books?id=4xg6oUobMz4C>
- Patil, P. G., Viridin, J., Colgan, C. S., Hussain, M. G., Failler, P., & Vegh, T. (2018). *Toward a blue economy*.
- Pendleton, L., Donato, D. C., Murray, B. C., Crooks, S., Jenkins, W. A., Sifleet, S., Craft, C., Fourqurean, J. W., Kauffman, J. B., & Marbà, N. (2012). *Estimating global “blue carbon” emissions from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems*.
- Pietrapertosa, F., Khokhlov, V., Salvia, M., & Cosmi, C. (2018). Climate change adaptation policies and plans: A survey in 11 South East European countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81, 3041–3050.

- Pörtner, H.-O., Roberts, D. C., Adams, H., Adler, C., Aldunce, P., Ali, E., Begum, R. A., Betts, R., Kerr, R. B., & Biesbroek, R. (2022). *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability*.
- Pörtner, H.-O., Roberts, D. C., Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Tignor, M., Poloczanska, E., & Weyer, N. M. (2019). The ocean and cryosphere in a changing climate. *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate, 1155*, 10–1017.
- Raiser, K., Kornek, U., Flachsland, C., & Lamb, W. F. (2020). Is the Paris Agreement effective? A systematic map of the evidence. *Environmental Research Letters, 15*(8), 83006.
- Reid, H. (2016). Ecosystem-and community-based adaptation: learning from community-based natural resource management. *Climate and Development, 8*(1), 4–9.
- Reimer, J. M., Devillers, R., Zuercher, R., Groulx, P., Ban, N. C., & Claudet, J. (2023). The *Marine Spatial Planning Index*: a tool to guide and assess *marine spatial planning*. *Npj Ocean Sustainability, 2*(1), 15.
- Roth, C. H., Addison, J., Anthony, K., Dale, A., Eberhard, R., Hobday, A., Horner, N. J., Jarvis, D., Kroon, K., & Stone-Jovicich, S. (2017). Reef 2050 Plan Review Options. *Final Report Submitted to the Department of the Environment and Energy. Canberra: CSIRO*.
- Spalding, M., Burke, L., Wood, S. A., Ashpole, J., Hutchison, J., & Zu Ermgassen, P. (2017). Mapping the global value and distribution of coral reef tourism. *Marine Policy, 82*, 104–113.
- Spalding, M., Mcivor, A., Tonneijck, F., Tol, S., & Eijk, P. van. (2014). *Mangroves for coastal defence*.
- Sumaila, U. R., Ebrahim, N., Schuhbauer, A., Skerritt, D., Li, Y., Kim, H. S., Mallory, T. G., Lam, V. W. L., & Pauly, D. (2019). Updated estimates and analysis of global fisheries subsidies. *Marine Policy, 109*, 103695.
- Tanhua, T., McCurdy, A., Fischer, A., Appeltans, W., Bax, N., Currie, K., DeYoung, B., Dunn, D., Heslop, E., & Glover, L. K. (2019). What we have learned from the framework for ocean observing: evolution of the global ocean observing system. *Frontiers in Marine Science, 6*, 471.
- Virdin, J., Vegh, T., Jouffray, J.-B., Blasiak, R., Mason, S., Österblom, H., Vermeer, D., Wachtmeister, H., & Werner, N. (2021). The

- Ocean 100: Transnational corporations in the ocean economy. *Science Advances*, 7(3), eabc8041.
- Worm, B., Hilborn, R., Baum, J. K., Branch, T. A., Collie, J. S., Costello, C., Fogarty, M. J., Fulton, E. A., Hutchings, J. A., & Jennings, S. (2009). Rebuilding global fisheries. *Science*, 325(5940), 578–585.
- Yurista, A. P., & Wicaksono, D. A. (2017). Kompatibilitas rencana zonasi wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil (RZWP3K) sebagai rencana tata ruang yang integratif. *Jurnal Rechts Vinding: Media Pembinaan Hukum Nasional*, 6(2), 183–198.
- Zeng, Y., Maxwell, S., Runting, R. K., Venter, O., Watson, J. E. M., & Carrasco, L. R. (2020). Environmental destruction not avoided with the *Sustainable Development Goals*. *Nature Sustainability*, 3(10), 795–798.



GLOSARIUM

Abrasi	Proses pengikisan garis pantai yang disebabkan oleh gelombang, arus, dan pasang surut laut secara terus-menerus sehingga dapat mengurangi luas daratan dan merusak infrastruktur pesisir.
Adaptasi	Proses penyesuaian sistem sosial dan ekologis terhadap perubahan kondisi lingkungan, termasuk perubahan iklim dan dinamika alam lainnya.
Biodiversitas	Keanekaragaman makhluk hidup yang mencakup variasi genetik, spesies, dan ekosistem dalam suatu wilayah tertentu.
Degradasi	Penurunan kualitas lingkungan yang ditandai oleh berkurangnya fungsi ekologis akibat eksploitasi berlebihan, pencemaran, atau perubahan penggunaan lahan.
Ekosistem	Kesatuan ruang yang terbentuk dari interaksi timbal balik antara makhluk hidup dan lingkungan fisiknya, yang di dalamnya terjadi aliran energi, siklus materi, serta hubungan ketergantungan yang menjaga keseimbangan alam.
Estuari	Perairan semi tertutup di muara sungai tempat bercampurnya air tawar dan air laut, yang memiliki produktivitas tinggi serta menjadi daerah asuhan berbagai spesies ikan dan udang.
Keberlanjutan	Prinsip pembangunan yang menyeimbangkan aspek lingkungan, ekonomi, dan sosial agar kebutuhan

saat ini terpenuhi tanpa mengorbankan hak generasi mendatang.

- Konservasi** Upaya terencana untuk melindungi, memelihara, dan memanfaatkan sumber daya alam secara bijaksana agar tetap lestari dan dapat dinikmati oleh generasi mendatang.
- Lamun** Tumbuhan berbunga yang hidup terendam di perairan dangkal dan berperan penting dalam menstabilkan sedimen, menyediakan habitat biota, serta menyerap karbon biru.
- Mangrove** Vegetasi khas daerah pasang surut yang memiliki akar penyangga dan napas, berfungsi sebagai pelindung pantai dari abrasi, penyerap karbon, serta habitat penting bagi berbagai biota perairan.
- Mitigasi** Serangkaian tindakan preventif yang dilakukan untuk mengurangi risiko dan dampak negatif bencana atau perubahan lingkungan.
- Optimalisasi** Upaya memaksimalkan manfaat sumber daya melalui perencanaan dan pengelolaan yang efisien, efektif, serta berbasis prinsip keberlanjutan.
- Partisipasi** Keterlibatan aktif masyarakat dan pemangku kepentingan dalam proses perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi pengelolaan sumber daya.
- Perikanan** Kegiatan pemanfaatan dan pengelolaan sumber daya ikan yang mencakup penangkapan, pengolahan, dan distribusi untuk memenuhi kebutuhan manusia.

Pesisir	Wilayah peralihan antara daratan dan lautan yang dipengaruhi oleh dinamika pasang surut, gelombang, arus, serta aktivitas manusia, sehingga memiliki karakteristik ekologis, sosial, dan ekonomi yang saling berinteraksi secara kompleks.
Produktivitas	Tingkat kemampuan suatu ekosistem menghasilkan biomassa atau sumber daya yang mendukung kehidupan organisme di dalamnya.
Regulasi	Peraturan atau kebijakan yang dibuat untuk mengatur pemanfaatan sumber daya agar sesuai dengan prinsip hukum, keadilan, dan keberlanjutan.
Rehabilitasi	Proses pemulihan kondisi lingkungan yang rusak melalui tindakan perbaikan fisik, biologis, atau sosial guna mengembalikan fungsi ekosistem secara bertahap.
Restorasi	Upaya sistematis untuk mengembalikan struktur, fungsi, dan komposisi ekosistem ke kondisi mendekati keadaan alaminya sebelum mengalami kerusakan.
Sedimentasi	Proses pengendapan partikel tanah atau material organik yang terbawa oleh air atau angin dan kemudian mengendap di suatu lokasi, memengaruhi bentuk dan kedalaman perairan.
TataKelola	Sistem pengaturan, koordinasi, dan pengawasan yang melibatkan pemerintah, masyarakat, dan sektor swasta dalam pengelolaan sumber daya secara transparan dan akuntabel.

Terumbu	Struktur biogenik yang terbentuk dari endapan kalsium karbonat organisme karang, yang menjadi pusat keanekaragaman hayati laut serta pelindung alami pantai dari energi gelombang.
Zonasi	Pembagian wilayah berdasarkan fungsi dan peruntukan tertentu yang bertujuan mengatur pemanfaatan ruang agar lebih terencana dan meminimalkan konflik kepentingan.



INDEKS

A

adaptabilitas · 139, 184
akademik · 217
aksesibilitas · 85
akuntansi · 13, 38, 48, 54, 60,
75
audit · 149, 152

B

big data · 14, 101, 104, 105,
106, 107, 108, 114, 213, 214

C

cloud · 104, 105

D

digitalisasi · 14, 93, 149, 168,
190, 191, 199, 214
distribusi · 5, 11, 12, 14, 21, 27,
39, 53, 58, 66, 68, 76, 77, 78,
80, 84, 88, 89, 95, 97, 98, 99,
108, 109, 115, 122, 143, 149,
160, 198, 207, 209, 211, 212,
213, 230

domestik · 6, 8, 22, 26, 32, 35,
99, 111, 173

E

ekonomi · 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8,
9, 10, 11, 12, 13, 15, 17, 18,
19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26,
27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35,
36, 37, 38, 39, 40, 45, 46, 47,
48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55,
56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63,
64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71,
72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79,
80, 81, 82, 83, 84, 85, 87, 88,
89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96,
97, 98, 99, 104, 105, 106,
107, 109, 110, 111, 112, 113,
115, 116, 117, 118, 119, 120,
121, 122, 123, 125, 126, 127,
129, 130, 131, 133, 135, 141,
142, 143, 144, 145, 146, 147,
148, 149, 150, 151, 152, 153,
154, 155, 157, 158, 159, 160,
161, 162, 163, 164, 165, 166,
167, 168, 169, 171, 172, 173,
174, 176, 177, 178, 179, 180,
181, 182, 183, 185, 186, 187,
188, 189, 193, 194, 195, 196,
197, 198, 199, 200, 201, 202,

203, 205, 206, 207, 208, 209,
210, 211, 212, 213, 214, 215,
216, 229, 231, 237
ekspansi · 4, 6, 7, 11, 20, 23,
24, 49, 88, 91, 210
emisi · 5, 23, 32, 36, 41, 55, 95,
109, 111, 112, 117, 143, 145,
147, 153, 167, 174, 177, 197,
200, 205, 206, 211, 212
entitas · 24

F

Feedback · 18
finansial · 13, 60, 82, 118, 123,
124, 142, 150, 151, 152, 153,
154, 188, 199, 206
fiskal · 47, 50, 145, 146, 174,
196, 197, 205, 206, 212
fleksibilitas · 74, 104
fluktuasi · 20, 40, 90, 96, 97,
98, 120, 164, 167, 189, 197,
199
fundamental · 19, 40, 57

G

genetika · 132
geografis · 1, 17, 68, 80, 185
globalisasi · 4, 6

I

implikasi · 21
infrastruktur · 3, 6, 18, 25, 26,
31, 33, 36, 46, 49, 50, 52, 53,

54, 55, 59, 63, 64, 67, 69, 75,
77, 80, 85, 91, 96, 98, 99,
107, 108, 109, 110, 111, 113,
114, 115, 116, 118, 121, 124,
125, 126, 130, 131, 139, 151,
153, 154, 180, 183, 184, 189,
194, 195, 199, 200, 204, 210,
229
inklusif · 7, 9, 11, 13, 20, 23,
24, 28, 56, 69, 73, 75, 81, 87,
88, 99, 110, 120, 123, 133,
141, 145, 155, 160, 162, 164,
168, 169, 183, 187, 190, 191,
195, 208, 212, 214, 215
inovatif · 47, 53, 60, 83, 110,
141, 146, 147, 148, 150, 153,
163, 172, 173, 177, 186, 210
integrasi · 9, 12, 13, 14, 20, 28,
38, 44, 46, 48, 54, 55, 60, 63,
65, 67, 68, 70, 72, 77, 80, 82,
83, 88, 100, 105, 106, 109,
110, 132, 136, 146, 148, 149,
162, 165, 166, 169, 171, 173,
174, 176, 181, 182, 184, 187,
189, 190, 195, 196, 201, 204,
205, 206, 209, 211, 213, 214,
216, 217, 237
integritas · 40, 51, 61, 62, 84,
95, 120, 129
investasi · 47, 48, 63, 75, 83,
85, 88, 119, 137, 141, 145,
146, 147, 149, 152, 153, 161,
165, 177, 200, 207, 211, 212
investor · 51, 75, 149, 152, 153,
154, 183, 200, 203, 206, 213

K

kolaborasi · 15, 69, 81, 82, 83,
84, 85, 121, 135, 193, 210,
216
komoditas · 38, 89, 93
komprehensif · 13, 45, 47, 52,
57, 58, 106, 119, 174, 201,
210, 211, 212, 237
komputasi · 105
konkret · 28, 151, 198, 204,
205, 206, 207
kredit · 145, 147, 152, 161, 212

M

manajerial · 163
manifestasi · 33
manipulasi · 138
manufaktur · 106
metodologi · 212
mikroorganisme · 38

N

negosiasi · 99, 158, 215

P

politik · 76
proyeksi · 61, 69, 77, 78, 79,
82, 83, 89, 106, 107, 119,
122, 204

R

rasional · 21, 52

real-time · 68, 80, 84, 90, 93,
101, 102, 104, 105, 106, 107,
108, 113, 114, 167, 173, 190,
198, 199, 204, 207, 213, 216
regulasi · 6, 7, 20, 24, 29, 30,
31, 32, 33, 43, 49, 50, 51, 56,
65, 79, 80, 82, 83, 84, 85, 90,
95, 112, 148, 151, 173, 174,
175, 177, 183, 185, 186, 188,
194, 197, 198, 203, 211, 213,
214
relevansi · 80, 209, 217

S

Skema · v, 99, 123, 146, 150,
151, 152, 206, 212
stabilitas · 3, 4, 5, 8, 12, 20, 21,
23, 27, 31, 34, 37, 38, 39, 40,
41, 97, 111, 116, 126, 129,
135, 136, 137, 161, 169, 199
stakeholder · 71, 81, 177

T

transformasi · 4, 5, 7, 9, 11, 14,
88, 89, 104, 111, 146, 149,
163, 205, 206, 209
transparansi · 14, 69, 80, 84,
90, 93, 96, 99, 105, 109, 114,
144, 148, 153, 180, 188, 197,
199, 207, 213

W

workshop · 167

BIOGRAFI PENULIS



Sajriawati, S.Pi., M.Si.

Lahir di Maros, 16 Juni 1991. Lulus S1 pada Prodi Sosial Ekonomi Perikanan FIKP Universitas Hasanuddin tahun 2013 kemudian melanjutkan pendidikan S2 pada Prodi Magister Ilmu Perikanan Universitas Hasanuddin lulus tahun 2016. Saat ini aktif sebagai dosen di Universitas Musamus Merauke pada Prodi Manajemen Sumberdaya Perairan FAPERTA.



Sunarni, S.Pi., M.Si.

Lahir di Jayapura, 05 Agustus 1982. Lulus S2 di Program Studi Ilmu Perikanan FIKP Universitas Hasanuddin Makassar Tahun 2013. Saat ini sebagai Dosen di Universitas Musamus Merauke pada Program Studi Manajemen Sumberdaya Perairan FAPERTA.



Nurliah, S.P., M.Si.

Lahir di Merauke, 13 Juli 1990. Menyelesaikan pendidikan S1 pada Program Studi Agribisnis, Universitas Musamus pada tahun 2013 dan melanjutkan pendidikan S2 melalui jalur beasiswa di Universitas Hasanuddin dan berhasil melaih gelar Magister pada tahun 2019. Saat ini aktif sebagai dosen di Universitas Musamus pada Prodi Agrobisnis, Fakultas Pertanian.



SINOPSIS





Buku referensi “Optimasi Pemanfaatan Sumberdaya Pesisir: Konsep, Fungsi, dan Strategi Pengelolaan Berkelanjutan” membahas secara komprehensif berbagai aspek pengelolaan wilayah pesisir sebagai ruang strategis yang memiliki nilai ekologis, ekonomi, dan sosial yang tinggi. Buku referensi ini membahas konsep dasar sumberdaya pesisir, karakteristik ekosistem seperti *mangrove*, terumbu karang, dan padang lamun, serta peranannya dalam menjaga keseimbangan lingkungan dan mendukung kesejahteraan masyarakat. Selain itu, buku referensi ini membahas berbagai tantangan seperti degradasi lingkungan, eksploitasi berlebihan, konflik pemanfaatan ruang, dan dampak perubahan iklim terhadap kawasan pesisir. Melalui pendekatan multidisipliner, buku referensi ini menawarkan strategi optimasi pemanfaatan sumberdaya pesisir yang berbasis prinsip keberlanjutan, integrasi kebijakan, partisipasi masyarakat, dan tata kelola yang adaptif.

OPTIMASI PEMANFAATAN SUMBERDAYA PESISIR

**KONSEP, FUNGSI, DAN STRATEGI
PENGELOLAAN BERKELANJUTAN**

Buku referensi "Optimasi Pemanfaatan Sumberdaya Pesisir: Konsep, Fungsi, dan Strategi Pengelolaan Berkelanjutan" membahas secara komprehensif berbagai aspek pengelolaan wilayah pesisir sebagai ruang strategis yang memiliki nilai ekologis, ekonomi, dan sosial yang tinggi. Buku referensi ini membahas konsep dasar sumberdaya pesisir, karakteristik ekosistem seperti mangrove, terumbu karang, dan padang lamun, serta perannya dalam menjaga keseimbangan lingkungan dan mendukung kesejahteraan masyarakat. Selain itu, buku referensi ini membahas berbagai tantangan seperti degradasi lingkungan, eksploitasi berlebihan, konflik pemanfaatan ruang, dan dampak perubahan iklim terhadap kawasan pesisir. Melalui pendekatan multidisipliner, buku referensi ini menawarkan strategi optimasi pemanfaatan sumberdaya pesisir yang berbasis prinsip keberlanjutan, integrasi kebijakan, partisipasi masyarakat, dan tata kelola yang adaptif.



 mediapenerbitindonesia.com
 +62813622150605
 Penerbit Idn
 @pt.mediapenerbitidn

