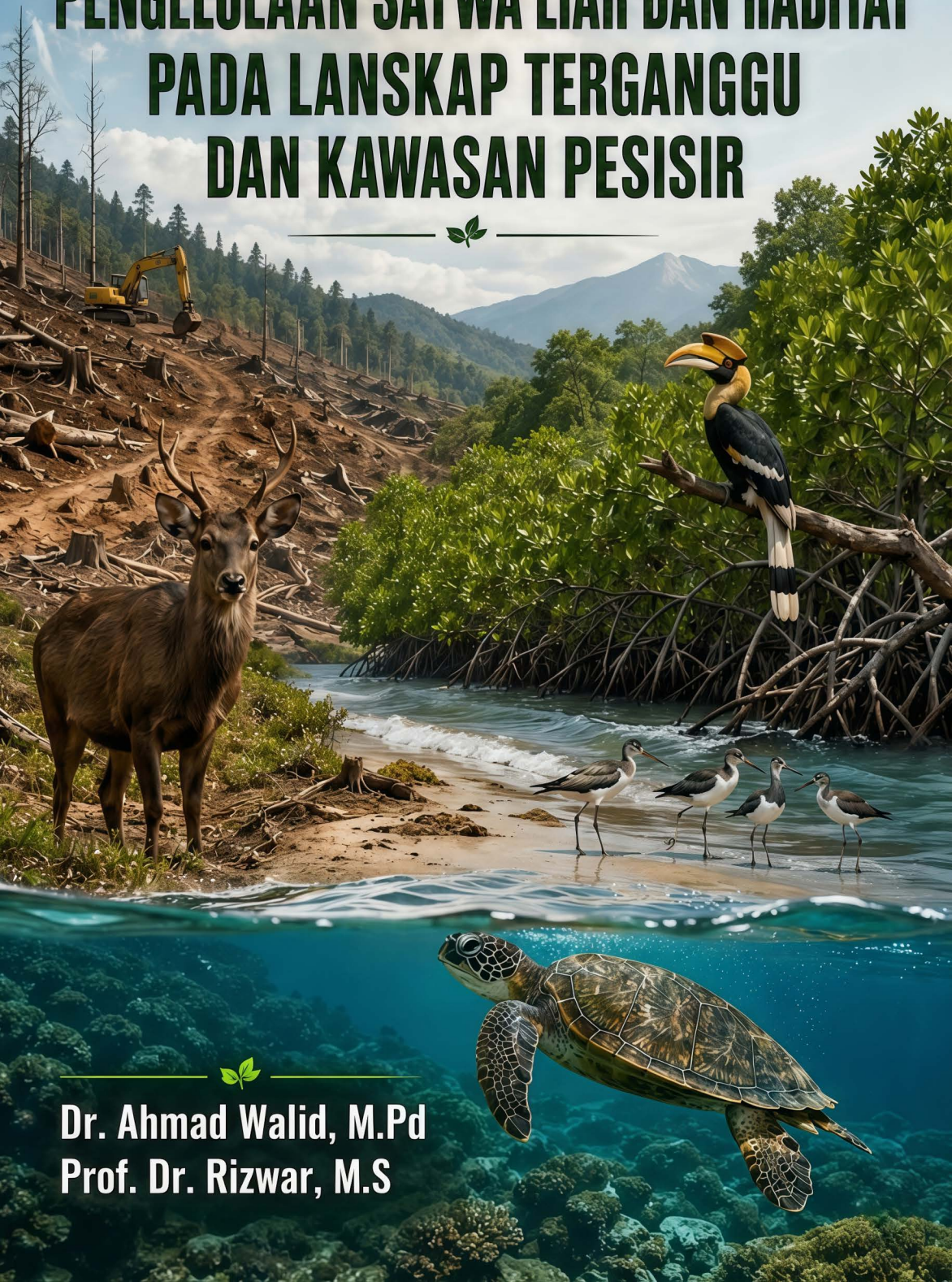


PENGELOLAAN SATWA LIAR DAN HABITAT PADA LANSKAP TERGANGGU DAN KAWASAN PESISIR



Dr. Ahmad Walid, M.Pd
Prof. Dr. Rizwar, M.S

Pengelolaan Satwa Liar dan Habitat pada Lanskap Terganggu dan Kawasan Pesisir

Dr. Ahmad Walid, M.Pd.
Prof. Dr. Rizwar, M.S.

Pengelolaan Satwa Liar dan Habitat pada Lanskap Terganggu dan Kawasan Pesisir

Penulis

Dr. Ahmad Walid, M.Pd.

Prof. Dr. Rizwar, M.S.

Editor:

Dr. Ahmad Walid, M.Pd.

Layout:

Arum Latifa, S.Pd.

Desain Cover:

Tim Kaizen Sarana Edukasi

ISBN: 978-634-7682-31-4

Tahun Terbit, 2026

15 x 23 cm, viii + 203 halaman

Penerbit:



KATA PENGANTAR

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat-Nya buku **“Pengelolaan Satwa Liar dan Habitat pada Lanskap Terganggu dan Kawasan Pesisir”** ini dapat hadir di hadapan pembaca. Buku ini disusun sebagai respons ilmiah dan praktis terhadap krisis keanekaragaman hayati global, di mana populasi satwa liar vertebrata dilaporkan mengalami penurunan dalam lima dekade terakhir. Indonesia, sebagai negara megabiodiversitas, memiliki posisi strategis sekaligus tantangan besar dalam menjaga keseimbangan ekosistemnya.

Melalui buku ini, penulis mengajak pembaca untuk melihat pengelolaan satwa liar tidak lagi secara sempit sebagai perlindungan jenis yang langka saja, melainkan sebagai satu kesatuan utuh dengan perlindungan habitat, konektivitas lanskap, serta kesejahteraan masyarakat di sekitarnya. Fokus utama buku ini terletak pada dua arena krusial konservasi masa kini: lanskap terganggu dan kawasan pesisir. Lanskap terganggu—seperti hutan sekunder, areal bekas tambang, dan perkebunan—menghadirkan tantangan berupa fragmentasi habitat dan konflik manusia-satwa yang semakin intensif.

Sementara itu, kawasan pesisir dengan ekosistem mangrove, lamun, dan terumbu karangnya, menghadapi tekanan berat dari konversi lahan, pencemaran, hingga dampak nyata perubahan iklim.

Harapan kami, buku ini dapat menjadi referensi bagi akademisi, praktisi konservasi, pengambil kebijakan, serta masyarakat umum dalam memahami bahwa satwa liar bukanlah musuh pembangunan, melainkan fondasi bagi kesehatan ekosistem yang menopang kehidupan manusia.

Akhir kata, semoga gagasan yang tertuang dalam buku ini dapat menginspirasi langkah nyata dalam menjaga warisan alam Indonesia demi keberlanjutan generasi masa kini dan mendatang.

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....iii

DAFTAR ISI v

BAB 1 PENDAHULUAN 1

A. Latar Belakang 1

B. Urgensi Pengelolaan Satwa Liar dan Habitat..... 4

C. Tantangan pada Lanskap Terganggu 6

D. Tantangan pada Kawasan Pesisir..... 9

E. Tantangan Tata Kelola dan Kelembagaan.....11

F. Arah Pengelolaan Satwa Liar dan Habitat.....12

G. Penegasan Fokus Buku14

H. Penutup Bab15

BAB II KONSEP DASAR SATWA LIAR DAN HABITAT17

A. Pengertian Satwa Liar.....17

B. Konsep Habitat dan Relung Ekologi22

C. Dinamika Populasi Satwa Liar28

D. Interaksi Satwa Liar dengan Lingkungan.....31

E. Keanekaragaman Hayati dalam Perspektif Lanskap..... 34

BAB III EKOLOGI LANSKAP TERGANGGU41

A. Definisi Lanskap Terganggu41

B. Bentuk-Bentuk Gangguan pada Lanskap.....47

C. Fragmentasi Habitat dan Dampaknya.....51

D. Perubahan Tutupan Lahan dan Tekanan Terhadap Satwa54

E. Resiliensi Ekosistem pada Lanskap Terganggu.....57

BAB IV EKOLOGI KAWASAN PESISIR DAN SATWA LIAR.....61

A. Karakteristik Ekosistem Pesisir.....61

B. Habitat-Habitat Penting di Wilayah Pesisir63

C. Satwa Liar pada Ekosistem Pesisir67

D. Ancaman Terhadap Habitat Pesisir.....	70
E. Konektivitas Ekologi Darat-Pesisir.....	77
BAB V ANCAMAN TERHADAP SATWA LIAR DAN HABITAT	81
A. Degradasi dan Kehilangan Habitat.....	81
B. Perburuan dan Perdagangan Satwa Liar	83
C. Pencemaran Lingkungan	85
D. Perubahan Iklim.....	88
E. Konflik Manusia dan Satwa Liar	90
F. Spesies Invasif dan Gangguan Biologis.....	92
BAB VI PRINSIP PENGELOLAAN SATWA LIAR.....	95
A. Dasar-Dasar Pengelolaan Satwa Liar	95
B. Pendekatan Konservasi Berbasis Ekosistem	97
C. Pengelolaan Berbasis Populasi dan Habitat	98
D. Pendekatan Lanskap dalam Konservasi	100
E. Pengelolaan Adaptif dan Berkelanjutan.....	101
BAB VII PENGELOLAAN HABITAT PADA LANSKAP	
TERGANGGU.....	103
A. Identifikasi Tingkat Gangguan Habitat.....	104
B. Restorasi dan Rehabilitasi Habitat.....	106
C. Peningkatan Konektivitas Lanskap	107
D. Koridor Satwa Liar	109
E. Rekayasa Habitat untuk Mendukung Keberlangsungan Populasi	110
BAB VIII PENGELOLAAN HABITAT DI KAWASAN PESISIR	113
A. Konsevasi Mangrove, Lamun, dan Estuari	113
B. Perlindungan Habitat Satwa Kunci di Pesisir	124
C. Restorasi Ekosistem Pesisir	128
D. Pengelolaan Kawasan Pesisir Terintegritas	131
E. Ketahanan Ekosistem Pesisir terhadap Perubahan Lingkungan.....	135

BAB IX METODE INVENTARISASI DAN MONITORING.....	139
A. Inventarisasi Satwa Liar	139
B. Pemantauan Habitat	142
C. Teknik Survei Lapangan	145
D. Pemanfaatan Teknologi dalam Monitoring	147
E. Analisis Data untuk Pengelolaan	151
BAB X KEBIJAKAN, KELEMBAGAAN, DAN HUKUM	
KONSERVASI.....	155
A. Kebijakan Konservasi Satwa Liar	155
B. Peraturan Perundang-Undangan Terkait	156
C. Peran Pemerintah dan Lembaga Konservasi	157
D. Kelembagaan Lokal dalam Pengelolaan Habitat	159
E. Kolaborasi Multipihak dalam Konservasi	160
BAB XI PERAN MASYARAKAT DAN PENDEKATAN SOSIAL.....	161
BAB XII STUDI KASUS PENGELOLAAN SATWA LIAR DAN HABITAT	169
A. Studi Kasus pada Lanskap Hutan Terganggu	169
B. Studi Kasus pada Kawasan Pesisir	171
C. Keberhasilan dan Kegagalan Program Pengelolaan	172
D. Pelajaran yang Dapat Diadaptasi	173
E. Implikasi bagi Pengembangan Kebijakan	173
BAB XIII STRATEGI MASA DEPAN PENGELOLAAN SATWA LIAR DAN HABITAT	175
A. Tantangan Pengelolaan di Masa Depan	175
B. Pendekatan Inovatif dalam Konservasi	180
C. Intergrasi Ilmu Pengetahuan, Kebijakan, dan Praktik	181
D. Arah Pengelolaan Berkelanjutan	184
DAFTAR PUSTAKA	189

Bab 1

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Satwa liar dan habitatnya merupakan bagian penting dari sistem kehidupan yang menopang keseimbangan ekologis, keberlanjutan sumber daya alam, serta kesejahteraan manusia. Dalam ekosistem alami, satwa liar tidak hanya hadir sebagai komponen biologis yang memperkaya keanekaragaman hayati, tetapi juga menjalankan fungsi ekologis yang menentukan stabilitas suatu lanskap. Burung, kelelawar, primata, mamalia besar, reptil, amfibi, serangga, ikan, dan berbagai kelompok fauna lainnya berperan dalam penyerbukan, penyebaran biji, pengendalian populasi organisme lain, siklus hara, regenerasi hutan, hingga pemeliharaan rantai makanan. Hilangnya satu kelompok satwa tertentu sering kali tidak berdampak secara tunggal, tetapi menimbulkan efek berantai terhadap struktur vegetasi, ketersediaan pakan, dinamika predator-mangsa, serta kemampuan ekosistem untuk pulih setelah mengalami tekanan.

Padamasalalu, pengelolaansatwaliarseringdipahamisecara sempit sebagai upaya melindungi jenis-jenis tertentu yang dianggap langka, karismatik, atau dilindungi oleh peraturan. Cara pandang seperti ini penting, tetapi belum cukup untuk menjawab persoalan konservasi masa kini. Perkembangan ilmu konservasi menunjukkan bahwa perlindungan satwa liar tidak dapat dipisahkan dari perlindungan habitat, konektivitas lanskap, kualitas ekosistem, serta hubungan sosial-ekonomi

masyarakat di sekitarnya. Satwa liar tidak hidup dalam ruang kosong. Ia membutuhkan wilayah jelajah, sumber pakan, tempat berlindung, lokasi berkembang biak, dan jalur pergerakan yang memungkinkan pertukaran genetik antarpopulasi. Karena itu, pengelolaan satwa liar harus dilihat sebagai bagian dari pengelolaan habitat dan lanskap secara menyeluruh.

Urgensi tersebut semakin kuat karena dunia sedang menghadapi krisis keanekaragaman hayati. IPBES (2019) memperkirakan sekitar satu juta spesies tumbuhan dan hewan menghadapi risiko kepunahan apabila tekanan terhadap alam tidak segera dikurangi. WWF (2024) juga melaporkan bahwa populasi satwa liar vertebrata yang dipantau mengalami penurunan rata-rata 73% sejak 1970 sampai 2020. Angka ini tidak dapat dipahami sekadar sebagai statistik global, tetapi sebagai tanda bahwa hubungan manusia dengan alam telah bergerak ke arah yang semakin tidak seimbang. Ketika habitat rusak, rantai makanan terganggu, populasi satwa menurun, dan jasa ekosistem melemah, maka manusia pada akhirnya juga akan menerima dampaknya dalam bentuk bencana ekologis, penurunan sumber pangan, konflik ruang, dan hilangnya sumber penghidupan.

Krisis tersebut tidak hanya terjadi di kawasan hutan primer atau kawasan konservasi formal, tetapi juga pada lanskap yang telah mengalami gangguan akibat aktivitas manusia. Lanskap terganggu dapat berupa hutan sekunder, areal bekas tebangan, perkebunan, pertambangan, lahan pertanian, permukiman, koridor jalan, kawasan industri, hingga wilayah pesisir yang mengalami konversi untuk tambak, pelabuhan, pariwisata, dan infrastruktur. Dalam konteks inilah pengelolaan satwa liar menjadi semakin kompleks. Pengelola tidak hanya berhadapan dengan pertanyaan bagaimana menyelamatkan jenis tertentu, tetapi juga bagaimana mempertahankan fungsi habitat di tengah perubahan tata guna lahan, tekanan ekonomi, konflik kepentingan, dan kebutuhan pembangunan.

Indonesia memiliki posisi yang sangat strategis dalam pembahasan ini karena merupakan negara kepulauan tropis

dengan tingkat keanekaragaman hayati yang sangat tinggi. Keanekaragaman satwa liar Indonesia tersebar dalam berbagai tipe ekosistem, mulai dari hutan hujan tropis, savana, rawa gambut, pegunungan, karst, sungai, danau, mangrove, padang lamun, terumbu karang, hingga ekosistem pulau-pulau kecil. Di sisi lain, Indonesia juga menghadapi tekanan besar berupa deforestasi, fragmentasi habitat, kebakaran lahan, perburuan, perdagangan satwa ilegal, invasi spesies asing, konflik manusia-satwa, pencemaran, dan perubahan iklim. Data Kementerian Kehutanan menunjukkan bahwa deforestasi netto Indonesia tahun 2024 tercatat 175,4 ribu hektare. Data ini memperlihatkan bahwa persoalan kehilangan tutupan hutan masih menjadi tantangan serius bagi keberlanjutan habitat satwa liar.

Di kawasan pesisir, tantangan pengelolaan satwa liar dan habitat juga tidak kalah berat. Pesisir merupakan zona peralihan antara darat dan laut yang memiliki produktivitas ekologis tinggi, tetapi sekaligus sangat rentan terhadap tekanan pembangunan dan perubahan iklim. Mangrove, lamun, estuari, rawa payau, pantai berpasir, tebing pantai, dan terumbu karang menyediakan habitat bagi berbagai jenis burung air, ikan, kepiting, moluska, reptil, mamalia laut, dan organisme lain yang menjadi fondasi rantai makanan. IPCC (2022) menegaskan bahwa ekosistem laut dan pesisir menopang kehidupan di bumi melalui pengaturan panas, air, karbon, penyediaan pangan, mata pencaharian, dan nilai budaya bagi masyarakat.

Indonesia memiliki salah satu ekosistem mangrove terbesar di dunia. Peta Mangrove Nasional 2024 mencatat bahwa Indonesia memiliki tutupan mangrove sekitar 3,44 juta hektare atau sekitar 20% dari mangrove global. Namun, dalam beberapa dekade terakhir, mangrove mengalami tekanan akibat alih fungsi lahan, pembangunan tidak terkendali, abrasi, tambak, dan berbagai bentuk gangguan pesisir lainnya. Dengan demikian, pembahasan tentang satwa liar dan habitat di kawasan pesisir tidak dapat dilepaskan dari agenda

perlindungan mangrove, lamun, terumbu karang, dan ruang hidup masyarakat pesisir.

Bab ini menempatkan pengelolaan satwa liar dan habitat sebagai isu yang tidak hanya ekologis, tetapi juga sosial, ekonomi, hukum, etika, dan pembangunan berkelanjutan. Pengelolaan satwa liar pada lanskap terganggu dan kawasan pesisir harus dipahami sebagai upaya menjaga hubungan antara manusia, satwa, habitat, dan fungsi ekosistem agar tetap seimbang di tengah tekanan perubahan lingkungan. Pendekatan yang digunakan tidak dapat lagi bersifat sektoral dan reaktif, melainkan perlu bersifat terpadu, adaptif, berbasis bukti ilmiah, dan melibatkan masyarakat sebagai aktor utama di tingkat tapak.

B. Urgensi Pengelolaan Satwa Liar dan Habitat

Urgensi pengelolaan satwa liar dan habitat dapat dijelaskan dari beberapa dimensi utama. Pertama, dari dimensi ekologis, satwa liar merupakan komponen kunci dalam menjaga stabilitas dan daya pulih ekosistem. Banyak jenis satwa berperan sebagai penyebar biji, sehingga keberadaan mereka menentukan regenerasi tumbuhan hutan. Primata, burung rangkong, kelelawar buah, dan berbagai mamalia pemakan buah membantu memindahkan biji dari satu tempat ke tempat lain. Proses ini memungkinkan tumbuhan beregenerasi secara alami, memperluas sebaran genetik, dan mempertahankan struktur komunitas hutan. Apabila kelompok satwa penyebar biji menurun, regenerasi vegetasi tertentu juga dapat terganggu, terutama bagi tumbuhan yang bergantung pada satwa untuk penyebaran bijinya.

Satwa predator juga memiliki fungsi ekologis yang penting. Harimau, elang, ular, buaya, dan predator lainnya berperan mengendalikan populasi mangsa. Apabila predator hilang, populasi mangsa tertentu dapat meningkat secara tidak seimbang dan menimbulkan tekanan baru terhadap vegetasi atau organisme lain. Sebaliknya, apabila populasi mangsa menurun drastis akibat perburuan atau kerusakan habitat,

predator kehilangan sumber pakan dan berpotensi masuk ke wilayah manusia untuk mencari alternatif makanan. Dalam konteks ini, konflik manusia-satwa bukan semata-mata persoalan perilaku satwa yang mengganggu, tetapi sering kali merupakan gejala dari rusaknya keseimbangan habitat.

Kedua, dari dimensi jasa ekosistem, satwa liar dan habitat memberikan manfaat langsung maupun tidak langsung bagi manusia. Hutan yang sehat membantu menjaga tata air, mengurangi risiko banjir, menyimpan karbon, menjaga kesuburan tanah, dan menyediakan sumber daya hayati. Mangrove melindungi pesisir dari abrasi, gelombang, intrusi air laut, sekaligus menjadi tempat pemijahan dan pembesaran berbagai jenis ikan dan biota ekonomi penting. Terumbu karang dan lamun menyediakan habitat bagi ikan, moluska, penyu, dugong, dan berbagai organisme laut. Ketika habitat rusak, manfaat tersebut ikut menurun dan masyarakat lokal menjadi kelompok pertama yang merasakan dampaknya.

Ketiga, pengelolaan satwa liar penting untuk mencegah kepunahan jenis. Daftar Merah IUCN terus memperbarui status ancaman terhadap berbagai spesies. Hingga pembaruan terbaru, lebih dari 172.600 spesies telah dinilai dalam IUCN Red List. Jumlah tersebut menunjukkan bahwa konservasi membutuhkan basis data yang kuat, pemantauan populasi, dan kebijakan adaptif. Perlindungan jenis tidak boleh berhenti pada penetapan status dilindungi, tetapi harus diikuti dengan perlindungan habitat, pengendalian ancaman, penyelamatan populasi kecil, penguatan penegakan hukum, dan restorasi ekosistem.

Keempat, pengelolaan satwa liar berkaitan erat dengan ketahanan sosial-ekonomi masyarakat. Banyak masyarakat di sekitar hutan dan pesisir menggantungkan hidup pada sumber daya alam. Mereka memanfaatkan hasil hutan bukan kayu, ikan, kepiting, udang, madu, tumbuhan obat, jasa wisata alam, dan berbagai sumber daya lain. Apabila habitat rusak, sumber penghidupan masyarakat juga terancam. Sebaliknya, apabila kebijakan konservasi dilakukan tanpa memperhatikan

kebutuhan masyarakat lokal, pengelolaan dapat menimbulkan resistensi, konflik akses, atau praktik pemanfaatan ilegal. Karena itu, pengelolaan satwa liar dan habitat harus mengintegrasikan konservasi dengan keadilan sosial, pemberdayaan masyarakat, dan alternatif ekonomi berkelanjutan.

Kelima, pengelolaan satwa liar dan habitat memiliki urgensi hukum dan kebijakan. Di Indonesia, kerangka hukum konservasi diperkuat melalui Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2024 yang mengubah beberapa ketentuan dalam Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya. Perubahan ini menunjukkan bahwa konservasi tidak lagi dipahami semata-mata sebagai tugas negara pada kawasan tertentu, tetapi sebagai tanggung jawab bersama yang membutuhkan pendanaan, kelembagaan, dan partisipasi masyarakat secara berkelanjutan. Dalam konteks lanskap terganggu dan kawasan pesisir, hukum konservasi perlu diterjemahkan menjadi strategi nyata pada tingkat tapak.

Keenam, pengelolaan satwa liar memiliki dimensi etis. Satwa liar bukan sekadar sumber daya yang dapat dieksploitasi, melainkan bagian dari komunitas kehidupan yang memiliki nilai intrinsik. Perspektif etika lingkungan menegaskan bahwa manusia memiliki tanggung jawab moral untuk tidak merusak sistem kehidupan yang menopang keberlanjutan generasi kini dan mendatang. Dalam masyarakat Indonesia, nilai etis ini juga dapat ditemukan dalam kearifan lokal, adat, agama, dan praktik budaya yang menempatkan alam sebagai amanah, ruang hidup bersama, dan sumber keberkahan. Oleh karena itu, pengelolaan satwa liar tidak hanya berbicara tentang teknik konservasi, tetapi juga tentang cara manusia memaknai posisinya di hadapan alam.

C. Tantangan pada Lanskap Terganggu

Lanskap terganggu adalah lanskap yang struktur, komposisi, atau fungsi ekologisnya telah berubah akibat aktivitas manusia maupun gangguan alam. Gangguan tersebut dapat berupa penebangan, pembukaan lahan, kebakaran, pembangunan jalan, pertambangan, perkebunan monokultur,

urbanisasi, pencemaran, fragmentasi hutan, atau perubahan hidrologi. Dalam banyak kasus, lanskap terganggu tidak sepenuhnya kehilangan fungsi ekologis. Sebagian masih dapat menyediakan habitat, koridor pergerakan, sumber pakan, atau tempat berlindung bagi satwa liar. Namun, kualitas habitatnya sering menurun dan daya dukungnya menjadi terbatas.

Tantangan pertama pada lanskap terganggu adalah fragmentasi habitat. Hutan yang semula menyatu dapat terpecah menjadi petak-petak kecil oleh jalan, permukiman, kebun, tambang, atau infrastruktur lain. Petak habitat yang kecil lebih rentan terhadap efek tepi, gangguan manusia, perburuan, kebakaran, dan invasi spesies asing. Satwa yang bergerak antarpetak habitat juga menghadapi risiko tertabrak kendaraan, tertangkap jerat, memasuki kebun, atau berkonflik dengan manusia. Dalam situasi ini, keberadaan koridor ekologis menjadi sangat penting untuk mempertahankan konektivitas.

Tantangan kedua adalah menurunnya kualitas habitat. Lanskap yang masih memiliki tutupan vegetasi belum tentu mampu mendukung kehidupan satwa liar apabila struktur vegetasinya terlalu sederhana, sumber pakan terbatas, atau terdapat gangguan intensif dari manusia. Perkebunan monokultur, misalnya, dapat terlihat hijau dari citra satelit, tetapi sering kali tidak menyediakan keragaman pakan dan tempat berlindung yang memadai bagi banyak jenis satwa. Demikian pula, hutan sekunder yang terlalu sering terbakar atau ditebang ulang akan sulit mencapai struktur yang kompleks dan stabil.

Tantangan ketiga adalah konflik manusia-satwa. Konflik terjadi ketika kebutuhan hidup manusia bertemu dengan kebutuhan ekologis satwa pada ruang yang sama. Gajah yang masuk kebun, harimau yang memangsa ternak, buaya yang menyerang manusia, monyet yang memasuki permukiman, atau burung yang merusak tanaman sering dipahami sebagai gangguan dari satwa. Namun, secara ekologis, peristiwa tersebut dapat menunjukkan bahwa habitat satwa telah menyempit, jalur jelajah terputus, sumber pakan berkurang, atau aktivitas manusia memasuki wilayah penting satwa.

Oleh karena itu, konflik manusia-satwa harus dikelola sebagai persoalan sosial-ekologis, bukan sekadar masalah perilaku satwa.

Tantangan keempat adalah perburuan dan perdagangan satwa liar. Pada lanskap terganggu, akses manusia ke habitat satwa biasanya menjadi lebih mudah karena adanya jalan, kanal, jalur tambang, atau akses perkebunan. Kemudahan akses ini dapat meningkatkan risiko perburuan, pemasangan jerat, pengambilan anakan satwa, dan perdagangan satwa ilegal. UNODC (2024) menegaskan bahwa kejahatan terhadap satwa liar merupakan persoalan global yang melibatkan jaringan perdagangan, permintaan pasar, kelemahan pengawasan, dan keuntungan ekonomi ilegal. Pengelolaan habitat tidak akan berhasil apabila tekanan perburuan dan perdagangan tidak dikendalikan.

Tantangan kelima adalah perubahan tata guna lahan yang sering kali berlangsung lebih cepat daripada kemampuan lembaga pengelola untuk merespons. Proses perizinan, pembangunan infrastruktur, ekspansi lahan produksi, dan perubahan ekonomi lokal dapat mengubah lanskap dalam waktu singkat. Sementara itu, pemantauan satwa, pembaruan peta habitat, dan penyusunan rencana pengelolaan sering berjalan lambat. Akibatnya, kebijakan konservasi tertinggal dari laju perubahan ruang. Kondisi ini menunjukkan pentingnya sistem peringatan dini, pemantauan berkala, dan integrasi data ekologis dalam perencanaan tata ruang.

Meskipun demikian, lanskap terganggu tidak selalu harus dipandang sebagai ruang yang telah hilang seluruhnya bagi konservasi. Hutan sekunder, kebun campuran, agroforestri, sempadan sungai, kebun rakyat, dan area restorasi dapat memiliki nilai penting sebagai habitat penyangga. Banyak jenis burung, mamalia kecil, reptil, serangga, dan tumbuhan bawah masih dapat bertahan pada mosaik lanskap semacam itu. Bahkan, bagi beberapa jenis satwa, lanskap campuran dapat menyediakan sumber pakan tertentu. Nilai konservasi tersebut

hanya dapat dipertahankan apabila gangguan dikendalikan, vegetasi lokal dipertahankan, perburuan dicegah, dan konektivitas habitat dijaga.

D. Tantangan pada Kawasan Pesisir

Kawasan pesisir merupakan ruang ekologis yang sangat dinamis karena dipengaruhi oleh interaksi daratan, laut, sungai, pasang surut, arus, sedimentasi, salinitas, dan aktivitas manusia. Keunikan tersebut membuat pesisir menjadi habitat penting bagi berbagai satwa liar. Mangrove menyediakan tempat berlindung dan berkembang biak bagi ikan, udang, kepiting, burung air, reptil, dan mamalia tertentu. Pantai berpasir menjadi lokasi bertelur penyu. Padang lamun menjadi habitat dugong, ikan muda, moluska, dan berbagai organisme benthik. Terumbu karang mendukung keanekaragaman ikan karang, invertebrata, dan spesies laut lain. Estuari menjadi zona produktif yang menghubungkan siklus nutrisi antara darat dan laut.

Tantangan utama pada kawasan pesisir adalah konversi habitat. Mangrove sering dikonversi menjadi tambak, permukiman, kawasan industri, pelabuhan, dan fasilitas pariwisata. Pantai peneluran penyu dapat terganggu oleh cahaya buatan, pembangunan, kendaraan, sampah, dan aktivitas wisata yang tidak terkontrol. Lamun dan terumbu karang dapat rusak akibat sedimentasi, pencemaran, jangkar kapal, alat tangkap merusak, dan penangkapan ikan berlebihan. Kerusakan satu habitat pesisir sering berdampak pada habitat lain karena ekosistem pesisir saling terhubung secara ekologis.

Tantangan berikutnya adalah pencemaran. Sampah plastik, limbah domestik, limbah industri, pestisida, minyak, dan nutrisi berlebihan dapat menurunkan kualitas perairan pesisir. Satwa laut dapat terjebak sampah plastik, memakan mikroplastik, atau mengalami gangguan reproduksi akibat kontaminan. Burung air dan biota pesisir juga rentan terhadap perubahan kualitas air dan sedimen. Pencemaran pesisir menunjukkan

bahwa konservasi satwa liar tidak dapat dilepaskan dari pengelolaan limbah, sanitasi, tata ruang permukiman, serta perilaku konsumsi masyarakat.

Kawasan pesisir juga sangat rentan terhadap perubahan iklim. Kenaikan muka laut, abrasi, banjir rob, badai, pemutihan karang, perubahan suhu laut, dan perubahan pola arus dapat mengubah struktur habitat dan distribusi spesies. Pantai peneluran penyu, misalnya, dapat menyempit akibat abrasi dan kenaikan muka laut. Terumbu karang dapat mengalami pemutihan ketika suhu laut meningkat. Perubahan salinitas dan sedimentasi dapat memengaruhi mangrove, estuari, dan lamun. IPCC (2022) menempatkan ekosistem pesisir sebagai sistem yang penting bagi kehidupan manusia sekaligus rentan terhadap perubahan iklim dan tekanan antropogenik.

Pengelolaan satwa liar di kawasan pesisir harus memperhatikan keterhubungan ekosistem. Banyak jenis satwa tidak menggunakan satu habitat saja. Ikan dan udang dapat memanfaatkan mangrove sebagai tempat pembesaran sebelum bergerak ke laut. Penyu memanfaatkan laut sebagai ruang hidup utama, tetapi membutuhkan pantai tertentu untuk bertelur. Burung migran menggunakan rawa, mudflat, dan mangrove sebagai lokasi singgah dalam perjalanan lintas negara. Dugong memerlukan padang lamun yang sehat, sedangkan lamun sendiri dipengaruhi kualitas air, sedimentasi, dan aktivitas pesisir. Karena itu, kerusakan satu komponen habitat dapat berdampak pada siklus hidup satwa secara keseluruhan.

Kawasan pesisir juga memiliki arti penting dalam mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Mangrove dikenal sebagai ekosistem karbon biru yang mampu menyimpan karbon dalam biomassa dan sedimen. Program rehabilitasi dan restorasi mangrove dapat memperkuat perlindungan pesisir, meningkatkan habitat biota, dan mendukung mata pencaharian masyarakat apabila dilakukan berdasarkan kesesuaian ekologis. Namun, restorasi mangrove tidak boleh dipahami hanya sebagai kegiatan menanam bibit. Keberhasilan restorasi

ditentukan oleh kesesuaian lokasi, hidrologi, jenis mangrove, tekanan sosial-ekonomi, perlindungan pascatanam, serta keterlibatan masyarakat lokal.

E. Tantangan Tata Kelola dan Kelembagaan

Pengelolaan satwa liar dan habitat menghadapi tantangan tata kelola yang tidak sederhana. Satwa liar bergerak melintasi batas administratif, tetapi pengelolaan ruang sering dibagi berdasarkan batas kewenangan sektor. Kawasan hutan, kawasan pesisir, perairan, perkebunan, pertambangan, desa, dan kawasan konservasi dapat berada di bawah kewenangan lembaga berbeda. Akibatnya, satu populasi satwa dapat berada dalam banyak rezim pengelolaan yang tidak selalu saling terhubung. Tanpa koordinasi lintas sektor, pengelolaan berisiko terpecah, lambat, dan tidak mampu menjawab kebutuhan ekologis satwa.

Tantangan kelembagaan juga terlihat dalam lemahnya data dan pemantauan. Banyak keputusan pengelolaan masih dilakukan dengan data populasi yang terbatas, peta habitat yang belum mutakhir, atau informasi konflik yang belum terdokumentasi baik. Padahal, pengelolaan satwa liar membutuhkan data mengenai jumlah populasi, struktur umur, rasio jenis kelamin, distribusi, pola pergerakan, lokasi konflik, kualitas habitat, ancaman, dan tren perubahan. Tanpa data, kebijakan konservasi berisiko menjadi reaktif, sporadis, dan sulit dievaluasi.

Selain data, pengelolaan juga membutuhkan pendanaan berkelanjutan. Banyak program konservasi berjalan berdasarkan proyek jangka pendek, sementara pemulihan habitat dan pemantauan satwa membutuhkan waktu panjang. Restorasi mangrove, pemulihan koridor satwa, mitigasi konflik, patroli masyarakat, dan penegakan hukum tidak dapat berhasil apabila hanya dilakukan sesaat. Penguatan pendanaan konservasi, baik melalui anggaran negara, kerja sama internasional, skema tanggung jawab sosial, pembayaran jasa lingkungan, ekowisata, maupun karbon biru, perlu dirancang secara transparan dan akuntabel.

Tantangan tata kelola berikutnya adalah relasi antara konservasi dan masyarakat lokal. Dalam beberapa kasus, konservasi dipahami masyarakat sebagai pembatasan akses terhadap ruang hidup dan sumber penghidupan. Pandangan ini muncul apabila masyarakat tidak dilibatkan sejak awal dalam perencanaan, tidak memperoleh manfaat yang adil, atau mengalami kerugian akibat konflik satwa tanpa mekanisme penyelesaian yang memadai. Oleh karena itu, pengelolaan satwa liar dan habitat harus membangun kepercayaan, memperkuat partisipasi, serta memastikan bahwa masyarakat menjadi bagian dari solusi.

Kearifan lokal memiliki peran penting dalam pengelolaan. Larangan adat, hutan keramat, pantangan berburu pada musim tertentu, perlindungan mata air, aturan pengambilan hasil laut, atau sistem zonasi tradisional dapat membantu menjaga habitat. Namun, kearifan lokal tidak boleh dipahami secara romantik tanpa melihat perubahan sosial yang terjadi. Tekanan pasar, perubahan nilai, pertumbuhan penduduk, teknologi eksploitasi, dan lemahnya pengakuan hak dapat melemahkan praktik lokal. Karena itu, pengelolaan modern perlu menghubungkan pengetahuan ilmiah dengan kearifan lokal secara kritis dan setara.

F. Arah Pengelolaan Satwa Liar dan Habitat

Pengelolaan satwa liar dan habitat pada masa kini perlu bergerak dari pendekatan perlindungan jenis menuju pendekatan lanskap. Perlindungan jenis tetap penting, terutama untuk spesies yang terancam punah, endemik, atau memiliki peran ekologis kunci. Namun, perlindungan jenis harus disertai perlindungan habitat, koridor, zona penyangga, dan sistem sosial-ekonomi masyarakat. Tanpa habitat yang memadai, penyelamatan jenis hanya menjadi tindakan sementara.

Pendekatan lanskap menekankan bahwa kawasan konservasi, hutan produksi, perkebunan, lahan masyarakat, sempadan sungai, pesisir, dan ruang terbangun perlu dilihat sebagai satu kesatuan ekologis. Dalam pendekatan

ini, pengelolaan dilakukan melalui pemetaan habitat inti, identifikasi koridor ekologis, restorasi area kritis, pengurangan konflik, perlindungan sumber pakan, dan penguatan tata kelola lintas pihak. Pendekatan ini juga menuntut keterlibatan pemerintah, masyarakat adat, masyarakat lokal, dunia usaha, akademisi, lembaga konservasi, dan sektor pendidikan.

Pada lanskap terganggu, strategi pengelolaan dapat diarahkan pada beberapa agenda utama. Pertama, mempertahankan sisa habitat bernilai tinggi. Kedua, memulihkan habitat rusak melalui restorasi ekologis. Ketiga, membangun atau mempertahankan koridor satwa. Keempat, mengurangi gangguan langsung seperti perburuan, jerat, kebisingan, cahaya buatan, dan lalu lintas kendaraan. Kelima, mengembangkan sistem mitigasi konflik manusia-satwa. Keenam, menerapkan praktik produksi ramah biodiversitas pada perkebunan, pertanian, dan kehutanan. Ketujuh, memasukkan nilai konservasi dalam perencanaan tata ruang dan analisis dampak lingkungan.

Pada kawasan pesisir, pengelolaan perlu menekankan perlindungan ekosistem kunci seperti mangrove, lamun, terumbu karang, estuari, rawa payau, dan pantai peneluran. Restorasi mangrove harus dilakukan berdasarkan kesesuaian ekologis, bukan sekadar penanaman simbolik. Banyak kegagalan rehabilitasi mangrove terjadi karena pemilihan lokasi, jenis, hidrologi, dan kondisi sosial tidak diperhatikan. Restorasi yang berhasil harus mengembalikan fungsi ekologis, memperbaiki aliran air, mengurangi tekanan, dan memberi manfaat bagi masyarakat lokal.

Pengelolaan juga perlu memanfaatkan ilmu pengetahuan dan teknologi. Survei populasi, kamera jebak, GPS collar, drone, penginderaan jauh, sistem informasi geografis, analisis DNA lingkungan, akustik pasif, model kesesuaian habitat, dan pemodelan konflik dapat membantu pengelola memahami dinamika satwa dan habitat secara lebih akurat. Teknologi ini memungkinkan pengambilan keputusan berbasis bukti, terutama pada lanskap luas dan sulit dijangkau. Namun, teknologi bukan pengganti tata kelola. Data yang baik harus

diterjemahkan menjadi kebijakan, rencana aksi, pengawasan, dan perubahan perilaku.

Pendidikan konservasi juga memegang peran penting. Masyarakat perlu memahami bahwa satwa liar bukan musuh pembangunan, melainkan indikator kesehatan ekosistem. Generasi muda perlu dikenalkan pada pentingnya habitat, etika konservasi, bahaya perdagangan satwa ilegal, dan hubungan antara biodiversitas dengan kesejahteraan manusia. Pendidikan konservasi yang baik tidak hanya menyampaikan informasi, tetapi juga membangun kepedulian, kemampuan berpikir kritis, dan kemauan untuk terlibat dalam aksi nyata.

G. Penegasan Fokus Buku

Buku ini berangkat dari pemikiran bahwa pengelolaan satwa liar dan habitat tidak dapat lagi dilakukan secara parsial. Perlindungan satwa liar harus ditempatkan dalam konteks perubahan lanskap, tekanan pembangunan, kebutuhan masyarakat, dinamika hukum, dan krisis ekologis global. Fokus pada lanskap terganggu dan kawasan pesisir dipilih karena dua ruang ini menjadi arena penting konservasi masa kini. Di satu sisi, lanskap terganggu memperlihatkan bagaimana satwa liar harus bertahan dalam ruang yang telah berubah. Di sisi lain, kawasan pesisir menunjukkan bagaimana habitat darat-laut memiliki nilai ekologis besar sekaligus menghadapi tekanan pembangunan yang intensif.

Lanskap terganggu menunjukkan bahwa konservasi tidak hanya terjadi di kawasan yang masih utuh, tetapi juga di ruang yang telah berubah. Di sana terdapat tantangan sekaligus peluang. Tantangannya adalah fragmentasi, konflik, penurunan kualitas habitat, dan tekanan ekonomi. Peluangnya adalah restorasi, koridor ekologis, agroforestri, produksi ramah biodiversitas, dan keterlibatan masyarakat. Dengan perspektif ini, pengelolaan satwa liar tidak boleh berhenti pada perlindungan kawasan inti, tetapi harus menjangkau ruang penyangga, ruang produksi, dan ruang hidup masyarakat.

Kawasan pesisir menunjukkan bahwa konservasi satwa liar tidak dapat dipisahkan dari ekosistem transisi darat-

laut. Mangrove, lamun, terumbu karang, estuari, dan pantai merupakan habitat penting bagi berbagai jenis satwa, sekaligus ruang hidup masyarakat pesisir. Kerusakan pesisir berarti kerusakan habitat, penurunan perikanan, meningkatnya risiko bencana, dan hilangnya jasa ekosistem. Oleh karena itu, pengelolaan pesisir harus menggabungkan konservasi habitat, perlindungan satwa, ketahanan iklim, dan keberlanjutan mata pencaharian.

Dengan demikian, pengelolaan satwa liar dan habitat harus diarahkan pada prinsip keberlanjutan, keterhubungan ekologis, keadilan sosial, partisipasi masyarakat, dan adaptasi terhadap perubahan iklim. Pengelolaan tidak cukup hanya menjawab pertanyaan jenis apa yang harus dilindungi, tetapi juga habitat seperti apa yang harus dipulihkan, ruang hidup seperti apa yang harus dirancang, masyarakat seperti apa yang harus dilibatkan, dan model pembangunan seperti apa yang tidak menghancurkan fondasi ekologis kehidupan.

H. Penutup Bab

Pendahuluan ini menegaskan bahwa pengelolaan satwa liar dan habitat merupakan kebutuhan mendesak dalam menghadapi krisis keanekaragaman hayati, degradasi habitat, dan perubahan iklim. Satwa liar memiliki nilai ekologis, ekonomi, sosial, budaya, hukum, dan etis. Keberadaannya menjadi penanda kesehatan ekosistem dan keberlanjutan hubungan manusia dengan alam. Ketika satwa liar menurun atau menghilang dari suatu lanskap, hal itu tidak hanya menunjukkan hilangnya satu spesies, tetapi juga melemahnya fungsi ekologis yang menopang kehidupan.

Pada lanskap terganggu, pengelolaan satwa liar menuntut pendekatan yang adaptif karena habitat telah mengalami perubahan struktur dan fungsi. Fragmentasi, konflik manusia-satwa, perburuan, dan tumpang tindih tata guna lahan menjadi tantangan utama. Pada kawasan pesisir, pengelolaan harus memperhatikan dinamika ekosistem darat-laut, perlindungan mangrove, lamun, terumbu karang, estuari, pantai peneluran, serta keberlanjutan mata pencaharian masyarakat.

Oleh sebab itu, pengelolaan satwa liar dan habitat perlu dibangun di atas pendekatan lanskap, ilmu pengetahuan, hukum yang kuat, partisipasi masyarakat, restorasi ekologis, dan kesadaran etis bahwa manusia merupakan bagian dari sistem kehidupan, bukan penguasa tunggal atas alam. Bab-bab selanjutnya dapat diarahkan untuk membahas konsep dasar satwa liar dan habitat, karakteristik lanskap terganggu, ekologi kawasan pesisir, teknik inventarisasi dan monitoring, mitigasi konflik, restorasi habitat, kelembagaan pengelolaan, serta model pengelolaan terpadu berbasis masyarakat dan sains konservasi.

Tabel 1.1 Ringkasan tantangan pengelolaan satwa liar dan habitat

Aspek Tantangan	Contoh Permasalahan	Implikasi Pengelolaan
Habitat	Deforestasi, fragmentasi, konversi mangrove, degradasi lamun dan terumbu karang	Perlu perlindungan habitat inti, restorasi, dan koridor ekologis
Satwa liar	Penurunan populasi, konflik manusia-satwa, perburuan, perdagangan ilegal	Perlu monitoring populasi, mitigasi konflik, patroli, dan penegakan hukum
Sosial-ekonomi	Ketergantungan masyarakat pada hutan dan pesisir, tekanan pasar, konflik akses	Perlu konservasi berbasis masyarakat dan alternatif penghidupan berkelanjutan
Tata kelola	Tumpang tindih kewenangan, lemahnya data, pendanaan jangka pendek	Perlu koordinasi lintas sektor, pendanaan berkelanjutan, dan kebijakan berbasis data
Perubahan iklim	Abrasi, banjir rob, kekeringan, kebakaran, pemutihan karang	Perlu adaptasi iklim, perlindungan ekosistem karbon biru, dan pengurangan risiko bencana

Bab II

KONSEP DASAR SATWA LIAR DAN HABITAT

A. Pengertian Satwa Liar

1. Definisi dan Karakteristik Satwa Liar

Satwa liar merupakan komponen esensial dalam sistem ekologi yang berperan penting dalam menjaga stabilitas dan keberlanjutan ekosistem. Secara konseptual, satwa liar didefinisikan sebagai organisme hewan yang hidup secara alami di habitatnya tanpa mengalami proses domestikasi oleh manusia, serta mempertahankan pola perilaku, adaptasi fisiologis, dan interaksi ekologis yang terbentuk melalui proses evolusi (Alikodra, 2010; Primack, 2018). Berbeda dengan hewan domestik yang mengalami seleksi buatan, satwa liar berkembang melalui seleksi alam sehingga memiliki kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap dinamika lingkungan.

Dalam perspektif biologi konservasi, satwa liar memiliki karakteristik utama berupa kemampuan beradaptasi terhadap tekanan lingkungan, keterlibatan dalam interaksi ekologis yang kompleks, serta ketergantungan terhadap kondisi habitat alami. Adaptasi tersebut mencakup aspek morfologi, fisiologi, dan perilaku, yang memungkinkan spesies bertahan hidup dalam kondisi lingkungan yang beragam (Begon et al., 2006).

Dengan demikian, satwa liar tidak hanya dipahami sebagai entitas biologis semata, tetapi sebagai bagian integral dari sistem ekologi yang dinamis. Keberadaannya mencerminkan keseimbangan interaksi antara organisme dan lingkungannya, sehingga perubahan pada populasi satwa liar dapat menjadi indikator awal terganggunya ekosistem.

2. Satwa Liar sebagai Komponen Fungsional Ekosistem

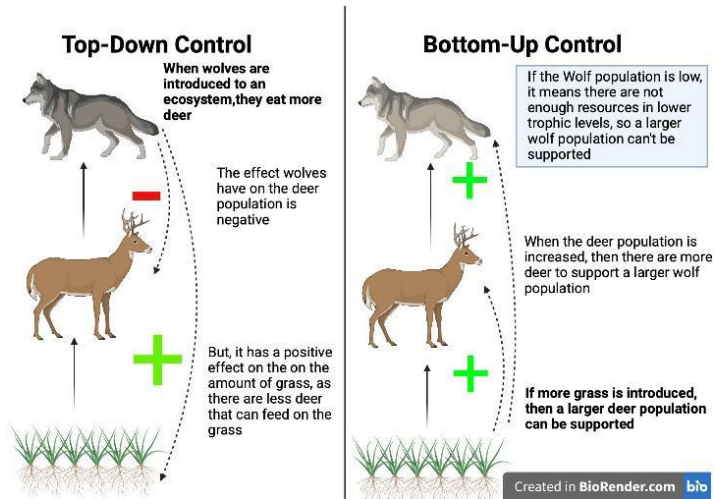
Dalam ekologi modern, satwa liar dipandang sebagai agen fungsional yang menentukan struktur dan proses ekosistem. Setiap spesies memiliki kontribusi tertentu dalam aliran energi dan siklus materi melalui posisinya dalam jaringan trofik (Odum & Barrett, 2005; Begon et al., 2006).

Konsep functional diversity menekankan bahwa keberagaman peran ekologis lebih penting dibandingkan sekadar jumlah spesies. Ekosistem dengan variasi fungsi yang tinggi cenderung lebih stabil karena memiliki banyak jalur alternatif dalam menjaga proses ekologis (Tilman et al., 2014; Díaz et al., 2016).

Sebagai contoh, beberapa spesies berperan sebagai penyerbuk, penyebar biji, atau predator yang mengatur populasi organisme lain. Kehilangan satu spesies dengan fungsi unik dapat memengaruhi proses ekologis secara luas, bukan hanya pada satu komponen saja. Implikasinya, konservasi modern perlu menekankan perlindungan fungsi ekologis satwa liar, bukan hanya jumlah spesies yang ada.

3. Peran Satwa Liar dalam Jaringan Trofik dan Trophic Cascade

Satwa liar berperan penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem melalui keterlibatannya dalam jaringan trofik, yaitu sistem hubungan makan- dimakan antarorganisme. Dalam sistem ini, setiap spesies menempati tingkat trofik tertentu yang menentukan perannya dalam aliran energi (Odum & Barrett, 2005).



Gambar 1. top-down control

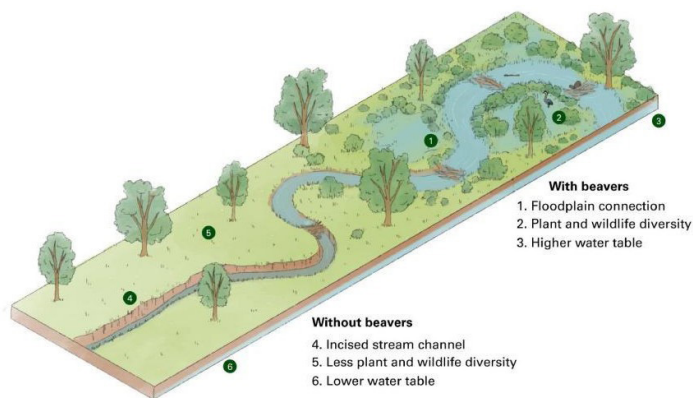
Dalam ekologi dikenal konsep top-down control, yaitu mekanisme ketika predator mengatur populasi tingkat trofik di bawahnya. Pengaruh ini tidak hanya bersifat kuantitatif (jumlah mangsa), tetapi juga perilaku dan distribusi organisme lain (Estes et al., 2011; Ripple et al., 2014).

Ketika predator puncak hilang, keseimbangan sistem terganggu dan dapat memicu trophic cascade, yaitu efek berantai dari tingkat trofik atas ke bawah. Dampaknya dapat memengaruhi struktur komunitas dan proses ekosistem secara keseluruhan. Fenomena ini menunjukkan bahwa peran satwa liar tidak hanya bersifat individual, tetapi terhubung dalam sistem ekologis yang lebih luas. Contohnya, hilangnya serigala di Yellowstone menyebabkan peningkatan populasi rusa yang berdampak pada penurunan vegetasi. Ketika predator kembali, sistem ekosistem mengalami pemulihan bertahap (Ripple & Beschta, 2012).

4. Satwa Liar sebagai Ecosystem Engineers

Selain berperan dalam jaringan trofik, beberapa satwa liar juga berfungsi sebagai ecosystem engineers, yaitu organisme yang secara aktif memodifikasi lingkungan fisik (Jones et al., 1994). Perubahan ini dapat berupa penggalan tanah,

pembentukan liang, atau penyebaran biji yang memengaruhi struktur habitat. Aktivitas tersebut dapat meningkatkan heterogenitas lingkungan dan menciptakan kondisi yang mendukung keberadaan spesies lain.



Gambar 2. Peran organisme sebagai ecosystem engineer dalam memodifikasi habitat.

Konsep ini akan berkaitan dengan dinamika relung dan habitat pada bagian berikutnya. Sebagai contoh, berang-berang dapat membangun bendungan yang mengubah aliran air dan menciptakan habitat baru bagi berbagai organisme akuatik dan terestrial. Implikasinya, keberadaan ecosystem engineers sangat penting dalam meningkatkan kompleksitas ekosistem. Hilangnya spesies ini dapat menyebabkan penyederhanaan struktur habitat dan penurunan keanekaragaman hayati.

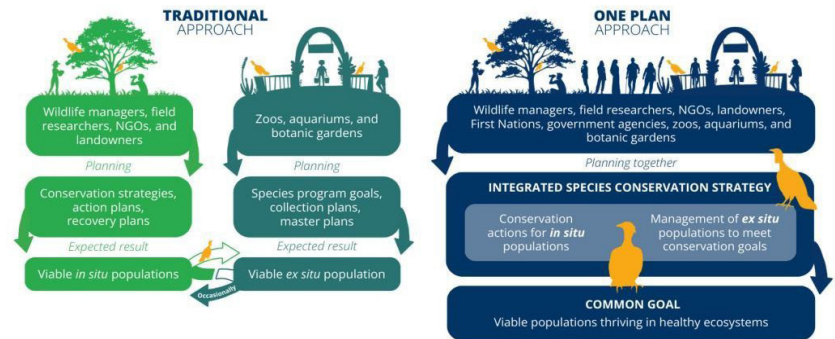
5. Satwa Liar dan Resiliensi Ekosistem

Keberadaan satwa liar juga berkaitan erat dengan konsep resiliensi ekosistem, yaitu kemampuan ekosistem untuk menyerap gangguan dan kembali ke kondisi stabil (Holling, 1973). Ekosistem dengan keanekaragaman spesies dan fungsi yang tinggi cenderung memiliki resiliensi yang lebih besar. Hal ini karena adanya redundansi fungsi, di mana beberapa spesies dapat menggantikan peran spesies lain jika terjadi gangguan (Folke et al., 2004).

6. Implikasi Konservasi : Pendekatan Berbasis Fungsi Ekosistem

Pemahaman satwa liar sebagai komponen fungsional membawa implikasi penting dalam strategi konservasi. Pendekatan tradisional yang berfokus pada perlindungan spesies tunggal dinilai kurang efektif dalam menjaga stabilitas ekosistem secara keseluruhan (Primack, 2014).

Sebaliknya, pendekatan berbasis ekosistem (*ecosystem-based approach*) menekankan pentingnya menjaga interaksi antar spesies, fungsi ekologis, serta proses ekosistem. Pendekatan ini juga mempertimbangkan keterkaitan antara manusia dan lingkungan dalam suatu sistem sosial-ekologis.



Gambar 3. Pendekatan konservasi berbasis ekosistem yang mengintegrasikan interaksi antara satwa liar, habitat, dan aktivitas manusia.

Dalam praktiknya, pendekatan ini diwujudkan melalui pengelolaan kawasan konservasi yang tidak hanya berfokus pada perlindungan spesies tertentu, tetapi juga pada pemeliharaan habitat, konektivitas lanskap, dan interaksi ekologis.

Contoh nyata kawasan konservasi seperti Pengelolaan Bentang Alam Leuser tidak hanya melindungi satu spesies, tetapi menjaga keberadaan berbagai satwa kunci seperti Orangutan Sumatera, Harimau Sumatera, dan Gajah Sumatera sekaligus mempertahankan fungsi hutan sebagai penyimpan karbon dan sumber kehidupan masyarakat lokal. Pendekatan

serupa juga diterapkan di berbagai kawasan dunia, di mana konservasi berbasis lanskap dan ekosistem terbukti lebih efektif dalam menjaga keanekaragaman hayati dibandingkan pendekatan yang bersifat parsial atau terisolasi (Díaz et al., 2016).

Implikasinya, konservasi modern harus bersifat integratif, adaptif, dan berbasis ilmu pengetahuan, dengan mempertimbangkan berbagai faktor ekologis, sosial, dan ekonomi secara simultan. Pendekatan ini memungkinkan tercapainya keseimbangan antara perlindungan lingkungan dan kebutuhan manusia, sehingga keberlanjutan ekosistem dapat terjaga dalam jangka panjang (IPBES, 2019; Sutherland, 2020).

B. Konsep Habitat dan Relung Ekologi

1. Pengertian Habitat dalam Perspektif Ekologi

Habitat merupakan ruang fisik yang menyediakan kondisi lingkungan yang diperlukan bagi organisme untuk bertahan hidup, tumbuh, dan bereproduksi. Habitat tidak hanya mencakup tempat tinggal secara geografis, tetapi juga seluruh faktor lingkungan yang mendukung kehidupan suatu spesies, baik faktor abiotik seperti suhu, kelembapan, cahaya, dan ketersediaan air, maupun faktor biotik seperti ketersediaan makanan, keberadaan predator, serta interaksi antarspesies (Odum & Barrett, 2005; Begon et al., 2006).

Dalam perspektif ekologi modern, habitat tidak lagi dipahami sebagai ruang yang statis, melainkan sebagai sistem yang dinamis dan kompleks. Habitat memiliki variasi spasial (perbedaan tempat) dan temporal (perbedaan waktu) yang memengaruhi distribusi dan kelimpahan organisme. Perubahan kondisi lingkungan, baik yang bersifat alami seperti musim, maupun akibat aktivitas manusia seperti deforestasi dan urbanisasi, dapat mengubah struktur dan kualitas habitat, sehingga berdampak langsung terhadap keberlangsungan hidup spesies (Fahrig, 2017; IPBES, 2019).

2. Kualitas dan Kesesuaian Habitat (Habitat Quality & Suitability)

Tidak semua habitat memiliki kemampuan yang sama dalam mendukung kehidupan organisme. Oleh karena itu, dalam kajian ekologi dikenal konsep kualitas habitat (habitat quality) dan kesesuaian habitat (habitat suitability) yang menjadi indikator penting dalam menentukan kelangsungan hidup suatu spesies (Morrison et al., 2012; Sutherland, 2020).

Kualitas habitat merujuk pada kemampuan suatu lingkungan dalam menyediakan kondisi optimal bagi organisme untuk bertahan hidup dan bereproduksi. Sementara itu, kesesuaian habitat menggambarkan tingkat kecocokan habitat terhadap kebutuhan spesifik suatu spesies, yang dapat berbeda antara satu spesies dengan lainnya.

Habitat dengan kualitas tinggi umumnya memiliki:

- a. ketersediaan makanan yang cukup
- b. kondisi lingkungan stabil
- c. tekanan predator yang seimbang

Sebaliknya, habitat yang terdegradasi dapat menyebabkan penurunan kualitas hidup organisme meskipun secara fisik masih tersedia.

Sebagai contoh, hutan yang mengalami penebangan selektif mungkin masih terlihat luas, tetapi kualitasnya menurun karena berkurangnya sumber makanan dan tempat berlindung. Implikasinya, konservasi tidak cukup hanya menjaga luas habitat, tetapi juga harus mempertahankan kualitas dan fungsi ekologisnya.

3. Konsep Relung Ekologi (Ecological Niche)

Relung ekologi merupakan konsep yang menjelaskan posisi dan peran suatu spesies dalam ekosistem. Hutchinson (1957) mendefinisikan relung sebagai ruang multidimensi (*n-dimensional hypervolume*) yang mencerminkan rentang toleransi organisme terhadap berbagai faktor lingkungan.

Relung ekologi mencakup:

- a. penggunaan sumber daya (makanan, ruang)
- b. waktu aktivitas (diurnal/nocturnal)
- c. interaksi dengan spesies lain

Dengan demikian, relung tidak hanya menjelaskan “di mana” organisme hidup, tetapi juga “bagaimana” organisme tersebut hidup.

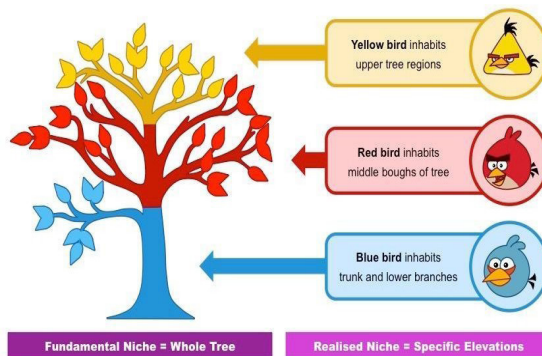
4. Fundamental Niche dan Realized Niche

Dalam kajian relung ekologi, terdapat dua konsep utama, yaitu

fundamental niche dan *realized niche* (Begon et al., 2006).

- a. **Fundamental niche** adalah kondisi ideal di mana suatu spesies dapat hidup tanpa adanya tekanan dari spesies lain.
- b. **Realized niche** adalah kondisi nyata yang ditempati spesies setelah mempertimbangkan interaksi biotik seperti kompetisi dan predasi.

Perbedaan antara kedua konsep ini menunjukkan bahwa distribusi spesies di alam sering kali lebih sempit dibandingkan potensi sebenarnya.



Gambar 4. Perbandingan antara fundamental niche dan realized niche suatu spesies.

5. Mekanisme Adaptasi : Niche Partitioning dan Character Displacement

Dalam ekosistem yang kompleks, spesies tidak hanya bersaing, tetapi juga beradaptasi untuk mengurangi tekanan kompetisi. Salah satu mekanisme utama adalah niche partitioning, yaitu pembagian sumber daya sehingga beberapa spesies dapat hidup berdampingan tanpa konflik yang signifikan (Schoener, 1974). Selain itu, *character displacement* menunjukkan bahwa spesies yang hidup berdampingan dapat mengalami perubahan morfologi atau perilaku untuk mengurangi tumpang tindih relung.

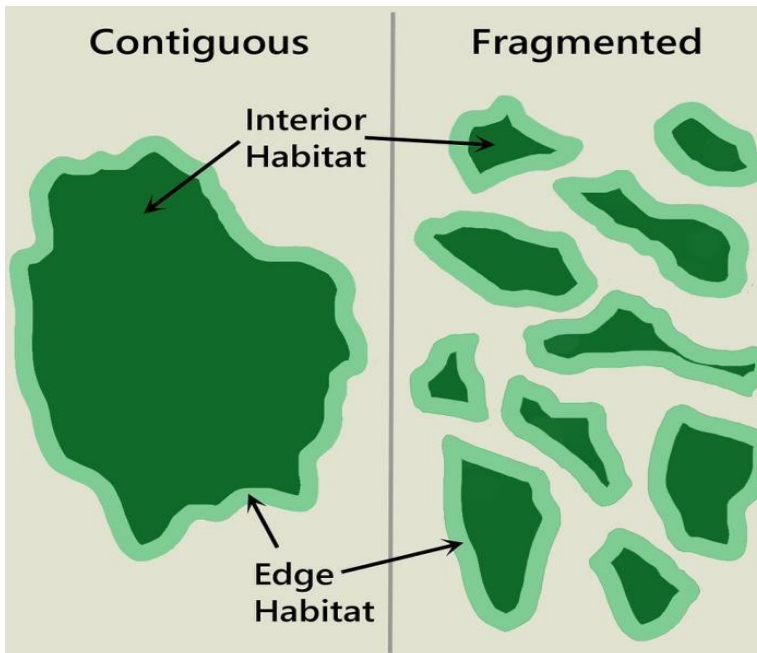
Sebagai contoh, burung dengan bentuk paruh berbeda dapat memanfaatkan jenis makanan yang berbeda meskipun hidup dalam habitat yang sama. Implikasinya, mekanisme ini meningkatkan keanekaragaman spesies dan stabilitas ekosistem.

6. Fragmentasi Habitat dan Penyempitan Relung

Fragmentasi habitat merupakan salah satu ancaman utama dalam ekologi modern yang terjadi ketika suatu habitat luas terpecah menjadi bagian-bagian kecil akibat aktivitas manusia, seperti pembangunan jalan, deforestasi, dan ekspansi lahan pertanian. Proses ini tidak hanya mengurangi luas habitat, tetapi juga mengubah struktur dan konektivitas lanskap, sehingga berdampak langsung terhadap distribusi dan kelangsungan hidup organisme (Fahrig, 2003; Haddad et al., 2015). Fragmentasi menyebabkan:

- a. Isolasi populasi
- b. Penurunan aliran genetik
- c. Penyempitan relung (*niche compression*)

Selain itu, fragmentasi juga meningkatkan efek tepi (*edge effect*), yang dapat mengubah kondisi iklim mikro dan komposisi spesies.



Gambar 7. fragmentasi habitat terhadap distribusi organisme dan efek tepi.

Ketika habitat terfragmentasi, ruang hidup spesies menjadi terbatas. Akibatnya, mereka tidak lagi dapat memanfaatkan seluruh sumber daya yang sebelumnya tersedia. Kondisi ini menyebabkan penyempitan relung, di mana spesies dipaksa bertahan dalam kondisi yang lebih sempit dan kurang optimal.

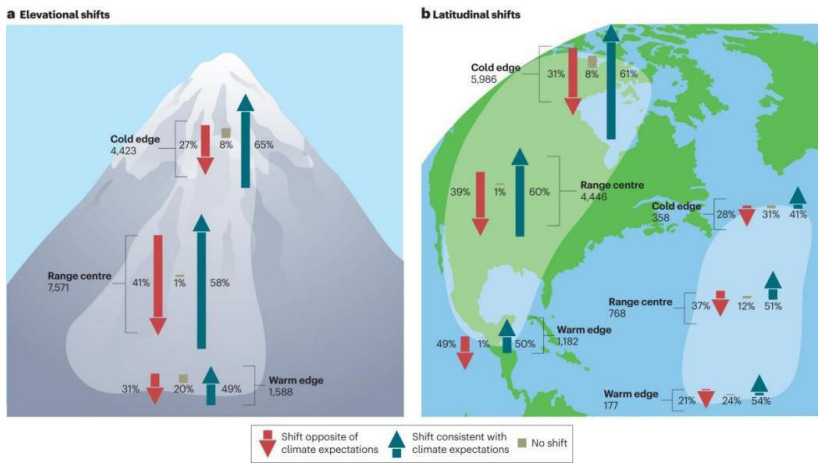
Sebagai contoh, Fragmentasi hutan di Sumatera akibat pembangunan jalan dan perkebunan menyebabkan populasi Harimau Sumatera terpisah dalam kelompok kecil. Hal ini menyulitkan pergerakan, menghambat reproduksi, dan meningkatkan risiko konflik dengan manusia (IPBES, 2019). Implikasinya, spesies dengan relung sempit (*specialist species*) akan lebih rentan terhadap kepunahan dibandingkan spesies yang memiliki relung luas (*generalist species*). Oleh karena itu, fragmentasi habitat tidak hanya mengurangi jumlah individu, tetapi juga mengganggu fungsi ekologis dan stabilitas ekosistem

secara keseluruhan. Dinamika relung ini menjadi dasar dalam memahami interaksi antarspesies pada bagian berikutnya.

7. Dinamika Relung: *Niche Shift* dalam Perubahan Lingkungan

Perubahan lingkungan, terutama akibat perubahan iklim, dapat menyebabkan pergeseran relung (*niche shift*), di mana spesies berpindah ke habitat baru yang lebih sesuai dengan kondisi lingkungannya (Parmesan & Yohe, 2003).

Fenomena ini menunjukkan bahwa relung ekologi bersifat dinamis dan dapat berubah seiring waktu. Namun, tidak semua spesies memiliki kemampuan adaptasi atau migrasi yang cukup cepat untuk mengikuti perubahan tersebut.



Gambar 8. Pergeseran relung (*niche shift*) akibat perubahan kondisi lingkungan.

Sebagai contoh, spesies yang hidup di daerah pegunungan mungkin terpaksa berpindah ke ketinggian yang lebih tinggi akibat peningkatan suhu. Implikasinya, perubahan lingkungan global dapat menyebabkan perubahan distribusi spesies dan meningkatkan risiko kepunahan, terutama bagi spesies dengan toleransi lingkungan yang sempit.

C. Dinamika Populasi Satwa Liar

1. Konsep Dasar Dinamika Populasi

Dinamika populasi satwa liar merupakan kajian mengenai perubahan jumlah individu dalam suatu populasi dari waktu ke waktu sebagai akibat interaksi antara organisme dan lingkungannya. Populasi bersifat dinamis, artinya selalu mengalami fluktuasi yang dipengaruhi oleh faktor biotik seperti predasi, kompetisi, dan penyakit, serta faktor abiotik seperti iklim, suhu, dan ketersediaan sumber daya (Primack, 2018; Sutherland, 2020). Perubahan ini mencerminkan kemampuan populasi dalam beradaptasi terhadap tekanan lingkungan yang terus berubah.

Secara klasik, terdapat empat parameter utama yang menentukan perubahan ukuran populasi, yaitu

- a. Natalitas (kelahiran),
- b. Mortalitas (kematian),
- c. Imigrasi (masuknya individu), dan
- d. Emigrasi (keluarnya individu) (Begon et al., 2006).

Keempat parameter ini saling berinteraksi dan menentukan apakah suatu populasi akan bertambah, berkurang, atau berada dalam kondisi stabil (Morris & Doak, 2019).

2. Faktor Internal Populasi

Selain faktor eksternal, dinamika populasi juga dipengaruhi oleh karakteristik internal populasi. Struktur umur menjadi salah satu faktor penting, karena populasi dengan proporsi individu usia produktif yang tinggi cenderung mengalami pertumbuhan yang lebih cepat (Morris & Doak, 2019). Sebaliknya, populasi yang didominasi oleh individu usia tua akan mengalami pertumbuhan yang lambat atau bahkan penurunan.

Rasio jenis kelamin juga berpengaruh terhadap keberhasilan reproduksi. Ketidakseimbangan antara jumlah jantan dan betina dapat menghambat proses perkembangbiakan (Primack, 2018). Selain itu, variabilitas genetik berperan dalam menentukan kemampuan populasi untuk beradaptasi terhadap perubahan lingkungan. Populasi dengan keragaman genetik rendah cenderung lebih rentan terhadap penyakit dan perubahan lingkungan ekstrem (Brook et al., 2017).

3. Model Pertumbuhan Populasi

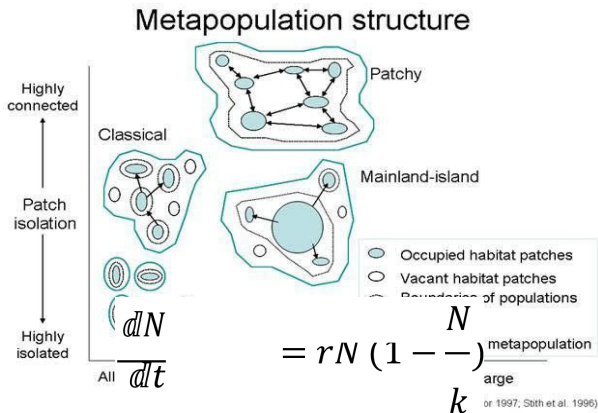
Model pertumbuhan populasi digunakan untuk menggambarkan pola perubahan jumlah individu dalam suatu populasi. Dalam kondisi ideal tanpa keterbatasan sumber daya, populasi dapat tumbuh secara eksponensial. Namun, kondisi tersebut jarang terjadi di alam karena adanya keterbatasan lingkungan (Begon et al., 2006).

Dalam kondisi nyata, pertumbuhan populasi mengikuti model logistik yang mempertimbangkan daya dukung lingkungan (carrying capacity/ K). Model ini menunjukkan bahwa pertumbuhan populasi akan melambat ketika mendekati kapasitas maksimum lingkungan akibat keterbatasan sumber daya seperti makanan, ruang, dan air (Morris & Doak, 2019; Primack, 2018).

Model tersebut menjelaskan bahwa laju pertumbuhan populasi dipengaruhi oleh ukuran populasi (N), laju pertumbuhan intrinsik (r), dan daya dukung lingkungan (K).

4. Konsep Metapopulasi

Konsep metapopulasi menjelaskan bahwa suatu populasi tidak selalu berada dalam satu habitat yang utuh, melainkan tersebar dalam beberapa subpopulasi yang terpisah akibat fragmentasi habitat (Hanski, 2016; Haddad et al., 2015). Setiap subpopulasi memiliki kemungkinan mengalami kepunahan lokal, namun dapat terbentuk kembali melalui proses kolonisasi dari subpopulasi lain.



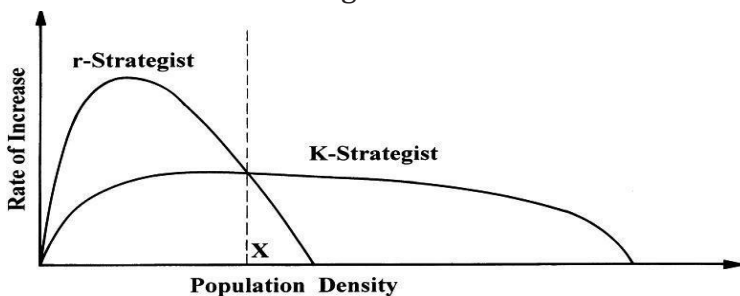
Gambar 6. populasi terbagi dalam beberapa patch habitat

Keberlangsungan metapopulasi sangat bergantung pada keseimbangan antara kepunahan lokal dan kolonisasi ulang. Jika konektivitas antar habitat terganggu, misalnya akibat aktivitas manusia seperti deforestasi, maka peluang kolonisasi akan menurun sehingga meningkatkan risiko kepunahan secara keseluruhan (Haddad et al., 2015).

5. Strategi Hidup Organisme (r dan K Strategist)

Strategi hidup organisme juga memengaruhi dinamika populasi. Spesies dengan strategi r (r-strategist) memiliki tingkat reproduksi tinggi, siklus hidup pendek, dan kemampuan adaptasi yang cepat terhadap perubahan lingkungan

(Begon et al., 2006). Namun, populasi spesies ini cenderung tidak stabil dan mudah mengalami fluktuasi.



Gambar 7. Contoh strategi hidup , r-strategist: reproduksi cepat, populasi fluktuatif K-strategist: reproduksi lambat, populasi stabil

Sebaliknya, spesies dengan strategi K (K-strategist) memiliki tingkat reproduksi rendah, umur panjang, dan populasi yang relatif stabil. Akan tetapi, spesies ini memiliki kemampuan pemulihan yang rendah ketika terjadi gangguan, sehingga lebih rentan terhadap ancaman kepunahan (Primack, 2018; Brook et al., 2017).

D. Interaksi Satwa Liar dengan Lingkungan

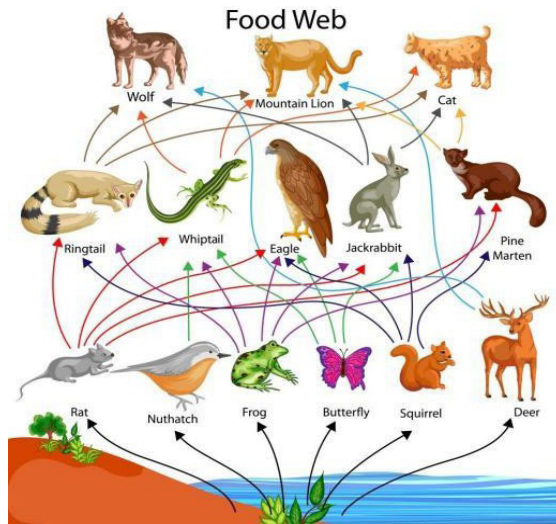
1. Konsep Dasar Interaksi Ekologis

Interaksi antara satwa liar dengan lingkungan merupakan fondasi utama dalam pembentukan struktur dan fungsi ekosistem. Interaksi ini mencakup hubungan antarorganisme (biotik) serta hubungan antara organisme dengan faktor fisik lingkungannya (abiotik). Dalam konteks biotik, interaksi seperti predasi, kompetisi, mutualisme, dan parasitisme membentuk jaringan hubungan yang kompleks dan dinamis, yang secara langsung memengaruhi kelangsungan hidup dan distribusi spesies (Odum & Barrett, 2005; Primack, 2018).

Interaksi tersebut tidak bersifat sederhana atau linear, melainkan saling terkait dalam suatu sistem yang terintegrasi. Misalnya, dalam hubungan predasi, keberadaan predator tidak hanya mengontrol populasi mangsa, tetapi juga dapat memengaruhi perilaku mangsa, pola distribusi, bahkan struktur vegetasi secara tidak langsung. Oleh karena itu, interaksi ekologis berperan penting dalam menjaga keseimbangan dan stabilitas ekosistem (Sutherland, 2020).

2. Jaringan Ekologi (Ecological Networks)

Dalam perspektif ekologi modern, interaksi antarorganisme dipahami sebagai bagian dari jaringan ekologi (ecological networks) yang saling terhubung dan membentuk suatu sistem yang kompleks. Jaringan ini mencakup hubungan trofik (rantai makanan) maupun non-trofik yang bersama-sama menentukan dinamika ekosistem (Thompson et al., 2017; Bascompte & Jordano, 2014). Jaringan ini menjadi penghubung antara dinamika populasi dan struktur lanskap.



Gambar 1. Jaringan trofik yang menunjukkan aliran energi dan hubungan antar organisme dalam ekosistem.

Setiap perubahan pada satu komponen dalam jaringan dapat memicu efek berantai (trophic cascade) yang memengaruhi keseluruhan sistem. Sebagai contoh, penurunan populasi predator puncak dapat menyebabkan peningkatan populasi herbivora, yang pada akhirnya mengakibatkan tekanan berlebih terhadap vegetasi dan menurunkan kualitas habitat. Fenomena ini menunjukkan bahwa stabilitas ekosistem sangat bergantung pada kekuatan dan keseimbangan interaksi dalam jaringan tersebut (Estes et al., 2016).

Selain itu, kompleksitas jaringan ekologi juga menentukan tingkat ketahanan (resilience) ekosistem terhadap gangguan. Ekosistem dengan jaringan interaksi yang lebih kompleks cenderung lebih stabil karena memiliki banyak jalur alternatif dalam mempertahankan fungsi ekologisnya (Thompson et al., 2017).

Salah satu contohnya adalah Penurunan populasi Harimau Sumatera akibat perburuan dan kehilangan habitat menyebabkan peningkatan populasi herbivora seperti rusa dan babi hutan. Hal ini berdampak pada kerusakan vegetasi

hutan dan menurunnya regenerasi tumbuhan, yang pada akhirnya mengganggu keseimbangan ekosistem hutan tropis (Dirzo et al., 2018; IPBES, 2019).

3. Peran Faktor Abiotik dalam Interaksi Satwa Liar

Faktor abiotik seperti suhu, curah hujan, cahaya, dan ketersediaan nutrisi memiliki peran penting dalam menentukan distribusi, perilaku, dan kelangsungan hidup satwa liar. Faktor-faktor ini tidak hanya memengaruhi organisme secara langsung, tetapi juga secara tidak langsung melalui perubahan pada habitat dan sumber daya (Begon et al., 2006; IPBES, 2019).

Perubahan kondisi lingkungan global, seperti perubahan iklim, telah menjadi salah satu faktor utama yang mengganggu keseimbangan interaksi ekologis. Perubahan suhu dan pola curah hujan dapat menggeser distribusi spesies, mengubah waktu reproduksi (fenologi), serta mengganggu hubungan antarspesies seperti antara predator dan mangsa atau penyerbuk dan tumbuhan (Dirzo et al., 2018; IPBES, 2019). Akibatnya, organisme dipaksa untuk beradaptasi, bermigrasi ke habitat baru, atau menghadapi risiko kepunahan apabila tidak mampu menyesuaikan diri dengan perubahan yang terjadi.

Contoh yang terjadi pada Populasi Beruang kutub di wilayah Arktik mengalami penurunan akibat mencairnya es laut sebagai habitat berburu. Berkurangnya es menyebabkan kesulitan dalam menangkap mangsa seperti anjing laut, sehingga memengaruhi kondisi fisik dan tingkat reproduksi beruang kutub (IPBES, 2019).

4. Ecosystem Engineering dan Modifikasi Lingkungan

Beberapa spesies memiliki kemampuan untuk secara aktif memodifikasi lingkungannya, yang dikenal sebagai ecosystem engineering. Spesies ini dapat mengubah struktur fisik habitat sehingga memengaruhi ketersediaan sumber daya bagi organisme lain (Jones et al., 2010; Wright & Jones, 2017).



Gambar 8. Berang-berang membangun bendungan yang mengubah aliran sungai menjadi habitat baru bagi berbagai spesies.

Namun, ketika perubahan lingkungan terjadi terlalu cepat misalnya akibat aktivitas manusia seperti deforestasi atau urbanisasi, kemampuan organisme untuk beradaptasi menjadi terbatas. Hal ini dapat menyebabkan ketidakseimbangan ekosistem dan bahkan keruntuhan fungsi ekologis tertentu (Brook et al., 2017).

E. Keanekaragaman Hayati dalam Perspektif Lanskap

1. Konsep Keanekaragaman Hayati dalam Lanskap

Ekologi lanskap menekankan bahwa keanekaragaman hayati ditentukan oleh pola spasial, konektivitas, dan interaksi antar habitat dalam suatu sistem yang saling terhubung. Dalam perspektif ekologi lanskap, keanekaragaman hayati tidak hanya diukur berdasarkan jumlah spesies (*diversitas taksonomi*), tetapi juga mencakup pola distribusi spasial, struktur habitat, serta tingkat konektivitas antar ekosistem. Artinya, bagaimana spesies tersebar dan saling terhubung dalam suatu lanskap menjadi faktor penting dalam menentukan stabilitas ekosistem (Forman, 1995; Turner et al., 2001; Fahrig, 2017).

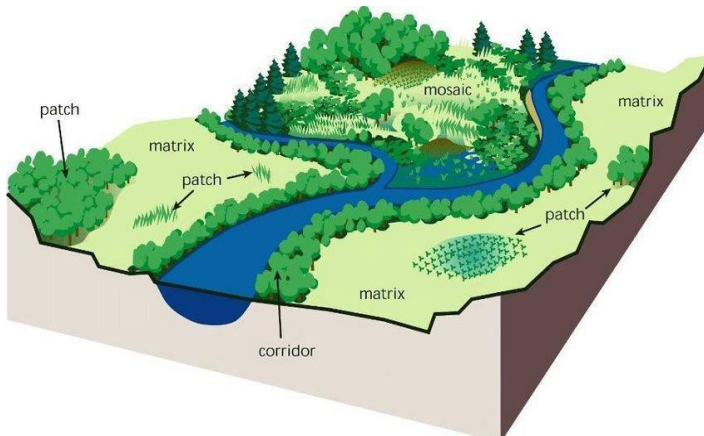
Pendekatan ini menekankan bahwa suatu ekosistem tidak berdiri sendiri, melainkan merupakan bagian dari sistem yang lebih luas dan saling terhubung. Interaksi antar bagian lanskap memungkinkan terjadinya aliran energi, materi, dan organisme, sehingga perubahan pada satu area dapat memberikan dampak terhadap area lain. Oleh karena itu, gangguan lokal seperti deforestasi atau konversi lahan dapat memicu perubahan skala besar pada keanekaragaman hayati.

Di Sumatera, fragmentasi hutan akibat ekspansi perkebunan kelapa sawit menyebabkan penurunan keanekaragaman hayati secara signifikan. Spesies seperti Orangutan Sumatera sangat bergantung pada hutan primer dengan konektivitas yang baik. Ketika habitat terfragmentasi, pergerakan menjadi terbatas, sumber makanan berkurang, dan risiko kepunahan meningkat (IPBES, 2019). Selain itu, fragmentasi lanskap juga menyebabkan isolasi populasi dan menurunnya aliran genetik, yang pada akhirnya dapat mengurangi kemampuan adaptasi spesies terhadap perubahan lingkungan. Hal ini menunjukkan bahwa keanekaragaman hayati tidak hanya dipengaruhi oleh jumlah spesies, tetapi juga oleh kualitas lanskap dan tingkat keterhubungannya.

Implikasinya, upaya konservasi harus mempertimbangkan pendekatan berbasis lanskap yang menekankan pentingnya menjaga konektivitas habitat, integritas ekosistem, dan distribusi spasial spesies. Tanpa pendekatan ini, perlindungan spesies secara parsial tidak akan cukup untuk menjaga keberlanjutan ekosistem dalam jangka panjang.

2. Struktur Lanskap: Patch, Koridor, dan Matriks

Dalam ekologi lanskap, suatu wilayah dipahami sebagai mosaik ruang yang terdiri dari tiga elemen utama, yaitu patch, koridor, dan matriks. Ketiga elemen ini membentuk struktur lanskap yang menentukan bagaimana organisme hidup, bergerak, dan berinteraksi dalam suatu ekosistem (Forman, 1995; Turner et al., 2001).



Gambar E.2 Struktur lanskap yang terdiri atas patch, koridor, dan matriks dalam ekologi lanskap (Sumber: Forman, 1995).

Dalam ekologi lanskap, struktur wilayah digambarkan sebagai mosaik yang terdiri dari Secara konseptual:

- a. Patch (petak habitat) merupakan area utama tempat organisme hidup, seperti hutan atau padang rumput, yang menyediakan sumber daya penting seperti makanan dan tempat berlindung.
- b. Koridor berfungsi sebagai jalur penghubung antar patch yang memungkinkan pergerakan organisme, migrasi, serta pertukaran genetik antar populasi.
- c. Matriks adalah area di luar habitat utama, seperti lahan pertanian atau permukiman, yang dapat bersifat menghambat (*barrier*) atau mendukung (*permeable*) pergerakan organisme.

Interaksi antara ketiga elemen ini menentukan tingkat konektivitas lanskap, yaitu sejauh mana organisme dapat bergerak antar habitat. Konektivitas yang baik memungkinkan:

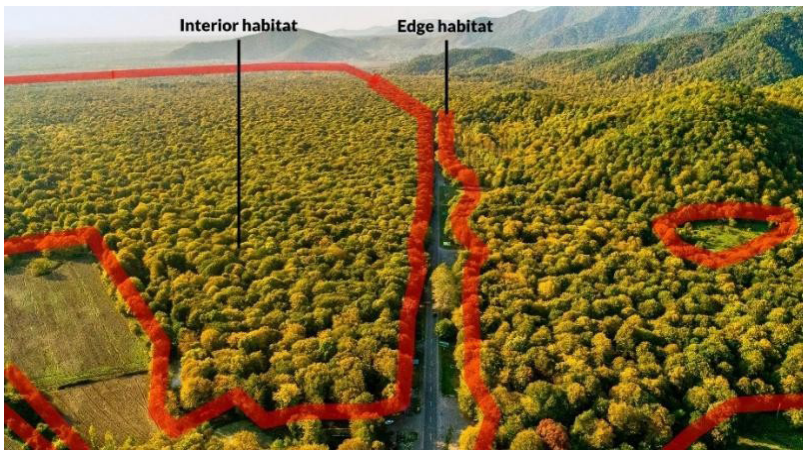
- a. perpindahan individu secara bebas
- b. terjadinya aliran genetik (*gene flow*)
- c. pemanfaatan sumber daya yang lebih optimal

Sebaliknya, rendahnya konektivitas menyebabkan isolasi populasi yang berpotensi menurunkan keanekaragaman genetik dan meningkatkan risiko kepunahan (Taylor et al., 2016; Fahrig, 2017). Contohnya seperti pembangunan koridor satwa di Taman Nasional Way Kambas bertujuan menjaga jalur pergerakan Gajah Sumatera agar tidak terisolasi akibat fragmentasi habitat. Koridor ini memungkinkan gajah berpindah antar patch hutan, sehingga mengurangi konflik dengan manusia sekaligus menjaga keberlanjutan populasi.

Implikasinya, dalam konservasi modern, pengelolaan lanskap tidak hanya berfokus pada perlindungan patch habitat, tetapi juga pada pembangunan koridor dan peningkatan kualitas matriks. Pendekatan ini penting untuk menjaga konektivitas ekosistem dan memastikan keberlanjutan keanekaragaman hayati dalam jangka panjang.

4. Fragmentasi Habitat dan Dampaknya

Fragmentasi habitat merupakan proses terpecahnya habitat menjadi bagian-bagian kecil akibat aktivitas manusia seperti deforestasi, urbanisasi, dan pembangunan infrastruktur. Fragmentasi menyebabkan berkurangnya luas habitat, meningkatnya isolasi populasi, serta menurunnya keanekaragaman hayati (Haddad et al., 2015; Fahrig, 2017).



Gambar E.3 Fragmentasi habitat yang terisolasi serta munculnya efek tepi (*edge effect*) (Sumber: Haddad et al., 2015).

Dampak paling krusial dari fragmentasi adalah terganggunya konektivitas habitat, yang menghambat pergerakan organisme antar patch. Akibatnya, individu sulit mencari pasangan, sumber makanan, maupun habitat baru, sehingga meningkatkan risiko kepunahan lokal (*local extinction*).

Contoh Fragmentasi hutan Amazon akibat pembukaan lahan menyebabkan penurunan keanekaragaman burung dan mamalia, serta meningkatnya spesies invasif yang lebih toleran terhadap gangguan (Haddad et al., 2015). Implikasinya, fragmentasi habitat tidak hanya mengurangi keanekaragaman hayati secara kuantitatif, tetapi juga mengganggu keseimbangan ekosistem secara keseluruhan. Oleh karena itu, upaya konservasi harus menekankan pada pemulihan konektivitas lanskap, perlindungan habitat yang tersisa, serta pengelolaan matriks lingkungan untuk meminimalkan dampak fragmentasi (Fahrig, 2017; IPBES, 2019).

5. Edge Effect dan Perubahan Komposisi Spesies

Fragmentasi habitat juga menimbulkan edge effect, yaitu perubahan kondisi lingkungan di tepi habitat, seperti peningkatan cahaya, suhu, dan angin. Kondisi ini menyebabkan perubahan komposisi spesies, di mana spesies yang sensitif terhadap gangguan cenderung menghilang, sedangkan spesies oportunistik menjadi dominan (Murcia, 1995; Haddad et al., 2015). Efek tepi juga dapat meningkatkan tekanan ekologis seperti predasi, gangguan manusia, dan perubahan iklim mikro yang lebih ekstrem dibandingkan bagian inti habitat.

Contoh Di hutan yang berbatasan dengan perkebunan, populasi burung hutan dalam menurun, sementara spesies burung umum yang toleran terhadap gangguan justru meningkat.

6. Perubahan Global dan Tekanan terhadap Keanekaragaman Hayati

Perubahan penggunaan lahan dan perubahan iklim menjadi dua faktor utama yang mempercepat hilangnya keanekaragaman hayati secara global. Perubahan ini memengaruhi distribusi spesies, waktu reproduksi, serta interaksi antarorganisme (IPBES, 2019; Dirzo et al., 2018). Di wilayah Arktik, mencairnya es laut mengancam habitat Beruang kutub dan mengganggu rantai makanan di ekosistem tersebut.

7. Pendekatan Konservasi Berbasis Lanskap

Pendekatan konservasi modern menekankan pentingnya menjaga konektivitas habitat dalam skala lanskap. Konservasi tidak lagi dilakukan secara terisolasi, tetapi mempertimbangkan hubungan antar ekosistem dan pergerakan spesies (Sutherland, 2020). Pendekatan ini sering dikaitkan dengan konsep socio-ecological system, di mana manusia dipandang sebagai bagian dari sistem yang berinteraksi dengan lingkungan. Oleh karena itu, aspek sosial, ekonomi, dan ekologi harus diintegrasikan dalam pengelolaan sumber daya alam (IPBES, 2019). Pendekatan lanskap menegaskan bahwa konservasi tidak dapat dilakukan pada tingkat spesies atau habitat saja, tetapi harus mempertimbangkan konektivitas antar sistem ekologis.

Contoh yang ada di Pengelolaan kawasan Bentang Alam Leuser mengintegrasikan konservasi satwa, perlindungan hutan, serta kebutuhan masyarakat lokal untuk menjaga keberlanjutan ekosistem.

Bab III

EKOLOGI LANSKAP TERGANGGU

A. Definisi Lanskap Terganggu

1. Pengertian Lanskap Terganggu

Lanskap merupakan suatu bentang alam yang memiliki ciri dan karakteristik tertentu dimana keberadaan lanskap tersebut dapat dinikmati keberadaanya melalui indera yang dimiliki manusia. Menurut Wibisono (2008), lanskap adalah suatu areal lahan atau daratan yang memiliki kualitas visual bentukan lahan, formasi batuan, elemen air, dan pola tanaman yang berbeda. Sebuah lanskap memiliki karakteristik yang mencerminkan ciri khas dari sebuah lanskap. Beberapa ciri khas dan karakter dalam sebuah lanskap antar lain adanya harmoni atau kesatuan diantara elemen-elemen alam seperti : ground forms, formasi batuan, vegetasi, dan kehidupan satwa (*animal life*).



Sedangkan menurut Purwanto (2007) lanskap adalah wajah dan karakter lahan atau tapak dari bagian muka bumi dengan segala kehidupan dan apa saja yang ada didalamnya, baik yang bersifat alami maupun buatan manusia. Lanskap merupakan bagian atau total lingkungan dan hidup manusia beserta makhluk hidup lainnya, sejauh mata memandang sejauh segenap indra kita dapat menangkap dan sejauh imajinasi kita dapat membayangkan. Dalam bukunya, Simond dan Starke (2006) menambahkan bahwa lanskap adalah suatu bentang alam dengan karakteristik tertentu yang dapat dinikmati oleh seluruh indera manusia.

Lanskap terganggu merupakan suatu bentang alam yang mengalami perubahan dari kondisi alaminya akibat adanya gangguan tertentu yang memengaruhi sistem ekologi di dalamnya. Gangguan tersebut dapat mengubah kondisi lingkungan sehingga keseimbangan yang sebelumnya terbentuk dalam ekosistem menjadi mengalami pergeseran. Dengan demikian, lanskap terganggu tidak lagi mencerminkan kondisi alami yang stabil seperti sebelum adanya gangguan. (Turner, et al, 2001)

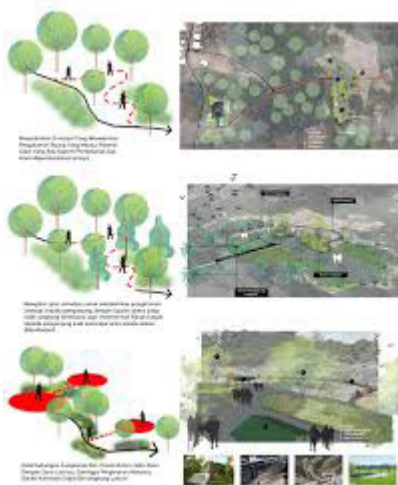
Dalam perspektif ekologi lanskap, suatu wilayah dipahami sebagai kesatuan ruang yang tersusun atas berbagai komponen yang saling berinteraksi. Ketika gangguan terjadi, interaksi tersebut mengalami perubahan baik dalam pola maupun intensitasnya. Hal ini menyebabkan lanskap mengalami penyesuaian terhadap kondisi baru yang terbentuk akibat adanya tekanan terhadap sistem lingkungan.

Selain itu, lanskap terganggu tidak selalu berarti kerusakan total, melainkan lebih menunjukkan adanya perubahan kondisi dari keadaan awal. Perubahan tersebut dapat bersifat sementara maupun berkelanjutan, tergantung pada tingkat gangguan yang terjadi. Oleh karena itu, lanskap terganggu dapat dipahami sebagai kondisi bentang alam yang mengalami perubahan akibat gangguan terhadap keseimbangan ekologis

2. Lanskap Terganggu sebagai Perubahan Kondisi Ekosistem

Lanskap terganggu dapat diartikan sebagai bentuk perubahan kondisi ekosistem dari keadaan awal menuju kondisi yang berbeda akibat adanya gangguan. Perubahan ini mencerminkan adanya transformasi dalam sistem lingkungan yang memengaruhi berbagai komponen yang ada di dalamnya. Dengan demikian, lanskap terganggu menjadi indikator adanya dinamika perubahan dalam ekosistem.

Perubahan kondisi tersebut tidak hanya terlihat secara fisik, tetapi juga terjadi pada proses-proses ekologis yang berlangsung di dalam ekosistem. Misalnya, perubahan dalam aliran energi, siklus nutrien, serta hubungan antarorganisme yang ada dalam suatu wilayah. Hal ini menunjukkan bahwa lanskap terganggu mencerminkan perubahan yang menyeluruh dalam sistem lingkungan, baik secara struktural maupun fungsional. (Odum, et al, 2005)



Selain itu, perubahan kondisi ekosistem ini juga menunjukkan bahwa lingkungan bersifat dinamis dan dapat mengalami transformasi dari waktu ke waktu. Lanskap terganggu merupakan bagian dari proses tersebut, di mana ekosistem merespons gangguan dengan cara menyesuaikan diri terhadap kondisi yang baru.

Dengan demikian, lanskap terganggu dapat dipahami sebagai representasi perubahan kondisi ekosistem yang terjadi akibat adanya gangguan yang memengaruhi keseimbangan lingkungan secara keseluruhan.²

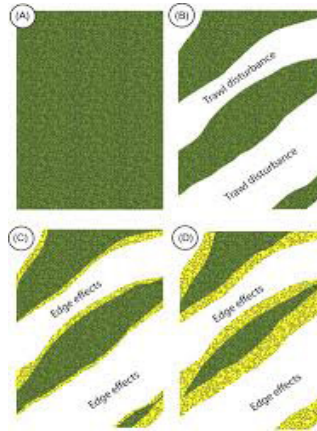
3. Lanskap Terganggu dalam Perspektif Struktur dan Fungsi

Dalam kajian ekologi, lanskap terganggu dapat didefinisikan melalui perubahan pada struktur dan fungsi ekosistem. Struktur ekosistem mencakup susunan fisik seperti vegetasi, organisme, serta kondisi lingkungan yang membentuk suatu bentang alam. Ketika terjadi gangguan, struktur ini mengalami perubahan yang dapat memengaruhi komposisi dan distribusi unsur-unsur dalam lanskap tersebut.

Sementara itu, fungsi ekosistem berkaitan dengan proses-proses yang berlangsung di dalamnya, seperti aliran energi, siklus nutrien, serta interaksi antar makhluk hidup. Gangguan yang terjadi pada lanskap dapat menyebabkan perubahan dalam proses-proses tersebut, sehingga fungsi ekosistem tidak berjalan sebagaimana kondisi awalnya. Hal ini menunjukkan bahwa gangguan tidak hanya memengaruhi bentuk fisik, tetapi juga proses ekologis yang terjadi di dalamnya.

Perubahan struktur dan fungsi ini berlangsung secara bersamaan dan saling memengaruhi satu sama lain. Ketika struktur mengalami perubahan, fungsi ekosistem juga akan menyesuaikan terhadap kondisi yang baru. Oleh karena itu, lanskap terganggu dapat dipahami sebagai kondisi di mana terjadi perubahan terpadu antara struktur dan fungsi ekosistem akibat adanya gangguan. (Forman, 1995)

4. Lanskap Terganggu sebagai Bagian dari Dinamika Ekologi



Dalam ilmu ekologi, lanskap terganggu merupakan bagian dari dinamika ekosistem yang terus mengalami perubahan dari waktu ke waktu. Ekosistem tidak bersifat statis, melainkan selalu mengalami proses perubahan sebagai respons terhadap berbagai faktor lingkungan. Gangguan menjadi salah satu faktor yang memicu terjadinya perubahan tersebut dalam suatu lanskap.

Gangguan yang terjadi tidak selalu bersifat merusak secara permanen, karena dalam beberapa kondisi dapat menjadi bagian dari proses alami dalam ekosistem. Perubahan yang terjadi akibat gangguan dapat mencerminkan adanya proses penyesuaian atau adaptasi terhadap kondisi lingkungan yang baru. Hal ini menunjukkan bahwa lanskap terganggu juga berkaitan dengan kemampuan ekosistem dalam merespons perubahan.

Selain itu, lanskap terganggu dapat menggambarkan bagaimana suatu sistem ekologi bereaksi terhadap tekanan yang terjadi di dalamnya. Respons tersebut dapat berupa perubahan dalam komposisi organisme maupun dalam pola interaksi antar komponen ekosistem. (Pickett & White, 2005)

Dengan demikian, lanskap terganggu tidak hanya dipahami sebagai bentuk perubahan yang negatif, tetapi juga sebagai bagian dari proses dinamika ekologi yang terus berlangsung dalam suatu lingkungan.

5. Lanskap Terganggu dalam Konteks Skala Ruang dan Waktu

Lanskap terganggu juga berkaitan dengan dimensi ruang dan waktu, karena gangguan yang terjadi dapat memiliki cakupan wilayah dan durasi yang berbeda-beda. Dalam konteks ruang, gangguan dapat terjadi pada area yang sempit maupun luas, tergantung pada intensitas dan jenis gangguan yang terjadi. Hal ini menunjukkan bahwa lanskap terganggu tidak dapat dipahami tanpa mempertimbangkan skala ruang. (J.A Wiens, 2002)

Dalam skala ruang yang kecil, gangguan mungkin hanya memengaruhi sebagian kecil wilayah tanpa mengubah keseluruhan lanskap. Namun, dalam skala yang lebih luas, gangguan dapat memengaruhi struktur dan fungsi ekosistem secara menyeluruh. Oleh karena itu, pemahaman terhadap lanskap terganggu perlu memperhatikan luas wilayah yang terdampak.

Selain itu, faktor waktu juga sangat penting dalam memahami lanskap terganggu. Beberapa gangguan terjadi dalam waktu singkat, sementara yang lain berlangsung dalam jangka panjang dan memerlukan waktu lama untuk pulih. Dengan demikian, lanskap terganggu merupakan konsep yang mencerminkan dinamika perubahan dalam ruang dan waktu.

6. Lanskap Terganggu sebagai Konsep dalam Pengelolaan Lingkungan

Dalam konteks pengelolaan lingkungan, lanskap terganggu digunakan sebagai konsep untuk memahami kondisi suatu wilayah yang telah mengalami perubahan dari keadaan alaminya. Konsep ini membantu dalam mengidentifikasi tingkat gangguan serta karakteristik perubahan yang terjadi dalam suatu ekosistem. Dengan demikian, lanskap terganggu

menjadi dasar dalam memahami kondisi lingkungan secara lebih komprehensif.

Pemahaman terhadap lanskap terganggu sangat penting dalam menentukan pendekatan pengelolaan yang tepat. Dengan mengetahui kondisi lanskap yang telah mengalami perubahan, maka langkah-langkah pengelolaan dapat disesuaikan dengan kebutuhan lingkungan yang ada, baik dalam bentuk perlindungan maupun pemulihan ekosistem.

Selain itu, konsep ini juga menekankan pentingnya keseimbangan antara pemanfaatan sumber daya alam dan kelestarian lingkungan. Oleh karena itu, lanskap terganggu menjadi salah satu konsep penting dalam mendukung pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan

B. Bentuk-Bentuk Gangguan pada Lanskap

1. Gangguan Alami (*Natural Disturbance*)

Gangguan alami merupakan bentuk gangguan yang terjadi akibat proses-proses alam tanpa campur tangan manusia. Gangguan ini merupakan bagian dari dinamika alami ekosistem yang telah berlangsung sejak lama dan berperan dalam membentuk karakter suatu lanskap. Contoh gangguan alami meliputi kebakaran hutan alami, banjir, badai, gempa bumi, dan letusan gunung berapi.

Gangguan alami biasanya terjadi secara periodik atau mengikuti pola tertentu yang berkaitan dengan kondisi lingkungan. Dalam banyak kasus, gangguan ini memiliki peran dalam memperbaharui ekosistem, misalnya dengan membuka ruang bagi pertumbuhan vegetasi baru atau mengubah struktur habitat. Oleh karena itu, gangguan alami sering dianggap sebagai bagian dari siklus ekologis. (Pickett & White, 2005)

Meskipun demikian, intensitas dan frekuensi gangguan alami dapat memengaruhi tingkat perubahan pada lanskap. Gangguan yang terjadi dalam skala kecil biasanya tidak menyebabkan perubahan besar, tetapi gangguan dengan

intensitas tinggi dapat mengubah struktur lanskap secara signifikan.

Dengan demikian, gangguan alami merupakan salah satu bentuk gangguan yang mencerminkan proses alami dalam dinamika ekosistem dan berkontribusi terhadap perubahan lanskap dari waktu ke waktu.

2. Gangguan Akibat Aktivitas Manusia (*Antropogenik*)

Gangguan antropogenik merupakan bentuk gangguan yang disebabkan oleh aktivitas manusia dalam memanfaatkan sumber daya alam. Bentuk gangguan ini semakin meningkat seiring dengan perkembangan jumlah penduduk dan kebutuhan ekonomi yang terus bertambah. Aktivitas seperti penebangan hutan, urbanisasi, pertambangan, dan pembangunan infrastruktur menjadi faktor utama yang menyebabkan perubahan lanskap. (Turner, et al, 2001)

Gangguan yang berasal dari aktivitas manusia umumnya bersifat lebih cepat dan intensif dibandingkan gangguan alami. Hal ini disebabkan oleh skala kegiatan manusia yang luas serta penggunaan teknologi yang mampu mengubah lingkungan dalam waktu singkat. Akibatnya, perubahan lanskap yang terjadi sering kali berlangsung secara drastis.

Selain itu, gangguan antropogenik sering kali tidak mengikuti pola alami ekosistem, sehingga dapat menyebabkan ketidakseimbangan lingkungan. Perubahan yang terjadi cenderung sulit dipulihkan secara alami, terutama jika gangguan berlangsung secara terus-menerus. Dengan demikian, gangguan akibat aktivitas manusia merupakan bentuk gangguan yang memiliki pengaruh besar terhadap perubahan lanskap dan menjadi salah satu faktor utama dalam transformasi lingkungan saat ini. (Turner, et al, 2001)

3. Gangguan Fisik pada Lanskap

Gangguan fisik merupakan bentuk gangguan yang secara langsung memengaruhi kondisi fisik suatu lanskap. Gangguan ini dapat berupa perubahan pada permukaan tanah, struktur lahan, maupun bentuk bentang alam secara keseluruhan.

Contohnya termasuk erosi, longsor, serta perubahan morfologi wilayah akibat aktivitas tertentu.

Perubahan fisik pada lanskap sering kali terlihat secara langsung melalui perubahan bentuk permukaan bumi. Hal ini dapat mengakibatkan terjadinya perubahan dalam distribusi vegetasi maupun kondisi habitat yang ada di dalamnya. Gangguan fisik ini juga dapat memengaruhi kestabilan lingkungan secara keseluruhan. (Arsyad, 2010)

Selain itu, gangguan fisik sering berkaitan dengan perubahan dalam sistem hidrologi, seperti aliran air dan tingkat kelembapan tanah. Perubahan ini dapat memengaruhi kondisi lingkungan yang lebih luas, sehingga berdampak pada berbagai komponen ekosistem.

4. Gangguan Kimia pada Lanskap



Gangguan kimia merupakan bentuk gangguan yang berkaitan dengan perubahan komposisi kimia dalam lingkungan. Gangguan ini biasanya terjadi akibat masuknya zat-zat tertentu ke dalam ekosistem, baik secara alami maupun akibat aktivitas manusia. Contohnya meliputi pencemaran air, tanah, dan udara oleh bahan kimia.

Perubahan komposisi kimia ini dapat memengaruhi kualitas lingkungan, seperti menurunnya kesuburan tanah atau tercemarnya sumber air. Hal ini menunjukkan bahwa gangguan kimia tidak hanya memengaruhi satu komponen, tetapi dapat berdampak pada keseluruhan sistem ekologi dalam suatu lanskap.

Selain itu, gangguan kimia juga dapat memengaruhi interaksi antarorganisme dalam ekosistem. Perubahan kualitas lingkungan dapat mengubah kondisi habitat sehingga memengaruhi keberlangsungan hidup organisme yang ada di dalamnya. Dengan demikian, gangguan kimia merupakan bentuk gangguan yang berfokus pada perubahan komposisi zat dalam lingkungan yang memengaruhi kondisi ekosistem secara menyeluruh. (Soemarwoto, 2004)

5. Gangguan Biologis pada Lanskap

Gangguan biologis merupakan bentuk gangguan yang berkaitan dengan perubahan pada komponen makhluk hidup dalam suatu lanskap. Gangguan ini dapat terjadi akibat perubahan populasi, masuknya spesies baru, atau hilangnya spesies tertentu dalam ekosistem. Hal ini menunjukkan bahwa gangguan biologis berfokus pada dinamika organisme dalam suatu wilayah.

Perubahan dalam komponen biologis dapat memengaruhi keseimbangan ekosistem, karena setiap organisme memiliki peran dalam jaringan kehidupan. Ketika terjadi perubahan pada salah satu komponen, maka interaksi antarorganisme juga akan mengalami penyesuaian. (Z.D. Irwan, 2007)

Selain itu, gangguan biologis juga dapat mengubah struktur komunitas dalam ekosistem. Perubahan ini dapat memengaruhi keberadaan spesies lain serta hubungan yang terbentuk di dalamnya. Oleh karena itu, gangguan biologis memiliki peran penting dalam menentukan kondisi lanskap secara keseluruhan.

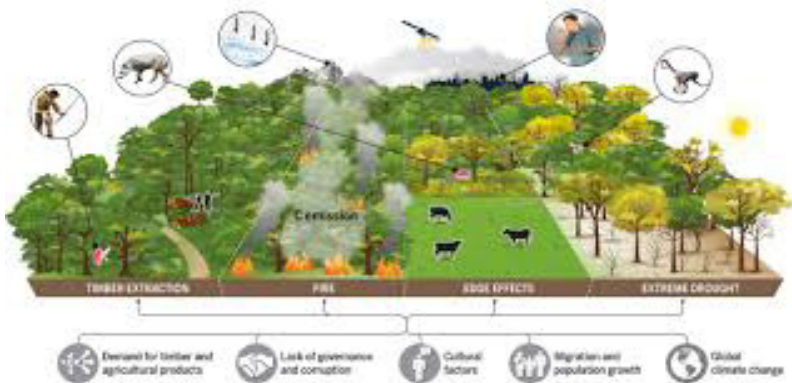
6. Gangguan Skala Besar dan Kecil (*Spatial Disturbance*)

Gangguan pada lanskap juga dapat dibedakan berdasarkan skala ruangnya, yaitu gangguan skala kecil dan skala besar. Gangguan skala kecil biasanya terjadi pada area terbatas dan hanya memengaruhi sebagian kecil dari lanskap. Sementara itu, gangguan skala besar dapat mencakup wilayah yang luas dan memengaruhi keseluruhan sistem ekosistem. (J.A. Wiens, 2002)

Perbedaan skala ini menunjukkan bahwa setiap gangguan memiliki tingkat pengaruh yang berbeda terhadap lanskap. Gangguan skala kecil cenderung lebih mudah dipulihkan, sedangkan gangguan skala besar dapat menyebabkan perubahan yang lebih kompleks dan berlangsung dalam jangka waktu yang lama. (Turner, et al, 2001)

C. Fragmentasi Habitat dan Dampaknya

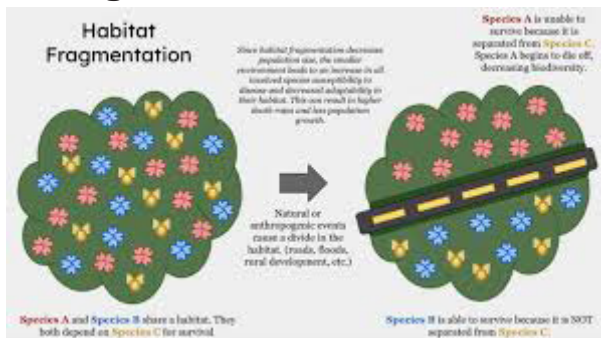
1. Pengertian Fragmentasi Habitat



Fragmentasi adalah proses pemecahan suatu habitat, ekosistem atau tipe land use menjadi bidang-bidang lahan yang lebih kecil. Fragmentasi juga merupakan sebuah hasil dimana proses fragmentasi mengubah atribut-atribut habitat dan karakteristik suatu lanskap yang ada. Fragmentasi habitat mengubah konfigurasi spasial suatu kantong habitat (habitat patches) besar dan menciptakan isolasi atau perenggangan hubungan antara kantong-kantong (patches) habitat asli, karena terselingi oleh mosaik yang luas atau tipe habitat lain yang tidak sesuai bagi spesies yang ada. (Hendra Gunawan, dkk, 2010)

Fragmentasi habitat juga berkaitan dengan perubahan konektivitas antar bagian habitat. Ketika hubungan antar fragmen melemah, maka interaksi ekologis seperti perpindahan organisme dan aliran genetik menjadi terganggu. Oleh karena itu, fragmentasi tidak hanya sekadar pemisahan fisik, tetapi juga perubahan dalam fungsi ekologis suatu lanskap. (Pickett & White, 2005).

2. Bentuk Fragmentasi Habitat



Fragmentasi habitat dapat terjadi dalam beberapa bentuk yang menunjukkan bagaimana suatu habitat mengalami perubahan struktur. Bentuk-bentuk tersebut meliputi:

- Pembagian habitat menjadi patch kecil, yaitu kondisi di mana habitat besar terpecah menjadi bagian-bagian kecil yang terisolasi.
- Penyempitan luas habitat, yaitu berkurangnya ukuran habitat sehingga tidak mampu mendukung populasi dalam jumlah besar.
- Isolasi antar habitat, yaitu terputusnya hubungan antar wilayah yang sebelumnya saling terhubung. (J.A. Wiens, 2002)

Bentuk-bentuk fragmentasi ini menunjukkan bahwa perubahan tidak hanya terjadi pada ukuran habitat, tetapi juga pada hubungan antar bagian habitat tersebut. Perubahan ini menjadi ciri utama dalam memahami fragmentasi dalam ekologi lanskap.

3. Penurunan Konektivitas Ekologis

Fragmentasi habitat menyebabkan menurunnya konektivitas ekologis, yaitu hubungan antar bagian habitat yang memungkinkan terjadinya pergerakan organisme. Konektivitas ini sangat penting dalam menjaga keberlangsungan ekosistem karena memungkinkan terjadinya pertukaran individu dan aliran genetik.

Ketika konektivitas menurun, maka organisme mengalami kesulitan untuk berpindah dari satu habitat ke habitat lainnya. Kondisi ini menyebabkan populasi menjadi terisolasi dan mengurangi interaksi antar kelompok. Dalam jangka panjang, hal ini dapat memengaruhi stabilitas populasi dalam suatu ekosistem.

4. Perubahan Struktur Populasi Satwa

Fragmentasi habitat juga berdampak pada perubahan struktur populasi satwa liar. Habitat yang terpecah menyebabkan populasi besar terbagi menjadi kelompok-kelompok kecil yang terpisah, sehingga distribusi individu menjadi tidak merata.

Beberapa dampak terhadap populasi antara lain:

- a. Penurunan ukuran populasi, karena keterbatasan ruang dan sumber daya.
- b. Isolasi genetik, akibat terbatasnya interaksi antar populasi.
- c. Peningkatan risiko kepunahan lokal, terutama pada populasi kecil. (Lindenmayer & Fischer, 2006)

Perubahan struktur populasi ini menunjukkan bahwa fragmentasi habitat memiliki pengaruh besar terhadap keberlangsungan satwa liar dalam suatu lanskap.

5. Efek Tepi (*Edge Effect*)

Fragmentasi habitat menyebabkan munculnya batas antara habitat alami dan area yang terganggu, yang dikenal sebagai efek tepi. Area tepi memiliki kondisi lingkungan yang berbeda dibandingkan dengan bagian inti habitat, seperti intensitas cahaya yang lebih tinggi dan perubahan suhu serta kelembapan.

Perbedaan kondisi ini memengaruhi jenis organisme yang dapat hidup di area tersebut. Beberapa spesies mampu beradaptasi dengan kondisi tepi, sementara spesies lain yang membutuhkan kondisi stabil cenderung terganggu. Oleh karena itu, efek tepi menjadi salah satu dampak penting dari fragmentasi habitat.

6. Penurunan Keanekaragaman Hayati

Fragmentasi habitat dapat menyebabkan penurunan keanekaragaman hayati karena berkurangnya luas habitat yang tersedia bagi organisme. Kondisi ini membuat tidak semua spesies mampu bertahan, terutama spesies yang membutuhkan ruang luas atau kondisi lingkungan tertentu.

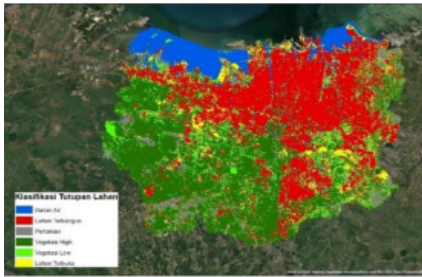
Selain itu, isolasi habitat juga membatasi interaksi antar spesies, sehingga memengaruhi keseimbangan ekosistem. Hal ini menunjukkan bahwa fragmentasi habitat tidak hanya berdampak pada individu, tetapi juga pada keseluruhan komunitas biologis dalam suatu lanskap. (Fahrig, 2003)

D. Perubahan Tutupan Lahan dan Tekanan Terhadap Satwa

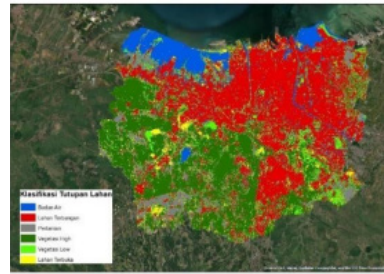
1. Pengertian Perubahan Tutupan Lahan

Penutupan lahan adalah tutupan biofisik pada permukaan bumi yang dapat diamati akibat aktivitas manusia, sementara itu penggunaan lahan adalah bentuk pemanfaatan atau fungsi dari penutupan lahan. Analisis tutupan lahan pada dasarnya bertujuan untuk mendeteksi perubahan yang terjadi pada setiap kelas tutupan lahan. Meskipun memberikan manfaat sosial dan ekonomi, perubahan tutupan lahan ini berdampak pada berbagai sektor antara lain kondisi hidrologi daerah aliran sungai. (Wahyuni, et al, 2001)

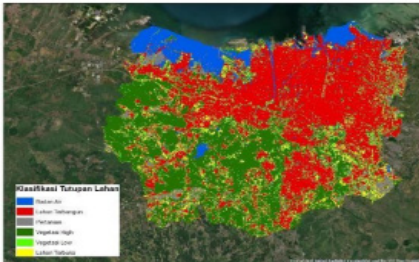
Tutupan lahan merupakan wujud material fisik yang terdapat di permukaan bumi. Tutupan lahan dapat mencerminkan interaksi antara proses alami dan sosial yang terjadi di permukaan bumi. Selain itu, tutupan lahan menyediakan informasi penting yang berguna untuk pemodelan dan pemahaman tentang fenomena alam yang terjadi di permukaan bumi (Liang, 2008 dalam Jia, 2014). Data tutupan lahan dimanfaatkan untuk mempelajari perubahan iklim dan memahami bagaimana aktivitas manusia mempengaruhi perubahan pada skala global (Novianti, et al, 2024).



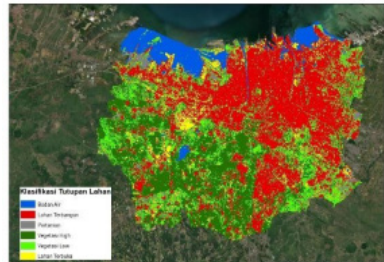
Peta Penutupan Lahan Kota Semarang Tahun 2013



Peta Penutupan Lahan Kota Semarang Tahun 2016



Peta Penutupan Lahan Kota Semarang Tahun 2019



Peta Penutupan Lahan Kota Semarang Tahun 2022

2. Bentuk-Bentuk Perubahan Tutupan Lahan

Perubahan tutupan lahan dapat terjadi dalam berbagai bentuk yang menunjukkan bagaimana suatu wilayah mengalami transformasi. Beberapa bentuk perubahan tersebut antara lain:

- Konversi lahan alami menjadi lahan budidaya, seperti hutan yang diubah menjadi lahan pertanian atau perkebunan.
- Urbanisasi, yaitu perubahan lahan menjadi kawasan permukiman dan infrastruktur.
- Degradasi lahan, yaitu penurunan kualitas lahan akibat pemanfaatan yang berlebihan. (Nontji, 2005)

Bentuk-bentuk perubahan ini menunjukkan bahwa tutupan lahan bersifat dinamis dan dapat berubah sesuai dengan aktivitas yang terjadi di suatu wilayah. Perubahan tersebut menjadi faktor utama dalam memengaruhi kondisi habitat bagi satwa liar.²

3. Tekanan terhadap Habitat Satwa

Perubahan tutupan lahan memberikan tekanan terhadap habitat satwa karena mengurangi ketersediaan ruang hidup yang sesuai. Ketika habitat alami berubah, satwa harus menyesuaikan diri dengan kondisi baru yang belum tentu mendukung kebutuhan hidupnya. Hal ini menyebabkan terjadinya tekanan ekologis dalam bentuk keterbatasan ruang dan sumber daya.

Tekanan terhadap habitat ini juga dapat menyebabkan perubahan dalam pola distribusi satwa. Beberapa spesies mungkin mampu beradaptasi, tetapi banyak juga yang mengalami kesulitan untuk bertahan. Kondisi ini menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan menjadi faktor penting dalam menentukan keberlangsungan habitat satwa liar.

4. Perubahan Ketersediaan Sumber Daya

Perubahan tutupan lahan berdampak pada ketersediaan sumber daya yang dibutuhkan oleh satwa, seperti makanan, air, dan tempat berlindung. Ketika lahan alami berubah menjadi bentuk lain, sumber daya tersebut dapat berkurang atau bahkan hilang. Hal ini menyebabkan satwa mengalami tekanan dalam memenuhi kebutuhan hidupnya.

Beberapa bentuk tekanan yang terjadi antara lain:

- a. Berkurangnya sumber pakan alami, akibat hilangnya vegetasi asli.
- b. Terbatasnya tempat berlindung, yang meningkatkan risiko terhadap predator.
- c. Perubahan akses terhadap air, akibat perubahan kondisi lingkungan. (Soemarwoto, 2004)

Dengan demikian, perubahan tutupan lahan tidak hanya memengaruhi ruang hidup, tetapi juga ketersediaan sumber daya yang sangat penting bagi kelangsungan hidup satwa.

5. Peningkatan Interaksi Satwa dan Manusia

Perubahan tutupan lahan juga menyebabkan meningkatnya interaksi antara satwa liar dan manusia. Ketika habitat alami menyempit, satwa cenderung memasuki wilayah yang dihuni manusia untuk mencari makanan atau tempat tinggal. Kondisi ini menciptakan situasi yang mempertemukan dua kepentingan yang berbeda.

Interaksi ini dapat menimbulkan berbagai bentuk tekanan, baik bagi satwa maupun manusia. Bagi satwa, kondisi ini dapat meningkatkan risiko konflik, sementara bagi manusia dapat menimbulkan gangguan terhadap aktivitas sehari-hari. Oleh karena itu, perubahan tutupan lahan menjadi salah satu faktor yang memicu meningkatnya interaksi antara manusia dan satwa liar.

6. Dampak terhadap Kelangsungan Hidup Satwa

Tekanan yang dihasilkan dari perubahan tutupan lahan pada akhirnya berdampak pada kelangsungan hidup satwa liar. Perubahan habitat, berkurangnya sumber daya, serta meningkatnya interaksi dengan manusia dapat memengaruhi kemampuan satwa untuk bertahan hidup.

Dalam kondisi tertentu, tekanan ini dapat menyebabkan penurunan populasi bahkan hilangnya spesies dari suatu wilayah. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan tutupan lahan memiliki peran penting dalam menentukan keberlanjutan kehidupan satwa liar dalam suatu lanskap.

E. Resiliensi Ekosistem pada Lanskap Terganggu

1. Pengertian Resiliensi Ekosistem



Resiliensi ekosistem merupakan kemampuan suatu ekosistem untuk menyerap gangguan, beradaptasi, dan tetap mempertahankan fungsi serta strukturnya setelah mengalami perubahan. Dalam konteks lanskap terganggu, resiliensi menunjukkan sejauh mana suatu sistem lingkungan mampu kembali ke kondisi mendekati keadaan semula setelah mengalami tekanan atau gangguan. (Holling, 2003)

Konsep ini menekankan bahwa ekosistem tidak hanya bersifat statis, tetapi memiliki kapasitas untuk merespons perubahan melalui proses penyesuaian. Dengan demikian, resiliensi menjadi indikator penting dalam menilai ketahanan suatu lanskap terhadap berbagai bentuk gangguan yang terjadi.

Resiliensi memiliki peran penting dalam menjaga keberlanjutan ekosistem, terutama pada lanskap yang mengalami gangguan. Ekosistem yang memiliki tingkat resiliensi tinggi cenderung mampu mempertahankan fungsi ekologisnya meskipun mengalami perubahan kondisi. Hal ini memungkinkan ekosistem tetap mendukung kehidupan organisme yang ada di dalamnya.

Sebaliknya, ekosistem dengan resiliensi rendah cenderung lebih rentan terhadap perubahan dan sulit untuk pulih setelah mengalami gangguan. Kondisi ini dapat menyebabkan perubahan permanen pada lanskap serta menurunnya kualitas lingkungan secara keseluruhan. Oleh karena itu, resiliensi menjadi faktor kunci dalam menjaga kestabilan ekosistem dalam jangka panjang

1. Komponen Penyusun Resiliensi Ekosistem

Resiliensi ekosistem dipengaruhi oleh berbagai komponen yang bekerja secara bersama dalam menjaga kestabilan lingkungan. Beberapa komponen utama tersebut antara lain: (Odum, & G.W. Barrett, 2005)

- a. Keanekaragaman hayati, yang berperan dalam meningkatkan kemampuan adaptasi ekosistem.

- b. Konektivitas habitat, yang memungkinkan terjadinya pergerakan organisme dan aliran energi.
- c. Kondisi lingkungan fisik, seperti tanah, air, dan iklim yang mendukung proses pemulihan.

Komponen-komponen ini menunjukkan bahwa resiliensi tidak ditentukan oleh satu faktor saja, melainkan merupakan hasil interaksi berbagai unsur dalam ekosistem. Semakin baik kondisi komponen tersebut, maka semakin tinggi pula kemampuan ekosistem dalam menghadapi gangguan.

2. Mekanisme Pemulihan Ekosistem

Ekosistem yang memiliki resiliensi tinggi umumnya mampu melakukan pemulihan melalui berbagai mekanisme alami. Mekanisme ini mencakup regenerasi vegetasi, suksesi ekologi, serta pemulihan interaksi antarorganisme dalam suatu habitat. Proses ini berlangsung secara bertahap dan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan yang ada. (Soemarwoto, 2004)

Dalam beberapa kasus, mekanisme pemulihan dapat berlangsung secara alami tanpa campur tangan manusia. Namun, pada lanskap yang mengalami gangguan berat, proses pemulihan sering kali membutuhkan waktu yang lama dan mungkin memerlukan bantuan melalui upaya rehabilitasi atau restorasi

3. Faktor yang Mempengaruhi Resiliensi Lanskap Terganggu

Resiliensi suatu lanskap dipengaruhi oleh berbagai faktor yang menentukan kemampuan ekosistem dalam merespons gangguan. Beberapa faktor tersebut meliputi:

- a. Intensitas dan frekuensi gangguan, yang menentukan tingkat kerusakan yang terjadi.
- b. Kondisi awal ekosistem, termasuk tingkat keanekaragaman dan kestabilan lingkungan.

- c. Tekanan lanjutan, seperti aktivitas manusia yang terus berlangsung setelah gangguan. (Folke, 2006)

Faktor-faktor ini menunjukkan bahwa resiliensi tidak bersifat tetap, melainkan dapat berubah tergantung pada kondisi yang memengaruhinya. Oleh karena itu, pemahaman terhadap faktor-faktor tersebut penting dalam menilai kemampuan pemulihan suatu lanskap.

Bab IV

EKOLOGI KAWASAN PESISIR DAN SATWA LIAR

A. Karakteristik Ekosistem Pesisir

Wilayah pesisir merupakan pertemuan antara pengaruh daratan dan samudra. Hal ini terlihat nyata pada mintakat pasut dan daerah estuari. Perubahan-perubahan sifat lingkungan terjadi secara cepat dalam waktu dan ruang sehingga untuk melakukan penelitian sifat-sifat lingkungan diperlukan ulangan waktu yang lebih kerap dan jarak tempat observasi lebih dekat daripada samudra bebas (Romimohtarto dan Juwana, 2004).



Pesisir dapat dijabarkan dari dua segi berlawanan yaitu (Wibisono, 2005) :

1. Dari segi daratan Pesisir merupakan wilayah daratan sampai wilayah laut yang masih dipengaruhi oleh sifat-sifat darat (seperti: angin darat, drainase air tawar dari sungai, sedimentasi)

2. Dari segi laut Pesisir merupakan wilayah laut sampai wilayah darat yang masih dipengaruhi sifat-sifat laut (seperti: pasang surut, salinitas, intrusi air laut ke wilayah daratan, angin laut).

Ekosistem pesisir merupakan ekosistem yang memiliki nilai tinggi karena pemberian jasa ekosistemnya. Contohnya seperti hutan mangrove, padang garam, dan lamun yang memiliki manfaat sebagai pelindung pantai dari badai, menyimpan karbon, berfungsi sebagai tempat pembibitan ikan dan kerang untuk komersial. Hampir separuh dari populasi dunia tinggal di dekat pantai yang menguntungkan masyarakat dengan akses ke perdagangan, pengembangan lahan, eksplorasi minyak atau gas, dan produksi pangan (He et al, 2014).

Ekosistem pesisir adalah wilayah peralihan atau perbatasan antara ekosistem daratan dan ekosistem laut. Wilayah ini dicirikan oleh adanya interaksi dinamis, di mana bagian lautnya masih dipengaruhi oleh aktivitas daratan (seperti sedimentasi dan aliran air tawar), sementara bagian daratannya masih dipengaruhi oleh aktivitas lautan (seperti pasang surut, angin laut, dan perembesan air asin)

Ekosistem pesisir merupakan wilayah peralihan antara daratan dan lautan yang memiliki karakter habitat sangat dinamis dan kompleks. Karakteristik ini dipengaruhi oleh berbagai faktor alam seperti pasang surut air laut, arus, gelombang, serta variasi salinitas yang berubah-ubah dalam waktu tertentu. Selain itu, kondisi substrat di wilayah pesisir juga beragam, mulai dari pasir, lumpur, hingga batuan, yang masing-masing mendukung jenis organisme yang berbeda. Iklim tropis seperti di Indonesia juga memperkuat produktivitas ekosistem ini karena intensitas cahaya matahari yang tinggi sepanjang tahun. Oleh karena itu, ekosistem pesisir menjadi salah satu wilayah dengan tingkat keanekaragaman hayati yang tinggi meskipun lingkungannya tergolong ekstrem. (Rokhmin Dahuri, dkk, 2013)

Ekosistem pesisir adalah **zona** peralihan darat-laut yang dinamis, dicirikan oleh pengaruh pasang surut, salinitas tinggi, dan keanekaragaman hayati tinggi (mangrove, lamun, terumbu karang). Wilayah ini berfungsi sebagai pelindung abrasi, kaya nutrisi, dan sangat sensitif terhadap gangguan, baik alami maupun manusia. Adapun karakteristik utama ekosistem pesisir yaitu:

1. Wilayah Peralihan (Ekoton): Merupakan zona antara daratan dan laut, dipengaruhi oleh aktivitas darat (sungai) dan laut (pasang surut).
2. Zona Produksi Tinggi & Kaya Nutrisi: Nutrisi yang melimpah mendukung produktivitas primer yang tinggi, menjadikannya tempat pemijahan dan pengasuhan bagi biota laut.
3. Keanekaragaman Hayati yang Unik: Terdiri dari ekosistem khusus seperti hutan mangrove (penahan abrasi), padang lamun (penyerap karbon), dan terumbu karang.
4. Dinamis dan Rentan (Sensitif): Lingkungan fisik yang mudah berubah karena gelombang, arus, dan sedimentasi, serta sangat rentan terhadap kerusakan akibat aktivitas manusia.
5. Topografi Mudah Diakses: Umumnya memiliki topografi landai yang memudahkan aktivitas ekonomi (perikanan, pariwisata)

B. Habitat-Habitat Penting di Wilayah Pesisir

Wilayah pesisir memiliki beragam habitat yang sangat penting bagi keberlangsungan kehidupan organisme laut maupun darat. Habitat-habitat ini tidak hanya menjadi tempat tinggal bagi berbagai jenis makhluk hidup, tetapi juga memiliki fungsi ekologis yang saling berkaitan dalam menjaga keseimbangan ekosistem pesisir. Secara ekologis, ekosistem pesisir memiliki peran penting di alam berdasarkan jenisnya, antara lain: (Dietrich G., 2010)

1. Padang Lamun



Ekosistem Padang Lamun merupakan suatu ekosistem yang kompleks dan memiliki fungsi serta manfaat yang sangat penting bagi perairan wilayah pesisir. Secara taksonomi lamun (*seagrass*) termasuk dalam kelompok *angiospermae* yang hidupnya terbatas di lingkungan laut yang umumnya hidup di perairan dangkal wilayah pesisir.

Lamun sendiri adalah tumbuhan berbunga (*Angiospermae*) yang dapat tumbuh dengan baik pada lingkungan laut dangkal. Lamun senantiasa membentuk hamparan permadani di laut yang dapat terdiri dari satu spesies atau lebih dari satu spesies. Tumbuhan lamun memiliki kemampuan menyerap karbon dari atmosfer hingga 35 kali lebih cepat apabila dibandingkan dengan hutan hujan tropis.

2. Ekosistem Estuari



Estuari berasal dari kata *aetus* **yang** artinya pasang surut (pasut. Nah, kalau definisi lengkapnya estuari merupakan badan air di wilayah pantai yang setengah tertutup, berhubungan dengan laut bebas. Ekosistem ini sangat dipengaruhi oleh pasang surut. Selain itu sangat dinamis, ditandai dengan terjadinya perubahan luasan genangan setiap saat.

Mengingat, estuari merupakan daerah pantai semi tertutup yang penting bagi kehidupan ikan, tentu memiliki berbagai fungsi. Berbagai fungsi ekosistem estuari bagi ikan seperti sebagai daerah pemijahan, daerah pengasuhan, dan lambung makanan serta jalur migrasi menjadikan estuari kaya dengan keanekaragaman hayati ikan.

Estuari oleh sejumlah peneliti disebutkan sebagai area paling produktif, karena ini merupakan area pertemuan dua ekosistem berbeda (tawar dan laut) yang memberikan karakteristik khusus pada habitat yang terbentuk. Estuari merupakan ekosistem yang khas dan kompleks dengan keberadaan berbagai tipe habitat. Heterogenitas habitat menyebabkan area ini kaya sumber daya perairan dengan komponen terbesarnya adalah fauna ikan. (Dahuri, et al, 2001)

3. Terumbu Karang



Terumbu karang merupakan suatu ekosistem yang bersimbiosis dengan kelompok hewan anggota filum Cnidaria yang dapat menghasilkan kerangka luar dari kalsium karbonat. Karang dapat berkoloni atau sendiri, tetapi hampir semua karang hermatipik merupakan koloni dengan berbagai individu hewan karang atau polip menempati mangkuk kecil atau kolarit dalam kerangka yang masif.

Terumbu karang dikenal sebagai suatu komponen yang memiliki fungsi penting dalam ekosistemnya. Terumbu karang tidak terlepas dari peranan ekologisnya sebagai daerah pemijahan (*spawning ground*), tempat pengasuhan (*nursery ground*), tempat mencari makan (*feeding ground*), dan daerah pembesaran (*rearing ground*) bagi biota ekonomis penting.

Selain dari peranan tersebut, terumbu karang juga memiliki peran sebagai pemecah gelombang, pencegah abrasi pantai, dan ekosistem penghalang gelombang menuju ke pesisir pantai untuk menjaga stabilitas pantai. (Dahuri, 2003)

Sayangnya, ekosistem terumbu karang sangat terancam karena merupakan sumber keuntungan ekonomi yang besar dari perikanan dan pariwisata. Hingga kini, tekanan yang disebabkan oleh kegiatan manusia seperti pencemaran dari daratan dan praktik perikanan yang merusak telah dianggap sebagai ancaman utama terumbu karang. Sementara ancaman lain yang lebih potensial adalah kenaikan suhu permukaan air laut yang dapat menyebabkan pemutihan karang (*coral bleaching*).

4. Hutan Mangrove



Hutan Mangrove merupakan sekelompok tumbuhan yang terdiri atas berbagai macam jenis tumbuhan dari family yang berbeda. Namun, memiliki persamaan daya adaptasi morfologi dan fisiologi yang sama terhadap habitat yang dipengaruhi oleh pasang surut.

Selain mencegah abrasi, hutan mangrove memiliki kemampuan menyerap karbon yang efektif.

Hutan Mangrove memiliki fungsi ekologis yang sangat penting terutama bagi wilayah pesisir. Salah satu fungsi ekologis mangrove adalah sebagai penyimpanan karbon. Rosot karbon dioksida (carbon sink) berhubungan erat dengan biomassa tegakan.

Jumlah biomassa suatu kawasan diperoleh dari produksi dan kerapatan biomassa yang diduga dari pengukuran diameter, tinggi, berat jenis, dan kerapatan setiap jenis pohon.

Biomassa dan rosot karbon pada mangrove merupakan salah satu manfaat mangrove di luar potensi biofisik lainnya, seperti penyerap dan penyimpanan karbon guna pengurangan kadar CO₂ di udara. (Dahuri, 2003)

C. Satwa Liar pada Ekosistem Pesisir



Ekosistem pesisir dikenal memiliki keanekaragaman hayati yang sangat tinggi karena menjadi wilayah pertemuan antara darat dan laut. Kondisi ini menjadikan pesisir sebagai habitat penting bagi berbagai jenis satwa yang memiliki peran masing-masing dalam menjaga keseimbangan ekosistem.

1. Ikan



Ikan merupakan kelompok fauna yang paling dominan di ekosistem pesisir. Terdapat berbagai jenis ikan, mulai dari ikan kecil hingga ikan besar, seperti ikan karang, ikan estuari, dan ikan pelagis yang sering mendekati pantai. Ikan-ikan ini memanfaatkan wilayah pesisir sebagai tempat mencari makan, berindung dari predator, serta berkembang biak. Misalnya, banyak ikan yang menjadikan hutan mangrove dan padang lamun sebagai *nursery ground* (tempat pembesaran anak ikan) karena kondisi lingkungannya yang relatif aman dan kaya nutrisi. Keberadaan ikan juga sangat penting dalam rantai makanan karena berperan sebagai konsumen tingkat menengah maupun atas. (Nybakken, 1992)

2. Krustasea dan Moluska



Kelompok hewan seperti kepiting, udang (krustasea), serta kerang dan siput (moluska) banyak ditemukan di wilayah pesisir, terutama di daerah berlumpur dan berpasir.

Krustasea seperti kepiting bakau memiliki peran penting dalam mengurai bahan organik yang jatuh ke tanah, seperti daun mangrove yang membusuk. Sementara itu, moluska seperti kerang berfungsi sebagai penyaring alami (filter feeder) yang membantu menjaga kualitas air dengan menyaring partikel-partikel kecil dan plankton. Kehadiran kelompok ini juga sangat penting secara ekonomi karena banyak dimanfaatkan oleh manusia sebagai sumber pangan. (Nontji, 2005)

3. Burung Pantai



Burung pantai seperti bangau, camar, dan burung migran lainnya menjadikan wilayah pesisir sebagai tempat mencari makan dan beristirahat. Burung-burung ini biasanya memakan ikan kecil, udang, atau organisme lain yang hidup di perairan dangkal. Selain itu, beberapa jenis burung migran menggunakan wilayah pesisir sebagai tempat singgah dalam perjalanan panjang antar benua. Hal ini menunjukkan bahwa ekosistem pesisir memiliki peran global dalam mendukung kehidupan satwa liar. (Odum, 1993)

Burung pantai juga berperan sebagai indikator kesehatan lingkungan. Jika populasi burung menurun, hal ini bisa menjadi tanda adanya gangguan dalam ekosistem pesisir

4. Reptil (Penyu dan Buaya Muara)



Beberapa jenis reptil seperti penyu dan buaya muara juga hidup di wilayah pesisir. Penyu, misalnya, menggunakan pantai sebagai tempat bertelur, sementara sebagian besar hidupnya dihabiskan di laut.

Keberadaan penyu sangat penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem laut, seperti mengontrol populasi ubur-ubur dan menjaga kesehatan padang lamun. Namun, satwa ini termasuk yang paling rentan terhadap ancaman, seperti perburuan liar dan kerusakan habitat.

Buaya muara juga ditemukan di beberapa wilayah pesisir, terutama di daerah estuari dan mangrove. Hewan ini merupakan predator puncak yang membantu menjaga keseimbangan populasi satwa lain.

D. Ancaman Terhadap Habitat Pesisir

Habitat pesisir merupakan ekosistem yang sangat dinamis namun rentan terhadap berbagai tekanan. Interaksi antara aktivitas manusia dan faktor alam menyebabkan ekosistem ini mudah mengalami degradasi. Jika tidak dikelola dengan baik, kerusakan habitat pesisir dapat berdampak luas terhadap keanekaragaman hayati, keseimbangan ekosistem, serta kehidupan sosial-ekonomi masyarakat pesisir.

1. Pencemaran Lingkungan

Pencemaran lingkungan di wilayah pesisir terjadi akibat masuknya berbagai jenis limbah ke dalam perairan laut. Limbah tersebut berasal dari aktivitas industri, rumah tangga, pertanian, hingga kegiatan pariwisata. Sungai menjadi jalur utama yang membawa limbah dari daratan menuju wilayah pesisir.



Salah satu bentuk pencemaran yang paling mengkhawatirkan adalah sampah plastik. Sampah pantai secara alami berdampak negatif terhadap keberadaan sampah plastik. Hal ini berbahaya karena dapat mencemari ekosistem laut pantai. Penumpukan sampah plastik di lautan dapat berdampak serius dan berkelanjutan, antara lain: Rusaknya ekosistem laut Indonesia, terganggunya rantai makanan biota laut, meningkatnya pencemaran, rusaknya ikan dan bahan konsumsi lainnya untuk konsumsi manusia.

Di lautan, sampah plastik dapat terdegradasi menjadi ukuran mikro dan nano, dan plastik sebesar ini dapat dikonsumsi oleh biota laut dan invertebrata. Selain itu, plastik yang terfragmentasi dapat dengan mudah menyebar hingga kedalaman 2000 kaki di lingkungan laut yang masih asli. Kondisi ini menyebabkan gangguan metabolisme, iritasi pencernaan, dan kematian biota laut. Sampah plastik juga berdampak pada pemukiman manusia. Kehadiran sampah

plastik di masyarakat lokal merupakan konsekuensi utama dari sejumlah besar plastik yang mengapung di lautan dan terbawa ombak ke pantai. Dampak negatif sampah plastik tidak bisa dihindari karena kondisi ini menimbulkan efek sinergis antara kerusakan ekosistem laut dan kerusakan lingkungan bagi masyarakat lokal. Inimengarah pada perilaku buruk karena orang terbiasa hidup dengan sampah dan berhenti peduli dengan jumlah sampah plastik yang terus bertambah di sekitar mereka. Dengan demikian, sampah plastik dapat menjadi tempat berkembang biaknya patogen, menginfeksi populasi dan mengurangi produktivitas manusia. dalam menjalankan aktivitas sehari-hari. Oleh karena itu, penting untuk mengatasi meningkatnya sampah plastik di pantai. Hal ini dapat berdampak negatif pada kawasan permukiman pesisir. (Aminul Akbar dan Indah Pratiwi, 2023)

2. Deforestasi Mangrove



Mangrove merupakan ekosistem yang khas dan umumnya ditemukan pada wilayah pesisir yang berlumpur dan muara sungai. Ekosistem ini banyak ditemukan pada kawasan pesisir Indonesia. Hutan mangrove merupakan ekosistem pada pertemuan wilayah daratan dan marine yang kaya dengan keanekaragaman flora dan fauna (Friess et al, 2019)

Ekosistem mangrove memiliki peran penting dalam pembudidayaan ikan, bahan bakar, bahan obat, bahan tekstil, perlindungan garis pantai, pengendali erosi, iklim, siklus nutrient, habitat pembiakan. dan pemanfaatan untuk pariwisata. Selain itu ekosistem mangrove juga sebagai pengendali sedimen pantai dan penyimpanan karbon. Ekosistem mangrove menjaga kehidupan biota dan manusia dari dampak badai dan tsunami (Alongi, 2008).

Deforestasi atau penurunan luas hutan mangrove akibat konversi lahan dapat dikelompokkan menjadi 4 bagian utama yang meliputi (1) perikanan yang terdiri atas tambak ikan, kolam terbuka dan rawa terbuka, (2) pertanian terdiri atas tanaman perkebunan, pertanian lahan kering campuran, hutan tanaman dan daerah transmigrasi, (3) vegetasi rendah, terdiri dari semak belukar, tanah kosong, sabana dan rerumputan, (4) pembangunan infrastruktur, yang terdiri dari kawasan pertambangan, pemukiman dan pelabuhan/pelabuhan (Arifanti et al, 2021)

Deforestasi mangrove terjadi akibat faktor pendorong sosial-ekologis, mulai dari perubahan iklim dan gangguan alam hingga polusi dan eksploitasi antropogenik terhadap sumber daya mangrove. Faktor lingkungan diantaranya perubahan iklim yang meningkatkan temperature dan geologi yang menyebabkan perubahan salinitas, bencana alam seperti badai siklon, dan tsunami. Sekitar 39 % deforestasi mangrove akibat perubahan iklim yang mendorong variasi pola hujan, suhu ekstrim, kenaikan permukaan air laut, abrasi garis pantai, perubahan salinitas, perubahan PH air dan tanah. Faktor antropogenik antara lain perikanan dan pertanian, perambahan in situ, eksploitasi sumber daya hutan pengambilan air (urbanisasi dan polusi hulu. Perikanan dan pertanian teridentifikasi menjadi penyebab utama deforestasi mangrove, sekitar 47 % dari tutupan mangrove dunia akibat aktivitas tersebut. (Elfayetti, 2024)

3. Eksploitasi Berlebihan (Overfishing)



Eksploitasi sumber daya laut yang berlebihan terjadi ketika tingkat penangkapan ikan melebihi kemampuan populasi untuk pulih secara alami. Hal ini sering disebabkan oleh tingginya permintaan pasar dan kurangnya pengelolaan perikanan yang berkelanjutan. Selain jumlah tangkapan yang berlebihan, metode penangkapan yang digunakan juga menjadi masalah. Penggunaan bom ikan dan racun seperti sianida tidak hanya membunuh ikan target, tetapi juga merusak habitat seperti terumbu karang yang membutuhkan waktu puluhan hingga ratusan tahun untuk pulih.

Overfishing juga menyebabkan ketidakseimbangan dalam rantai makanan. Hilangnya predator atau spesies tertentu dapat menyebabkan ledakan populasi organisme lain yang pada akhirnya merusak ekosistem. Dalam jangka panjang, kondisi ini dapat mengancam ketahanan pangan dan ekonomi masyarakat pesisir yang bergantung pada sumber daya laut.³

4. Reklamasi dan Pembangunan Pesisir



Reklamasi pantai dan pembangunan wilayah pesisir dilakukan untuk memperluas lahan bagi kebutuhan ekonomi seperti industri, pariwisata, dan permukiman. Namun, kegiatan ini seringkali mengabaikan aspek lingkungan.

Proses reklamasi biasanya melibatkan penimbunan laut dengan material tertentu yang dapat merusak habitat alami seperti padang lamun, terumbu karang, dan mangrove. Selain itu, perubahan garis pantai dapat mengganggu pola arus laut dan sedimentasi, yang berdampak pada ekosistem di sekitarnya.

Pembangunan yang tidak terencana juga dapat meningkatkan pencemaran, mengurangi keanekaragaman hayati, serta menghilangkan fungsi ekologis pesisir sebagai pelindung alami dari bencana. Dampaknya tidak hanya dirasakan oleh lingkungan, tetapi juga oleh masyarakat lokal yang kehilangan sumber mata pencaharian. (Djamila, dkk, 2022)

5. Perubahan Iklim



Perubahan iklim merupakan ancaman global yang memberikan dampak signifikan terhadap habitat pesisir. Salah satu dampak utamanya adalah kenaikan permukaan air laut akibat mencairnya es di kutub dan pemuatan air laut karena peningkatan suhu.

Kenaikan permukaan laut dapat menyebabkan tenggelamnya habitat pesisir seperti mangrove dan pantai berpasir. Selain itu, peningkatan suhu air laut dapat menyebabkan pemutihan karang (*coral bleaching*), yaitu kondisi ketika karang kehilangan alga simbiotiknya dan berpotensi mati jika kondisi tidak membaik.

Perubahan iklim juga meningkatkan frekuensi dan intensitas bencana alam seperti badai dan gelombang tinggi, yang dapat merusak struktur fisik ekosistem pesisir. Dampak jangka panjangnya adalah hilangnya keanekaragaman hayati serta terganggunya keseimbangan ekosistem secara keseluruhan.

6. Erosi dan Abrasi Pantai



Erosi atau abrasi pantai merupakan proses pengikisan daratan oleh gelombang laut dan arus. Proses ini sebenarnya alami, tetapi dapat menjadi lebih cepat akibat aktivitas manusia. (Indeks Rawan Bencana BNPB, 2011)

Penebangan mangrove, pembangunan di daerah pesisir, serta penambangan pasir laut dapat mempercepat laju abrasi. Akibatnya, garis pantai terus mundur dan menyebabkan hilangnya habitat penting seperti tempat bertelur penyu dan tempat hidup organisme pesisir lainnya.

Abrasi juga berdampak langsung pada kehidupan manusia, seperti rusaknya permukiman, lahan pertanian, dan infrastruktur di wilayah pesisir. Jika tidak dikendalikan,

abrasi dapat menyebabkan kerugian ekonomi yang besar serta memaksa masyarakat untuk berpindah tempat tinggal. (Praktikto, Armono dan Suntoyo, 2009)

E. Konektivitas Ekologi Darat-Pesisir

Konektivitas ekologi darat-pesisir merupakan hubungan timbal balik antara ekosistem daratan dengan ekosistem pesisir dan laut. Hubungan ini terjadi melalui aliran energi, materi, dan organisme yang saling terhubung secara alami. Dengan kata lain, kondisi ekosistem di darat sangat memengaruhi kualitas dan keberlanjutan ekosistem pesisir, begitu pula sebaliknya. (Tomascik, et al, 2007)

Konektivitas ini penting karena ekosistem tidak berdiri sendiri, melainkan saling bergantung dalam suatu sistem yang kompleks. Gangguan pada salah satu bagian akan berdampak pada bagian lainnya, sehingga pemahaman tentang keterkaitan ini menjadi kunci dalam pengelolaan wilayah pesisir secara berkelanjutan.

1. Aliran Nutrien dan Material

Salah satu bentuk konektivitas yang paling nyata adalah aliran nutrien dan material dari daratan ke wilayah pesisir. Air hujan yang mengalir melalui sungai membawa berbagai zat seperti mineral, bahan organik, dan sedimen menuju laut. Nutrien seperti nitrogen dan fosfor sangat penting bagi produktivitas primer di perairan pesisir, karena mendukung pertumbuhan fitoplankton dan tumbuhan laut seperti lamun. Namun, jika jumlah nutrien berlebihan akibat limbah pertanian atau domestik, hal ini dapat menyebabkan eutrofikasi, yaitu ledakan alga yang justru merusak keseimbangan ekosistem.

Selain nutrien, sedimen yang terbawa dari daratan juga dapat memengaruhi kondisi pesisir. Sedimentasi yang berlebihan dapat menutupi terumbu karang dan menghambat penetrasi cahaya matahari, sehingga mengganggu proses fotosintesis organisme laut.

2. Pergerakan Organisme (Migrasi dan Siklus Hidup)

Banyak organisme yang hidup di wilayah pesisir memiliki siklus hidup yang melibatkan perpindahan antara darat, pesisir, dan laut. Contohnya adalah ikan yang memijah di estuari atau mangrove, kemudian tumbuh dewasa di laut lepas.

Selain itu, beberapa jenis burung migran memanfaatkan wilayah pesisir sebagai tempat singgah saat melakukan perjalanan antar benua. Penyu laut juga menunjukkan konektivitas ini, karena bertelur di pantai (darat) tetapi menghabiskan sebagian besar hidupnya di laut. Pergerakan organisme ini menunjukkan bahwa keberlangsungan satu habitat sangat bergantung pada kondisi habitat lainnya. Jika salah satu habitat rusak, maka siklus hidup organisme tersebut akan terganggu.

3. Peran Sungai sebagai Penghubung

Sungai merupakan jalur utama yang menghubungkan ekosistem darat dengan pesisir. Sungai membawa air, nutrisi, sedimen, bahkan polutan dari daratan ke laut. Fungsi sungai sebagai penghubung ini sangat penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem pesisir. Namun, jika sungai tercemar atau mengalami perubahan aliran akibat pembangunan bendungan dan aktivitas manusia lainnya, maka konektivitas ini akan terganggu. Gangguan pada aliran sungai dapat mengurangi suplai nutrisi alami ke pesisir atau sebaliknya meningkatkan masuknya polutan, yang pada akhirnya berdampak negatif pada ekosistem pesisir dan laut.

4. Interaksi Ekosistem (Mangrove, Lamun, dan Terumbu Karang)

Ekosistem pesisir seperti mangrove, padang lamun, dan terumbu karang memiliki keterkaitan yang sangat erat. Ketiganya membentuk suatu jaringan ekologi yang saling mendukung.

Mangrove berfungsi sebagai penyaring sedimen dari daratan sebelum mencapai laut, sehingga menjaga kejernihan air yang dibutuhkan oleh terumbu karang. Sementara itu, padang lamun membantu menstabilkan sedimen dan menjadi habitat bagi berbagai organisme yang juga memanfaatkan terumbu karang. Keterkaitan ini menunjukkan bahwa kerusakan pada satu ekosistem akan berdampak pada ekosistem lainnya. Misalnya, hilangnya mangrove dapat meningkatkan sedimentasi yang merusak terumbu karang.

5. Dampak Aktivitas Manusia terhadap Konektivitas

Aktivitas manusia seperti deforestasi, urbanisasi, dan pencemaran dapat mengganggu konektivitas antara darat dan pesisir. Penebangan hutan di daerah hulu dapat meningkatkan erosi dan sedimentasi di pesisir. Limbah dari perkotaan dapat mencemari sungai dan akhirnya merusak ekosistem laut. Selain itu, pembangunan infrastruktur seperti bendungan dapat menghambat aliran air dan migrasi organisme. Gangguan terhadap konektivitas ini dapat menyebabkan penurunan keanekaragaman hayati serta melemahnya fungsi ekosistem secara keseluruhan. Oleh karena itu, pengelolaan wilayah pesisir harus dilakukan secara terpadu dengan memperhatikan hubungan antara darat dan laut.

Bab V

ANCAMAN TERHADAP SATWA LIAR DAN HABITAT

A. Degradasi dan Kehilangan Habitat

1. Definisi dan Konsep Dasar

Degradasi habitat didefinisikan sebagai proses penurunan kualitas ekosistem yang mengakibatkan berkurangnya kemampuan habitat dalam mendukung kehidupan spesies yang bergantung padanya. Kehilangan habitat (habitat loss) merujuk pada konversi atau kerusakan total suatu ekosistem sehingga tidak lagi dapat berfungsi sebagai habitat bagi spesies tertentu. Kedua fenomena ini merupakan ancaman paling signifikan bagi biodiversitas global, bertanggung jawab atas sebagian besar kepunahan spesies yang terjadi saat ini.

Fragmentasi habitat, yang sering menjadi konsekuensi langsung dari degradasi, memecah habitat luas menjadi patch-patch kecil yang terisolasi. Kondisi ini menciptakan efek tepi (edge effect), meningkatkan kerentanan terhadap predasi dan gangguan manusia, serta menghambat aliran gen antarPopulasi—kondisi yang dikenal sebagai “extinction debt” atau utang kepunahan.

2. Penyebab Utama Degradasi Habitat

Deforestasi merupakan penyebab terbesar kehilangan habitat di daerah tropis. Menurut Global Forest Watch (2023), dunia kehilangan sekitar 4,1 juta hektar tutupan pohon setiap tahun. Indonesia, dengan hutan tropis yang mencakup sekitar 57% wilayah daratannya, mengalami laju deforestasi yang signifikan terutama untuk ekspansi perkebunan kelapa sawit, pertambangan, dan pembangunan infrastruktur.

Selain deforestasi, urbanisasi yang tidak terencana mengkonversi lahan alami menjadi kawasan terbangun, memutus koridor ekologis yang vital bagi pergerakan satwa. Drainase lahan basah untuk pertanian mengancam ekosistem rawa yang menjadi habitat kritis bagi berbagai spesies aves dan herpetofauna. Pertanian intensif dengan penggunaan pestisida dan pupuk sintetis mengubah komposisi tanah dan vegetasi, menciptakan “gurun hayati” di tengah-tengah lanskap pertanian.

3. Indikasi Degradasi Habitat

Indikasi degradasi habitat dapat dideteksi melalui beberapa parameter ekologis:

Indikator	Parameter yang Diukur	Ambang Kritis	Implikasi
Indeks Keanekaragaman Shannon	Jumlah dan kelimpahan spesies	$H' < 1.5$	Ekosistem terdegradasi berat
Tutupan Kanopi	% luas kanopi pohon	$< 40\%$	Habitat tidak layak untuk primata
Fragmentasi (MSPA)	Ukuran dan konektivitas patch	$Patch < 100\text{ ha}$	Populasi tidak viable
Indeks Biomassa	Berat kering vegetasi per hektar	$Turun > 30\%$	Kehilangan fungsi ekologis
Konduktivitas Koridor	Lebar koridor habitat	$< 500\text{ m}$	Aliran gen terhambat

Tabel 5.1.1: Indikator Ekologis Degradasi Habitat dan Ambang Kritis

4. Implikasi Ekologis dan Analisis

Implikasi degradasi habitat bersifat kaskade—kerusakan pada satu komponen ekosistem memicu kegagalan berantai pada komponen lainnya. Ketika hutan terfragmentasi, predator puncak seperti harimau kehilangan wilayah jelajah yang cukup untuk mempertahankan populasi viable, sehingga terjadi kelebihan populasi herbivora yang kemudian merusak vegetasi lebih lanjut. Fenomena ini dikenal sebagai “trophic cascade” atau kaskade tropik.

Dari perspektif genetik, fragmentasi habitat memicu inbreeding depression penurunan kebugaran genetik akibat perkawinan antarindividu yang berkerabat dekat. Studi pada populasi singa Florida (*Puma concolor coryi*) menunjukkan bahwa fragmentasi menyebabkan kelainan jantung bawaan dan penurunan kesuburan. Fenomena serupa teridentifikasi pada orangutan Kalimantan yang terisolasi di kantong-kantong hutan yang semakin mengecil.

Secara analitis, kehilangan habitat bukan semata masalah berkurangnya “ruang” bagi satwa, melainkan hilangnya fungsi-fungsi ekologis yang mendukung jasa ekosistem: regulasi iklim mikro, siklus air, penyerapan karbon, dan pengendalian hama alami. Dengan demikian, degradasi habitat tidak hanya mengancam satwa liar, tetapi juga mengerosi fondasi kehidupan manusia itu sendiri.

B. Perburuan dan Perdagangan Satwa Liar

1. Definisi dan Dimensi Ancaman

Perburuan liar (poaching) dan perdagangan satwa liar ilegal merupakan ancaman antropogenik langsung terhadap populasi satwa. Perdagangan satwa liar ilegal global diperkirakan bernilai USD 23 miliar per tahun, menjadikannya salah satu bentuk kejahatan terorganisir terbesar di dunia, setara dengan perdagangan narkoba dan senjata (UNODC, 2020). Ancaman ini tidak bersifat acak, melainkan selektif menargetkan spesies dengan nilai komersial tinggi, yang sering kali adalah spesies kunci dalam ekosistem.

Perdagangan satwa liar mencakup tiga kategori utama: (1) satwa hidup untuk hewan peliharaan eksotis dan kebun binatang privat, (2) bagian tubuh satwa untuk pengobatan tradisional dan barang mewah, dan (3) produk turunan seperti kulit, bulu, dan gading. Setiap kategori memiliki rantai pasokan dan jaringan distribusi yang berbeda, namun semuanya bermuara pada tekanan eksploitasi yang mengancam viabilitas populasi satwa di alam liar.

2. Mekanisme dan Dinamika Perburuan

Secara ekologis, perburuan yang selektif terhadap individu terbesar (trophy hunting) memiliki dampak genetika yang serius. Penelitian pada populasi gajah Afrika menunjukkan bahwa perburuan gading selama beberapa dekade telah menghasilkan tekanan seleksi yang mendorong kemunculan individu tanpa gading sebagai respons adaptif sebuah perubahan evolusioner dalam waktu yang sangat singkat (Campbell-Staton et al., 2021). Fenomena ini mendemonstrasikan bahwa perburuan bukan sekadar ancaman demografis, tetapi ancaman evolusioner.

Di Indonesia, harimau Sumatera menghadapi tekanan perburuan yang sangat berat. Diperkirakan 40-80 individu diburu setiap tahun untuk memenuhi permintaan pasar tradisional Tiongkok yang menggunakan tulang, kulit, dan organ harimau sebagai bahan obat. Dengan populasi tersisa yang diperkirakan hanya 400-600 individu, laju perburuan ini jauh melampaui kapasitas reproduksi alami spesies tersebut.

Spesies	Status IUCN	Populasi Estimasi	Ancaman Utama	Nilai Pasar Ilegal
Harimau Sumatera	Kritis (CR)	400-600 ekor	Perburuan, Deforestasi	USD 50.000/ekor
Orangutan Kalimantan	Kritis (CR)	~54.000 ekor	Perburuan, Habitat Loss	USD 1.000-5.000/ekor
Badak Jawa	Kritis (CR)	~77 ekor	Perburuan cula	USD 65.000/kg cula
Trenggiling Sunda	Kritis (CR)	Tidak diketahui	Perdagangan daging & sisik	USD 3.000/kg sisik

Spesies	Status IUCN	Populasi Estimasi	Ancaman Utama	Nilai Pasar Ilegal
Owa Jawa	Terancam (EN)	~4.000 ekor	Perdagangan hewan peliharaan	USD 200-500/ekor

Tabel 5.2.1: Status dan Ancaman Perdagangan pada Spesies Kunci Indonesia

3. Implikasi Sistemik

Dari perspektif sistemik, perdagangan satwa liar memiliki implikasi yang melampaui kepunahan spesies individual. Penghilangan predator puncak menciptakan trophic cascade yang mendestabilisasi seluruh ekosistem. Selain itu, perdagangan satwa liar menjadi vektor penularan zoonosis penyakit yang berpindah dari hewan ke manusia. Pandemi COVID-19 mengingatkan dunia bahwa kontak intensif antara manusia dan satwa liar melalui pasar satwa basah dapat memfasilitasi lompatan virus yang berpotensi menjadi pandemi global.

Secara sosio-ekonomi, akar perburuan liar sering kali adalah kemiskinan dan ketidakadilan distribusi manfaat dari sumber daya alam. Pendekatan konservasi yang efektif harus mengintegrasikan solusi ekonomi alternatif bagi masyarakat yang selama ini bergantung pada eksploitasi satwa liar, seperti pengembangan ekowisata berbasis komunitas dan pemberdayaan ekonomi lokal.

C. Pencemaran Lingkungan

1. Definisi dan Tipologi Pencemaran

Pencemaran lingkungan dalam konteks ancaman terhadap satwa liar didefinisikan sebagai introduksi zat atau energi ke dalam ekosistem yang mengubah komposisi kimia atau fisik lingkungan sedemikian rupa sehingga mengganggu fungsi biologis, fisiologis, atau ekologis organisme yang hidup di dalamnya. Pencemaran bersifat multidimensi, mencakup polutan kimia, fisik, dan biologis, dengan efek yang dapat bersifat akut (langsung mematikan) maupun kronis (menurunkan kebugaran dalam jangka panjang).

Tipologi pencemaran yang relevan terhadap satwa liar meliputi: (1) pencemaran pestisida dan herbisida, (2) pencemaran logam berat, (3) pencemaran plastik dan mikroplastik, (4) pencemaran minyak, (5) eutrofikasi akibat limpasan nutrisi pertanian, (6) polusi cahaya dan suara, serta (7) kontaminasi farmakologis dari limbah obat-obatan.

2. Mekanisme Dampak

Biomagnifikasi (bioaccumulation melalui rantai makanan) merupakan mekanisme kunci yang menjelaskan mengapa predator puncak paling rentan terhadap pencemaran kimia. DDT, meskipun telah dilarang di banyak negara, masih terakumulasi dalam jaringan lemak ikan, kemudian terkonsentrasi berlipat ganda pada burung pemangsa ikan seperti elang botak (*Haliaeetus leucocephalus*) dan kondor. Konsentrasi DDT yang tinggi menghambat metabolisme kalsium sehingga menghasilkan telur bercangkang tipis yang mudah pecak—mekanisme yang hampir memusnahkan populasi elang botak Amerika pada pertengahan abad ke-20.

Mikroplastik, yang berukuran kurang dari 5 mm, telah ditemukan di hampir setiap ekosistem di bumi, termasuk di perut anjing laut Arktika dan ikan laut dalam. Penelitian menunjukkan bahwa mikroplastik tidak hanya menyebabkan obstruksi fisik pada saluran pencernaan, tetapi juga bertindak sebagai vektor kontaminan organik persisten (POPs) dan bahan kimia endokrin-disrupting yang mengacaukan sistem reproduksi dan imun satwa.

Jenis Polutan	Sumber Utama	Mekanisme Dampak	Spesies Rentan	Efek Diamati
Pestisida Organoklorin	Pertanian intensif	Biomagnifikasi, gangguan endokrin	Raptor, Mamalia akuatik	Kegagalan reproduksi, thinning eggshell
Logam Berat (Hg, Pb, Cd)	Tambang, Industri	Neurotoksik, nefrotoksik	Ikan, Lumba-lumba, Burung air	Gangguan saraf, kematian
Mikroplastik	Sampah plastik, laundry	Obstruksi fisik, vektor POPs	Penyu, Seabird, Ikan	Malnutrisi, kontaminasi kimia
Pupuk N & P (Eutrofikasi)	Limpasan pertanian	Algal bloom, dead zone	Ikan, Amfibia, Invertebrata air	Hipoksia, kepunahan lokal
Polusi Cahaya	Urbanisasi, industri	Disorientasi, gangguan sirkadian	Penyu, Migratory birds, Serangga	Kegagalan migrasi dan reproduksi

Tabel 5.3.1: Tipologi Polutan, Mekanisme Dampak, dan Spesies Rentan

3. Implikasi Ekologis

Pencemaran tidak hanya mematikan individu; ia merusak fungsi ekologis secara fundamental. Eutrofikasi yang dipicu oleh limpasan nutrisi dari pertanian menghasilkan bloom alga yang mendepleksi oksigen terlarut, menciptakan zona mati (dead zones) di perairan pesisir. Teluk Meksiko memiliki dead zone musiman seluas lebih dari 20.000 km² yang hampir tidak mendukung kehidupan akuatik sebuah konsekuensi dari pertanian intensif di lembah Mississippi.

Polusi suara, yang sering diabaikan, memiliki dampak serius pada satwa yang bergantung pada komunikasi akustik untuk navigasi, berburu, dan reproduksi. Cetacea (paus dan lumba-lumba) menggunakan ekolokasi dan nyanyian untuk komunikasi jarak jauh. Polusi suara dari sonar militer dan lalu lintas kapal telah terdokumentasi menyebabkan disorientation masal, strandings (terdamparnya paus dalam jumlah besar), dan gangguan pola makan pada cetacea global.

D. Perubahan Iklim

1. Definisi dan Konteks Global

Perubahan iklim merujuk pada pergeseran jangka panjang dalam pola suhu dan cuaca global yang disebabkan terutama oleh aktivitas manusia, khususnya emisi gas rumah kaca (CO₂, CH₄, N₂O) dari pembakaran bahan bakar fosil, deforestasi, dan pertanian. IPCC (2021) mencatat bahwa suhu rata-rata global telah meningkat 1,1°C di atas level pra-industri, dan dengan laju emisi saat ini, proyeksi pemanasan mencapai 1,5-2°C pada pertengahan abad ini.

Bagi satwa liar, perubahan iklim tidak bekerja sebagai ancaman tunggal yang linier, melainkan sebagai amplifier (penguat) yang memperparah semua ancaman lain yang ada. Habitat yang sudah terfragmentasi akibat pembangunan semakin sulit dipulihkan ketika kondisi iklim bergeser. Populasi yang sudah tertekan oleh perburuan semakin rentan ketika sumber pakannya terpengaruh perubahan pola curah hujan dan musim.

2. Mekanisme Dampak terhadap Satwa Liar

Phenological mismatch merupakan salah satu dampak paling halus namun serius dari perubahan iklim. Fenologi adalah studi tentang waktu peristiwa siklus biologis kapan tanaman berbunga, kapan serangga menetas, kapan burung bermigrasi. Perubahan iklim menggeser waktu masing-masing fenologi ini dengan laju yang berbeda, menciptakan ketidakselarasan temporal antara predator dan mangsanya, atau antara penyerbuk dan tumbuhan yang diserbuki.

Studi klasik pada burung great tit (*Parus major*) di Eropa menunjukkan bahwa puncak ketersediaan ulat bulu (makanan utama anakan burung) kini terjadi lebih awal daripada puncak musim bertelur burung, sehingga anak burung menetas ketika pasokan makanan sudah menurun. Fenomena serupa mengancam populasi burung migran yang mengandalkan ketersediaan pakan di lokasi persinggahan dan tujuan migrasi.

Dampak Iklim	Mekanisme	Spesies/ Ekosistem Terpengaruh	Proyeksi 2050
Kenaikan suhu laut	Pemutihan terumbu karang (coral bleaching)	Ikan karang, invertebrata laut	50-90% terumbu hilang pada 2°C
Pergeseran zona iklim	Perubahan distribusi habitat	Mamalia pegunungan, amfibia	30% spesies kehilangan > 50% habitat
Perubahan pola curah hujan	Kekeringan / banjir ekstrem	Satwa savana, spesies lahan basah	Peningkatan frekuensi kematian massal
Pencairan es kutub	Kehilangan habitat dan mangsa	Beruang kutub, anjing laut	Populasi beruang kutub turun 30%
Kenaikan permukaan laut	Genangan habitat pesisir	Penyu, burung pantai, mangrove	Kepunahan habitat pulau kecil

Tabel 5.4.1: Dampak Perubahan Iklim terhadap Satwa Liar dan Proyeksi Futuristik

3. Implikasi dan Tantangan Adaptasi

Perubahan iklim menciptakan tekanan seleksi yang sangat cepat seringkali melampaui kapasitas adaptasi evolusioner spesies. Spesies dengan siklus hidup panjang dan laju reproduksi rendah, seperti gajah, paus, dan primata besar, memiliki kapasitas adaptasi evolusioner yang sangat terbatas karena generasi baru hanya muncul setiap beberapa dekade.

Respons adaptasi yang dapat dilakukan adalah pergeseran distribusi geografis (range shift) ke daerah dengan kondisi iklim yang lebih sesuai biasanya ke arah kutub atau ke elevasi lebih tinggi. Namun, kemampuan ini sangat dibatasi oleh fragmentasi habitat. Ketika hutan-hutan terputus oleh jalan raya, lahan pertanian, dan pemukiman, satwa tidak memiliki koridor untuk bermigrasi. Implikasi kritis ini menegaskan bahwa konservasi iklim dan konservasi habitat harus diintegrasikan sebagai satu agenda yang tidak terpisahkan.

E. Konflik Manusia dan Satwa Liar

1. Definisi dan Konteks

Konflik manusia-satwa liar (Human-Wildlife Conflict/HWC) didefinisikan sebagai interaksi negatif antara manusia dan satwa liar yang mengakibatkan dampak merugikan bagi satu atau kedua pihak. Fenomena ini bukan semata permasalahan ekologis, melainkan juga permasalahan sosial, ekonomi, dan politik yang kompleks. HWC merupakan ancaman ganda: ia menempatkan satwa pada risiko retaliatory killing (pembunuhan sebagai balasan), sekaligus mengancam keselamatan dan mata pencaharian masyarakat yang hidup berdampingan dengan satwa liar.

Akar struktural HWC adalah ekspansi wilayah manusia ke dalam habitat satwa liar yang menyebabkan tumpang tindih antara ruang gerak satwa dan aktivitas manusia. Ketika habitat alami menyusut, satwa terpaksa menjelajahi lanskap yang dikelola manusia untuk mencari makanan, air, dan pasangan dan dalam proses ini sering kali berkonflik dengan kepentingan manusia.

2. Tipologi dan Dinamika Konflik

HWC di Indonesia dapat dikategorikan berdasarkan spesies pemicu dan konteks geografisnya. Konflik gajah-manusia (Human-Elephant Conflict/HEC) merupakan salah satu yang paling intensif, terutama di Sumatera dan Kalimantan. Gajah memasuki kebun kelapa sawit, perkebunan karet, dan lahan pertanian masyarakat, menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan. Respons masyarakat sering berupa pengusiran paksa, perangkap, peracunan, atau bahkan pembunuhan langsung.

Konflik harimau-manusia, meskipun relatif jarang, memiliki dampak psikologis yang sangat besar pada komunitas yang terdampak. Serangan harimau pada ternak atau manusia sering memicu perburuan balas dendam yang mengancam populasi yang sudah kritis. Di sisi lain, konflik buaya-manusia di wilayah pesisir dan sungai Kalimantan semakin meningkat

seiring dengan rusaknya ekosistem mangrove yang menjadi habitat buaya.

Tipe Konflik	Lokasi Utama	Dampak pada Manusia	Dampak pada Satwa	
Gajah-Manusia	Sumatera, Kalimantan	Kerusakan lahan, cedera	Pembunuhan retaliatori	Beehive fence, elephant squad
Harimau-Manusia	Sumatera (Riau, Jambi)	Serangan fatal, ketakutan	Perburuan balas dendam	Camera trap monitoring, kompensasi
Buaya-Manusia	Kalimantan, Papua	Korban jiwa, trauma	Penangkapan/pemusnahan	Edukasi, relokasi buaya
Orangutan-Manusia	Kalimantan, Sumatera	Kerusakan kebun	Penangkapan ilegal, pembunuhan	Koridor hutan, patroli komunitas
Beruang Madu-Manusia	Sumatera, Kalimantan	Kerusakan apiari, ternak	Perburuan	Kandang ternak anti-beruang

Tabel 5.5.1: Tipologi Konflik Manusia-Satwa Liar di Indonesia

3. Implikasi dan Pendekatan Penyelesaian

Dari perspektif analitis, HWC harus dipahami bukan sebagai konflik antara manusia dan satwa, melainkan sebagai konflik antara sistem pengelolaan lahan yang tidak kompatibel. Penyelesaian jangka panjang membutuhkan pendekatan landscape-level yang mengintegrasikan kebutuhan satwa dan manusia dalam tata ruang yang mencakup kawasan inti perlindungan, zona penyangga, koridor ekologis, dan kawasan pemanfaatan berkelanjutan.

Pendekatan berbasis komunitas, seperti pembentukan Wildlife Guardian di beberapa desa di sekitar Taman Nasional Kerinci Seblat, menunjukkan bahwa keterlibatan aktif masyarakat dalam pemantauan dan pengelolaan satwa liar dapat mengurangi insiden konflik secara signifikan. Sistem kompensasi yang adil atas kerugian akibat satwa juga terbukti mengurangi motivasi retaliatory killing.

F. Spesies Invasif dan Gangguan Biologis

1. Definisi dan Konteks Biologis

Spesies invasif didefinisikan sebagai organisme (tanaman, hewan, jamur, atau mikroorganisme) yang diintroduksi baik sengaja maupun tidak ke luar rentang distribusi alaminya dan kemudian menyebar secara agresif, menyebabkan kerusakan ekologis, ekonomi, atau kesehatan. Invasi biologis merupakan ancaman terbesar kedua terhadap biodiversitas global setelah kehilangan habitat, dan telah menjadi penyebab 40% dari seluruh kepunahan spesies yang tercatat dalam sejarah modern.

Keberhasilan spesies invasif dalam ekosistem baru sering dijelaskan melalui konsep “ecological release” di ekosistem asal, populasi spesies dibatasi oleh predator, parasit, dan kompetitor alami. Ketika terbebas dari tekanan ini di ekosistem baru, populasi dapat tumbuh secara eksponensial dan mengeksploitasi sumber daya lebih efisien daripada spesies asli yang tidak berevolusi bersamanya.

2. Mekanisme Gangguan Ekologis

Spesies invasif mengganggu ekosistem asli melalui beberapa mekanisme: (1) kompetisi langsung untuk sumber daya (makanan, ruang, pasangan), (2) predasi pada spesies yang tidak memiliki pertahanan evolusioner yang sesuai, (3) hibridisasi yang melarutkan identitas genetik spesies asli, (4) transmisi patogen yang menghancurkan populasi rentan, dan (5) modifikasi habitat yang mengubah kondisi fisik dan kimia lingkungan.

Kasus klasik adalah introduksi ular pohon coklat (*Boiga irregularis*) ke Pulau Guam setelah Perang Dunia II melalui kargo militer. Dalam beberapa dekade, ular ini memusnahkan 9 dari 12 spesies burung hutan endemik Guam, menguras populasi kadal dan katak, dan menyebabkan pemadaman listrik berulang karena memanjat tiang-tiang listrik. Dampaknya

bersifat cascade: hilangnya burung frugivora mengganggu dispersi biji, menyebabkan regenerasi hutan yang gagal.

Spesies Invasif	Asal	Lokasi Invasi	Mekanisme Dampak	Dampak Ekologis
Ular Sanca Birmani (Python bivittatus)	Asia Tenggara	Everglades, AS	Predasi massal mamalia kecil	Penurunan 90% populasi mamalia asli
Eceng Gondok (Eichhornia crassipes)	Amerika Selatan	Seluruh Indonesia	Eutrofikasi, deplesi O2	Kepunahan ikan dan fauna air tawar
Tikus Rumahan (Rattus rattus)	Asia	Pulau-pulau terpencil global	Predasi telur burung, kompetisi	Kepunahan bird colonies di pulau
Katak Tebu (Rhinella marina)	Amerika Selatan	Australia, Papua	Toksisitas bagi predator asli	Kematian massal buaya dan ular
Alang-alang (Imperata cylindrica)	Asia Tenggara	Pasifik, Afrika	Perubahan rezim api	Menghambat regenerasi hutan asli

Tabel 5.6.1: Contoh Spesies Invasif Global dan Dampak Ekologisnya

3. Implikasi dan Manajemen

Invasi biologis bersifat sebagian besar irreversible—begitu spesies invasif berhasil membangun populasi yang besar dan tersebar luas, eradikasi menjadi sangat sulit dan mahal. Oleh karena itu, pencegahan melalui pengetatan regulasi karantina dan biosekuriti perbatasan merupakan strategi yang jauh lebih cost-effective daripada respons pasca-invasi.

Di Indonesia, regulasi mengenai spesies invasif masih relatif lemah dan kurang terintegrasi. Perdagangan hewan peliharaan eksotis tanpa pengawasan ketat berpotensi menjadi pintu masuk spesies invasif baru. Sementara itu, spesies invasif yang sudah ada seperti eceng gondok di danau-danau Sulawesi

dan Jawa terus mengancam ekosistem air tawar yang kaya endemisme.

Dari sudut pandang ekologi evolusioner, invasi biologis merupakan eksperimen alam yang brutal sebuah uji coba bagaimana ekosistem merespons disrupsi yang terjadi terlalu cepat untuk proses adaptasi evolusioner yang normal. Pemahaman mendalam atas mekanisme invasi bukan hanya penting untuk manajemen konservasi, tetapi juga memberi wawasan berharga tentang prinsip-prinsip fundamental ekologi dan evolusi.

Bab VI

PRINSIP PENGELOLAAN SATWA LIAR

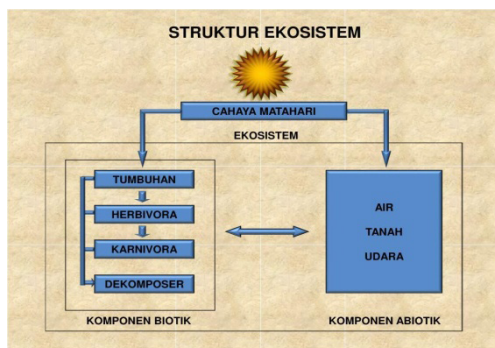
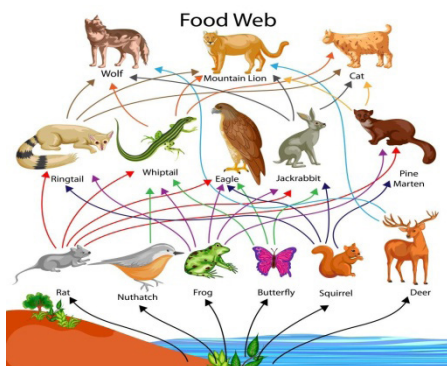
A. Dasar-Dasar Pengelolaan Satwa Liar

Pengelolaan satwa liar pada dasarnya merupakan suatu proses yang sistematis dan berkelanjutan yang bertujuan menjaga keseimbangan antara populasi satwa, kondisi habitat, serta kebutuhan manusia. Dalam konteks ini, prinsip dasar pengelolaan tidak hanya berfokus pada perlindungan, tetapi juga pada pemanfaatan yang bijak dan berkelanjutan. Hal ini menunjukkan bahwa pengelolaan satwa liar tidak bisa dilakukan secara parsial, melainkan harus melibatkan berbagai aspek seperti ekologi, sosial, ekonomi, dan kebijakan. Dengan memahami hubungan kompleks ini, pengelolaan dapat diarahkan untuk menjaga kestabilan ekosistem secara keseluruhan.

Makna penting dari prinsip ini terletak pada keterkaitan antara satwa liar dengan lingkungannya. Satwa liar tidak hidup secara terisolasi, melainkan sangat bergantung pada kondisi habitat seperti ketersediaan makanan, air, tempat berlindung, serta interaksi dengan spesies lain. Oleh karena itu, perubahan kecil dalam habitat dapat berdampak besar terhadap keberlangsungan populasi. Misalnya, penebangan hutan tidak hanya mengurangi tempat tinggal satwa, tetapi juga mempengaruhi rantai makanan dan keseimbangan ekosistem secara luas.

Alasan prinsip ini menjadi penting adalah karena banyak program konservasi yang gagal akibat pendekatan yang tidak menyeluruh. Fokus yang hanya pada perlindungan spesies tanpa memperhatikan habitat seringkali tidak memberikan hasil jangka panjang. Selain itu, tekanan dari aktivitas manusia seperti perambahan hutan, pembangunan, dan eksploitasi sumber daya alam semakin memperburuk kondisi habitat. Oleh sebab itu, pendekatan integratif menjadi solusi untuk memastikan bahwa pengelolaan dapat berjalan secara efektif dan berkelanjutan.

Contoh penerapan prinsip ini dapat dilihat melalui pengelolaan taman nasional yang melibatkan kegiatan monitoring, rehabilitasi habitat, serta pengendalian aktivitas manusia. Selain itu, penggunaan teknologi seperti kamera trap dan pemetaan GIS juga menjadi bagian penting dalam pengumpulan data. Implikasi dari prinsip ini adalah bahwa pengelolaan satwa liar harus berbasis data, kolaboratif, dan berorientasi jangka panjang.



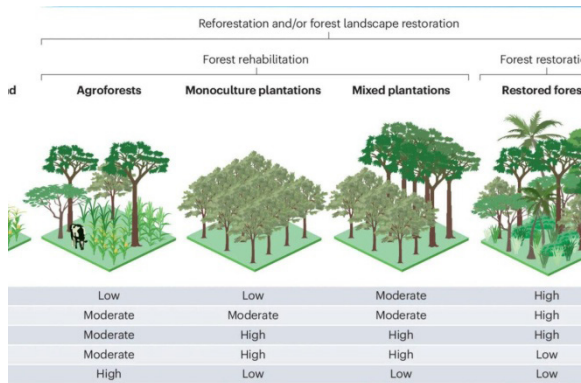
B. Pendekatan Konservasi Berbasis Ekosistem

Pendekatan konservasi berbasis ekosistem menekankan bahwa upaya perlindungan satwa liar harus dilakukan dengan menjaga keutuhan sistem ekologis secara menyeluruh. Dalam pendekatan ini, ekosistem dipandang sebagai satu kesatuan yang terdiri dari berbagai komponen yang saling berinteraksi. Oleh karena itu, konservasi tidak hanya bertujuan melindungi spesies tertentu, tetapi juga menjaga fungsi ekologis seperti siklus nutrien, aliran energi, dan keseimbangan populasi dalam suatu habitat.

Makna dari pendekatan ini adalah bahwa keberhasilan konservasi sangat bergantung pada kondisi ekosistem secara keseluruhan. Jika ekosistem rusak, maka satwa liar yang bergantung padanya juga akan terancam. Sebagai contoh, hilangnya vegetasi tertentu dapat menyebabkan berkurangnya sumber makanan bagi herbivora, yang pada akhirnya berdampak pada predator di tingkat trofik yang lebih tinggi. Dengan demikian, pendekatan ini menuntut pemahaman yang mendalam tentang hubungan antar komponen ekosistem.

Pentingnya pendekatan ini semakin terlihat dalam menghadapi tantangan global seperti perubahan iklim dan degradasi lingkungan. Ekosistem yang sehat memiliki kemampuan untuk beradaptasi dan pulih dari gangguan. Sebaliknya, ekosistem yang rusak akan lebih rentan terhadap perubahan dan dapat menyebabkan hilangnya keanekaragaman hayati secara permanen. Oleh karena itu, konservasi berbasis ekosistem menjadi strategi utama dalam menjaga keberlanjutan sumber daya alam.





Contoh penerapan dapat dilihat pada kegiatan restorasi ekosistem seperti penanaman kembali hutan, rehabilitasi mangrove, dan perlindungan daerah aliran sungai. Kegiatan ini tidak hanya berdampak pada satwa liar, tetapi juga memberikan manfaat bagi manusia seperti perlindungan dari bencana dan peningkatan kualitas lingkungan. Implikasi dari pendekatan ini adalah perlunya integrasi antara kebijakan lingkungan dan pembangunan.

C. Pengelolaan Berbasis Populasi dan Habitat

Pengelolaan berbasis populasi dan habitat merupakan pendekatan yang menekankan pentingnya memahami dinamika populasi satwa serta kondisi habitatnya secara bersamaan. Populasi satwa liar dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti tingkat kelahiran, kematian, migrasi, serta ketersediaan sumber daya. Oleh karena itu, analisis populasi menjadi langkah awal dalam menentukan strategi pengelolaan yang tepat.

Makna dari prinsip ini adalah bahwa keberlanjutan populasi sangat tergantung pada kualitas habitat. Habitat yang baik akan menyediakan kebutuhan dasar satwa, sehingga memungkinkan populasi berkembang secara alami. Sebaliknya, habitat yang rusak akan menyebabkan penurunan populasi, bahkan jika tidak ada tekanan langsung seperti perburuan. Oleh karena itu, pengelolaan habitat menjadi kunci utama dalam konservasi satwa liar.

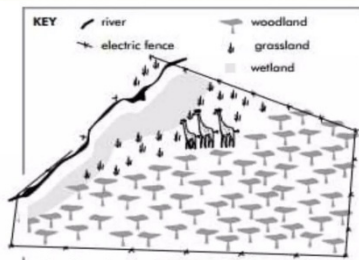
Pentingnya pendekatan ini terlihat dalam upaya menjaga keseimbangan populasi agar tidak melebihi atau kurang dari daya dukung habitat. Jika populasi terlalu besar, dapat terjadi overgrazing atau kerusakan vegetasi. Sebaliknya, jika populasi terlalu kecil, maka risiko kepunahan akan meningkat. Oleh karena itu, monitoring populasi secara berkala sangat diperlukan untuk menjaga keseimbangan ini.

Contoh penerapan dapat dilihat pada penggunaan kamera trap untuk memantau populasi satwa, serta penggunaan model matematika untuk memprediksi pertumbuhan populasi. Selain itu, pengelolaan habitat seperti penanaman vegetasi pakan juga menjadi bagian dari strategi ini. Implikasi dari prinsip ini adalah perlunya pendekatan ilmiah dan teknologi dalam pengelolaan satwa liar.



Total count census

- It involves the estimation of total population in the entire area of the forest or protected areas



D. Pendekatan Lanskap dalam Konservasi

Pendekatan lanskap dalam konservasi melihat pengelolaan satwa liar dalam skala yang lebih luas, yaitu bentang alam yang mencakup berbagai tipe habitat. Prinsip ini menekankan bahwa satwa liar tidak mengenal batas administratif, sehingga pengelolaan harus mempertimbangkan konektivitas antar wilayah. Dengan demikian, konservasi tidak hanya dilakukan di dalam kawasan lindung, tetapi juga di luar kawasan tersebut.

Makna dari pendekatan ini adalah pentingnya menjaga keterhubungan antar habitat agar satwa dapat bergerak secara bebas. Konektivitas ini sangat penting untuk menjaga aliran genetik, mencari sumber makanan, dan menghindari tekanan lingkungan. Tanpa konektivitas, populasi akan terisolasi dan rentan terhadap kepunahan.

Pentingnya pendekatan lanskap semakin terlihat dalam kondisi saat ini di mana fragmentasi habitat semakin meningkat akibat pembangunan dan perubahan penggunaan lahan. Jalan, permukiman, dan perkebunan seringkali memecah habitat menjadi bagian-bagian kecil yang tidak saling terhubung. Hal ini menyebabkan penurunan kualitas habitat dan menghambat pergerakan satwa.

Contoh penerapan pendekatan ini adalah pembangunan koridor satwa liar, seperti jembatan penyeberangan hewan di atas jalan raya atau jalur hijau yang menghubungkan hutan. Selain itu, perencanaan tata ruang yang memperhatikan konservasi juga menjadi bagian penting dari pendekatan ini. Implikasi dari prinsip ini adalah perlunya kolaborasi lintas sektor dan wilayah dalam pengelolaan satwa liar.



Figure 2 Map showing the two ecological connections between Bukit Timah Nature Reserve and the Southern Ridges (labelled (1) and (2)) as well as the stepping stone habitat created by safeguarding a assembly park in the Pandan west greenfield site. Note: These are indicative plans and the visuals are for illustrative purposes only.



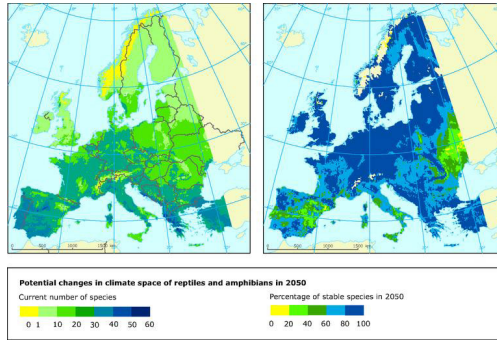
E. Pengelolaan Adaptif dan Berkelanjutan

Pengelolaan adaptif dan berkelanjutan merupakan pendekatan yang menekankan fleksibilitas dalam pengambilan keputusan berdasarkan perubahan kondisi lingkungan. Prinsip ini mengakui bahwa ekosistem bersifat dinamis dan tidak dapat diprediksi secara pasti. Oleh karena itu, pengelolaan harus dilakukan secara bertahap dan terus dievaluasi untuk menyesuaikan strategi yang digunakan.

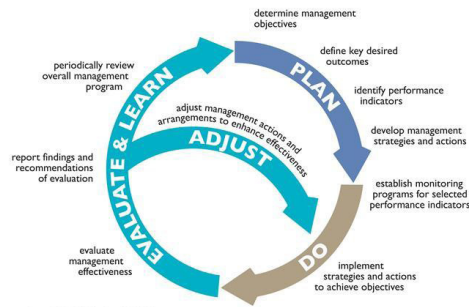
Makna dari prinsip ini adalah bahwa pengelolaan tidak bersifat statis, melainkan harus mampu belajar dari pengalaman. Data hasil monitoring digunakan untuk mengevaluasi keberhasilan program dan menentukan langkah selanjutnya. Dengan demikian, pengelolaan menjadi proses yang terus berkembang dan semakin efektif dari waktu ke waktu.

Pentingnya pendekatan ini terlihat dalam menghadapi perubahan iklim dan tekanan manusia yang semakin kompleks. Kondisi lingkungan yang berubah cepat menuntut pengelolaan yang responsif dan berbasis informasi. Tanpa pendekatan adaptif, kebijakan yang diterapkan bisa menjadi tidak relevan dan tidak efektif.

Contoh penerapan dapat dilihat pada siklus pengelolaan adaptif yang meliputi perencanaan, pelaksanaan, monitoring, evaluasi, dan penyesuaian. Selain itu, penggunaan teknologi seperti pemodelan habitat dan analisis data juga mendukung proses ini. Implikasi dari prinsip ini adalah perlunya sistem pengelolaan yang fleksibel, berbasis data, dan melibatkan berbagai pihak.



The adaptive management cycle



Bab VII

PENGELOLAAN HABITAT PADA LANSKAP TERGANGGU

Pengelolaan habitat pada lanskap terganggu merupakan kajian yang berada pada irisan antara ekologi lanskap, konservasi biodiversitas, dan manajemen sumber daya alam. Lanskap terganggu tidak hanya mencerminkan perubahan fisik ruang, tetapi juga mencerminkan terjadinya disrupsi terhadap proses-proses ekologis yang fundamental, seperti aliran energi, siklus materi, serta interaksi antarorganisme. Gangguan tersebut sering kali bersifat kumulatif dan sinergis, sehingga dampaknya tidak hanya berskala lokal, tetapi juga regional hingga global.

Dalam konteks ini, pengelolaan habitat tidak dapat dipandang sebagai tindakan reaktif semata, melainkan sebagai proses adaptif yang memerlukan pemahaman mendalam terhadap dinamika sistem ekologis. Lanskap yang terganggu cenderung mengalami penurunan resiliensi, yaitu kemampuan ekosistem untuk kembali ke kondisi semula setelah mengalami gangguan. Oleh karena itu, tujuan utama pengelolaan habitat adalah tidak hanya memulihkan kondisi struktural, tetapi juga mengembalikan kapasitas adaptif dan stabilitas jangka panjang ekosistem.



A. Identifikasi Tingkat Gangguan Habitat

Identifikasi tingkat gangguan habitat merupakan tahapan diagnostik yang menentukan arah dan efektivitas intervensi pengelolaan. Dalam perspektif ekologi modern, gangguan habitat tidak lagi dipandang secara biner (terganggu atau tidak), melainkan sebagai suatu spektrum kontinu yang mencerminkan tingkat degradasi ekosistem. Pendekatan struktural dalam identifikasi gangguan menitikberatkan pada perubahan konfigurasi spasial habitat, seperti ukuran patch, tingkat fragmentasi, serta rasio antara area inti (core area) dan area tepi (edge area). Peningkatan edge effect merupakan indikator penting karena dapat mengubah kondisi iklim mikro, meningkatkan tekanan predator, serta memperbesar kemungkinan invasi spesies asing. Dengan demikian, analisis spasial menggunakan teknologi penginderaan jauh menjadi alat yang sangat penting dalam mengidentifikasi pola gangguan secara luas (Richard T. T. Forman, 1995).

Di sisi lain, pendekatan fungsional berfokus pada integritas proses ekologi. Ekosistem yang tampak “utuh” secara struktural belum tentu berfungsi secara optimal.

Misalnya, gangguan terhadap komunitas mikroorganisme tanah dapat menghambat dekomposisi dan siklus nutrisi, yang pada akhirnya mempengaruhi produktivitas primer. Oleh karena itu, indikator fungsional seperti laju dekomposisi, produktivitas biomassa, serta efisiensi transfer energi menjadi parameter penting dalam menilai tingkat gangguan. Pendekatan biotik melengkapi kedua pendekatan sebelumnya dengan menggunakan organisme sebagai indikator biologis. Kehilangan spesies kunci atau spesies payung (*umbrella species*) sering kali menjadi sinyal awal terjadinya degradasi habitat. Selain itu, perubahan komposisi komunitas, seperti dominasi spesies oportunistik, juga mencerminkan tekanan lingkungan yang tinggi (Erle C. Ellis, 2010).

Secara praktis, integrasi antara data lapangan, teknologi spasial, dan pengetahuan lokal menghasilkan pemetaan tingkat gangguan yang lebih komprehensif. Pemetaan ini tidak hanya berfungsi sebagai alat deskriptif, tetapi juga sebagai dasar dalam menentukan prioritas pengelolaan. Dengan demikian, identifikasi gangguan menjadi langkah awal dalam membangun strategi pengelolaan yang berbasis bukti (*evidence-based management*).



B. Restorasi dan Rehabilitasi Habitat

Restorasi dan rehabilitasi habitat merupakan dua pendekatan utama dalam pemulihan ekosistem yang mengalami gangguan. Dalam kerangka teoritis, restorasi ekologis bertujuan untuk mengembalikan ekosistem ke kondisi referensi historisnya, sedangkan rehabilitasi lebih berorientasi pada pemulihan fungsi ekosistem tanpa harus mereplikasi kondisi awal secara penuh. Restorasi ekologis menuntut pemahaman mendalam terhadap kondisi ekosistem sebelum terganggu, termasuk komposisi spesies, struktur komunitas, serta interaksi ekologis yang terjadi. Pendekatan ini sering kali menghadapi tantangan karena kondisi lingkungan telah mengalami perubahan yang signifikan, sehingga referensi historis tidak selalu dapat dicapai secara realistis. Oleh karena itu, konsep “novel ecosystem” mulai diperkenalkan, yaitu ekosistem baru yang terbentuk akibat kombinasi spesies dan kondisi lingkungan yang berbeda dari keadaan aslinya (Richard J. Hobbs et al, 2006).

Rehabilitasi, di sisi lain, menawarkan pendekatan yang lebih pragmatis dengan menekankan pada pemulihan fungsi dasar ekosistem, seperti stabilitas tanah, ketersediaan air, dan produktivitas vegetasi. Dalam konteks lanskap yang sangat terdegradasi, rehabilitasi sering menjadi pilihan awal sebelum dilakukan restorasi lanjutan. Keberhasilan pemulihan habitat sangat dipengaruhi oleh interaksi antara faktor biotik dan abiotik. Peran mikroorganisme tanah, seperti bakteri dan fungi mikoriza, menjadi krusial dalam mendukung pertumbuhan vegetasi. Selain itu, dinamika suksesi ekologis juga menentukan arah perkembangan ekosistem pasca-intervensi. Tanpa pengelolaan yang tepat, suksesi dapat mengarah pada dominasi spesies invasif yang justru memperburuk kondisi habitat (Karen D. Holl, 2012).

Dalam praktiknya, pendekatan restorasi modern mengadopsi prinsip adaptive management, di mana intervensi dilakukan secara bertahap dan dievaluasi secara berkala. Pendekatan ini memungkinkan penyesuaian strategi

berdasarkan respons ekosistem terhadap tindakan yang dilakukan. Dengan demikian, restorasi dan rehabilitasi tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga eksperimental dalam skala ekosistem.



C. Peningkatan Konektivitas Lanskap

Konektivitas lanskap merupakan konsep kunci dalam ekologi lanskap yang berhubungan dengan kemampuan organisme untuk bergerak melintasi ruang. Fragmentasi habitat menyebabkan terputusnya konektivitas, sehingga populasi menjadi terisolasi dalam patch-patch kecil yang rentan terhadap kepunahan. Secara teoritis, konektivitas terdiri dari dua dimensi utama, yaitu konektivitas struktural dan konektivitas fungsional. Konektivitas struktural mengacu pada konfigurasi fisik lanskap, sedangkan konektivitas fungsional berkaitan dengan bagaimana organisme benar-benar merespons dan memanfaatkan struktur tersebut. Dua lanskap yang secara struktural sama belum tentu memiliki tingkat konektivitas fungsional yang sama, karena respons organisme dipengaruhi oleh perilaku, kemampuan dispersal, dan toleransi terhadap gangguan (Lenore Fahrig, 2003).

Dalam konteks ini, peningkatan konektivitas tidak hanya berarti menghubungkan habitat secara fisik, tetapi juga memastikan bahwa jalur tersebut dapat digunakan secara efektif oleh organisme. Pendekatan berbasis model, seperti least-cost path dan circuit theory, digunakan untuk mengidentifikasi jalur optimal berdasarkan hambatan (resistance) dalam lanskap. Secara ekologis, peningkatan konektivitas berkontribusi pada stabilitas populasi melalui peningkatan aliran genetik dan redistribusi individu. Hal ini penting dalam mengurangi risiko inbreeding serta meningkatkan kemampuan adaptasi terhadap perubahan lingkungan. Selain itu, konektivitas juga memungkinkan spesies untuk melakukan pergeseran distribusi sebagai respons terhadap perubahan iklim (Brad H. McRae et al, 2008).

Namun demikian, peningkatan konektivitas juga memiliki implikasi negatif, seperti potensi penyebaran penyakit dan spesies invasif. Oleh karena itu, pengelolaan konektivitas harus dilakukan secara selektif dan berbasis pada analisis risiko yang komprehensif.



D. Koridor Satwa Liar

Koridor satwa liar merupakan bentuk implementasi konkret dari konsep konektivitas lanskap. Koridor berfungsi sebagai jalur pergerakan yang menghubungkan habitat-habitat yang terfragmentasi, sehingga memungkinkan terjadinya dispersal, migrasi, dan pertukaran genetik. Secara ekologis, efektivitas koridor sangat dipengaruhi oleh kualitas habitat di dalamnya. Koridor yang hanya berfungsi sebagai “jalur kosong” tanpa dukungan sumber daya tidak akan mampu mempertahankan pergerakan satwa dalam jangka panjang. Oleh karena itu, desain koridor harus mempertimbangkan aspek habitat suitability, termasuk ketersediaan pakan, tempat berlindung, dan kondisi iklim mikro (Andrew F. Bennett, 2003).

Dalam konteks lanskap yang didominasi oleh aktivitas manusia, koridor sering kali harus beradaptasi dengan berbagai bentuk infrastruktur, seperti jalan raya dan permukiman. Inovasi seperti wildlife crossing menjadi solusi untuk mengurangi dampak fragmentasi yang disebabkan oleh pembangunan. Selain itu, pendekatan berbasis partisipasi masyarakat juga menjadi kunci dalam menjaga keberlanjutan koridor, terutama di wilayah dengan kepemilikan lahan yang kompleks (Julia A. Hilty et al, 2020).

Meskipun demikian, koridor bukanlah solusi tunggal dalam mengatasi fragmentasi habitat. Efektivitasnya sangat bergantung pada integrasi dengan strategi pengelolaan lainnya, seperti restorasi habitat dan pengendalian tekanan antropogenik. Dengan kata lain, koridor harus dipandang sebagai bagian dari sistem pengelolaan lanskap yang lebih luas.



E. Rekayasa Habitat untuk Mendukung Keberlangsungan Populasi

Rekayasa habitat merupakan pendekatan intervensi yang bertujuan untuk meningkatkan kualitas habitat melalui manipulasi lingkungan secara terencana. Pendekatan ini sering digunakan dalam kondisi di mana proses alami tidak mampu memulihkan habitat dalam waktu yang diharapkan, atau ketika terdapat kebutuhan mendesak untuk melindungi spesies tertentu (Karen D. Holl, 2007).

Dalam perspektif ekologi, rekayasa habitat dapat dipandang sebagai upaya untuk memodifikasi faktor pembatas (limiting factors) yang mempengaruhi keberlangsungan populasi. Faktor-faktor tersebut dapat berupa ketersediaan pakan, air, tempat berlindung, maupun kondisi mikrohabitat. Dengan mengoptimalkan faktor-faktor tersebut, daya dukung habitat dapat ditingkatkan secara signifikan. Rekayasa habitat juga

menimbulkan dilema ekologis. Intervensi yang terlalu intensif dapat mengganggu keseimbangan alami dan menciptakan ketergantungan satwa terhadap manusia. Selain itu, perubahan pada satu komponen habitat dapat memicu efek domino terhadap komponen lainnya, mengingat kompleksitas interaksi dalam ekosistem (Akihiko Mougi, 2024).

Oleh karena itu, prinsip kehati-hatian (precautionary principle) menjadi sangat penting dalam penerapan rekayasa habitat. Intervensi harus didasarkan pada kajian ilmiah yang mendalam, serta disertai dengan monitoring yang ketat untuk mengevaluasi dampak yang ditimbulkan. Dalam jangka panjang, rekayasa habitat sebaiknya diposisikan sebagai strategi sementara yang mendukung proses pemulihan alami.



Bab VIII

PENGELOLAAN HABITAT DI KAWASAN PESISIR

A. Konsevasi Mangrove, Lamun, dan Estuari

1. Konservasi Mangrove

Mangrove merupakan ekosistem penting yang tumbuh di wilayah pesisir dan memiliki peran krusial dalam melindungi pantai dari abrasi, erosi, serta dampak perubahan iklim (Fitria, 2021). Namun, aktivitas manusia seperti penggundulan hutan, urbanisasi, dan perubahan penggunaan lahan semakin mengancam keberadaan mangrove (Ramadhan & Sofyana, 2025). Oleh karena itu, rehabilitasi dan konservasi mangrove menjadi solusi strategis dalam memulihkan ekosistem ini sekaligus memberikan manfaat ekologis, ekonomi, dan sosial secara berkelanjutan (Suriadi et al., 2024).

Hutan mangrove memiliki peran unik dalam menjaga keseimbangan ekosistem pesisir, di antaranya:

1. Melindungi Pantai – Akar mangrove yang kuat membantu mengurangi dampak erosi dan abrasi akibat gelombang dan arus laut.
2. Menyerap Karbon – Mangrove merupakan penyerap karbon yang sangat efektif, membantu mengurangi emisi gas rumah kaca dan mitigasi perubahan iklim.

3. Menyediakan Habitat – Hutan mangrove menjadi tempat pemijahan, pembibitan, serta habitat bagi berbagai spesies laut dan darat.

Hutan mangrove terdiri dari pohon dan semak yang masuk dalam 8 famili dan 12 genera tumbuhan berbunga, seperti; *Avicennia*, *Sonneratia*, *Rhizophora*, *Bruguiera*, *Ceriops*, *Xylocarpus*, *Lumnitzera*, *Laguncularia*, *Aegiceras*, *Conocarpus* (Saharani et al., 2025).

a. Adaptasi Mangrove terhadap Lingkungan

Mangrove memiliki berbagai adaptasi unik untuk bertahan di lingkungan yang penuh tantangan. Untuk mengatasi kadar oksigen yang rendah di tanah berlumpur, mangrove mengembangkan akar nafas (pneumatofor) yang muncul ke permukaan untuk menyerap oksigen dari udara serta akar tunjang yang membantu menopang pohon (Saharani et al., 2025). Selain itu, mangrove juga mampu beradaptasi terhadap kadar garam yang tinggi dengan memiliki sel khusus di daun yang menyimpan dan membuang garam melalui kelenjar garam (Dinilhuda et al., 2018). Daunnya yang tebal dan berlilin juga berfungsi untuk mengurangi penguapan, sehingga membantu menjaga keseimbangan air dalam tubuhnya (Fitria, 2021). Tidak hanya itu, mangrove juga mampu bertahan di tanah yang tidak stabil dengan mengembangkan sistem akar yang luas dan menyebar secara horizontal. Akar-akar ini tidak hanya membantu pohon tetap tegak, tetapi juga berperan dalam mencegah erosi tanah di daerah pesisir (Utomo & Haerani, 2024). Dengan berbagai adaptasi ini, mangrove mampu bertahan di lingkungan yang ekstrem dan memainkan peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem pesisir (Suriadi et al., 2024).

b. Karakteristik Mangrove

Mangrove tumbuh dalam empat zona utama yang dipengaruhi oleh tingkat salinitas dan kondisi pasang surut (Saharani et al., 2025). Zona terbuka merupakan

wilayah yang terkena pasang surut secara langsung dan umumnya dihuni oleh spesies mangrove yang mampu bertahan dalam kondisi ekstrem. Zona tengah memiliki tingkat salinitas yang sedang, sehingga menjadi habitat bagi berbagai jenis mangrove yang toleran terhadap kadar garam yang lebih rendah. Zona payau hingga hampir tawar terletak di dekat muara sungai, di mana air laut bercampur dengan air tawar, menciptakan lingkungan dengan kadar garam yang lebih bervariasi. Zona daratan merupakan wilayah dengan dominasi air tawar, tempat tumbuhnya spesies mangrove yang lebih sedikit terpapar salinitas tinggi.

Tumbuhan mangrove sendiri terbagi menjadi dua kelompok utama berdasarkan kemampuannya beradaptasi dengan lingkungan asin. Mangrove sejati adalah spesies yang memiliki adaptasi morfologi dan fisiologi khusus untuk bertahan di lingkungan berkadar garam tinggi, seperti *Avicennia*, *Sonneratia*, *Rhizophora*, dan *Bruguiera* (Saharani et al., 2025). Sementara itu, mangrove asosiasi merupakan kelompok tumbuhan yang tidak memiliki adaptasi khusus terhadap salinitas tetapi tetap hidup berdekatan dengan ekosistem mangrove. Keberadaan kedua kelompok ini berkontribusi terhadap keanekaragaman hayati dan keseimbangan ekosistem mangrove (Suriadi et al., 2024).

c. Tantangan dalam Konservasi Mangrove

Hutan mangrove menghadapi berbagai ancaman serius yang dapat mengganggu kelestariannya dan mengurangi manfaat ekologis yang diberikannya. Salah satu ancaman utama adalah deforestasi akibat urbanisasi dan konversi lahan, di mana kawasan mangrove sering dialihfungsikan menjadi pemukiman, tambak, atau industri (Ramadhan & Sofyana, 2025). Penggundulan hutan mangrove ini menyebabkan hilangnya habitat bagi berbagai spesies serta menurunkan kemampuan ekosistem dalam menyerap karbon dan melindungi garis pantai (Fitria, 2021).

Selain itu, perubahan iklim turut mempercepat degradasi ekosistem pesisir melalui kenaikan suhu, peningkatan permukaan air laut, serta badai yang semakin intens (Parenja et al., 2026). Faktor-faktor ini dapat merusak struktur mangrove, mengganggu pertumbuhannya, dan bahkan menyebabkan kematian massal pada beberapa jenis mangrove yang lebih sensitif terhadap perubahan lingkungan.

Ancaman lainnya adalah kurangnya kesadaran masyarakat akan pentingnya pelestarian mangrove, yang sering kali menyebabkan eksploitasi berlebihan tanpa mempertimbangkan dampak jangka panjang (Andrianto et al., 2025). Minimnya edukasi dan pemahaman mengenai peran mangrove dalam menjaga keseimbangan ekosistem pesisir mengakibatkan praktik-praktik yang merusak, seperti penebangan liar dan pencemaran lingkungan. Untuk mengatasi berbagai ancaman ini, diperlukan upaya konservasi yang lebih intensif, termasuk edukasi masyarakat, penguatan regulasi, serta pelaksanaan rehabilitasi ekosistem mangrove agar keberadaannya tetap terjaga bagi generasi mendatang (Suriadi et al., 2024).

Upaya konservasi mangrove dilakukan melalui berbagai strategi untuk menjaga kelestarian ekosistem pesisir. Salah satu langkah penting adalah pembangunan kawasan konservasi, yang bertujuan untuk melindungi habitat mangrove dari eksploitasi berlebihan dan degradasi lingkungan (Andrianto et al., 2025). Selain itu, pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan perlu diterapkan agar pemanfaatan ekosistem mangrove tetap seimbang tanpa merusak keberadaannya. Edukasi dan peningkatan kesadaran masyarakat juga menjadi aspek krusial dalam konservasi, karena keterlibatan masyarakat lokal dapat membantu menjaga ekosistem mangrove dalam jangka panjang (Suriadi et al., 2024). Untuk memastikan efektivitas konservasi, penelitian

dan pemantauan ekosistem terus dilakukan guna memahami kondisi serta perkembangan mangrove dari waktu ke waktu. Selain itu, kerja sama antara pemerintah, masyarakat, dan lembaga konservasi menjadi kunci utama dalam menciptakan kebijakan serta aksi nyata yang berkelanjutan dalam perlindungan mangrove (Parenja et al., 2026).

Selain konservasi, rehabilitasi hutan mangrove juga memberikan banyak manfaat bagi lingkungan dan manusia. Salah satu manfaat utamanya adalah menyerap karbon dan mengurangi emisi gas rumah kaca, yang berkontribusi terhadap mitigasi perubahan iklim global (Dinilhuda et al., 2018). Rehabilitasi mangrove juga meningkatkan ketahanan pesisir terhadap perubahan iklim, seperti gelombang pasang, badai, dan kenaikan permukaan air laut (Parenja et al., 2026). Selain itu, ekosistem mangrove yang sehat menyediakan habitat bagi berbagai flora dan fauna pesisir, termasuk ikan, burung, dan invertebrata, yang penting bagi keseimbangan ekosistem (Suriadi et al., 2024). Tak kalah penting, mangrove juga berperan dalam mengurangi abrasi dan erosi pantai, sehingga membantu menjaga stabilitas daratan dan melindungi pemukiman di wilayah pesisir (Fitria, 2021). Dengan berbagai manfaat ini, konservasi dan rehabilitasi mangrove menjadi langkah yang sangat penting dalam menjaga keberlanjutan lingkungan pesisir.

d. Strategi Rehabilitasi Mangrove

Rehabilitasi mangrove memerlukan berbagai strategi utama agar dapat dilakukan secara efektif dan berkelanjutan. Langkah pertama adalah mengidentifikasi wilayah pesisir yang kritis, yaitu daerah yang mengalami degradasi akibat aktivitas manusia atau bencana alam (Utomo & Haerani, 2024). Setelah itu, penanaman kembali dilakukan

dengan metode berbasis sains untuk memastikan keberhasilan restorasi, seperti memilih jenis mangrove yang sesuai dengan kondisi lingkungan setempat. Selain itu, keterlibatan masyarakat lokal dalam proses restorasi menjadi faktor penting agar rehabilitasi dapat berlangsung secara berkelanjutan, baik melalui edukasi, pelatihan, maupun partisipasi aktif dalam penanaman dan perawatan mangrove (Andrianto et al., 2025). Pemanfaatan teknologi juga memainkan peran besar dalam pemantauan dan evaluasi keberhasilan restorasi, misalnya dengan menggunakan citra satelit, drone, atau sensor lingkungan untuk mengamati pertumbuhan mangrove serta kondisi ekosistem sekitarnya (Parenja et al., 2026). Dengan menerapkan strategi-strategi ini, rehabilitasi mangrove dapat berjalan lebih efektif dalam menjaga keseimbangan ekosistem pesisir.

Komunitas lokal memiliki peran penting dalam keberhasilan rehabilitasi mangrove. Beberapa langkah yang dapat dilakukan seperti Mengembangkan ekonomi berbasis mangrove, seperti ekowisata, memberikan pendidikan dan pelatihan kepada masyarakat pesisir, mendorong keterlibatan aktif dalam penanaman dan pemeliharaan mangrove (Andrianto et al., 2025). Rehabilitasi mangrove adalah investasi jangka panjang yang memberikan manfaat besar bagi lingkungan dan masyarakat. Dengan ekosistem yang sehat, pesisir menjadi lebih tahan terhadap perubahan iklim, keanekaragaman hayati terjaga, serta kesejahteraan masyarakat meningkat melalui peluang ekonomi berkelanjutan (Suriadi et al., 2024). Keberhasilan upaya ini memerlukan kerja sama antara pemerintah, komunitas lokal, dan berbagai pemangku kepentingan. Mari kita bersama-sama melindungi dan memulihkan ekosistem mangrove untuk menyelamatkan pantai dan kehidupan di masa depan.

2. Konservasi Lamun

Lamun merupakan satu-satunya tumbuhan berbunga (*angiospermae*) yang mampu hidup sepenuhnya terendam di lingkungan laut, sehingga memiliki karakteristik adaptasi yang unik dibandingkan tumbuhan darat (Jalaludin et al., 2020). Berbeda dengan rumput laut yang termasuk kelompok alga dan tidak memiliki organ sejati, lamun memiliki struktur lengkap berupa akar, batang, dan daun yang memungkinkan mereka berfungsi seperti tumbuhan darat (Syukur, 2015). Lamun umumnya hidup di perairan laut dangkal dengan kondisi cahaya yang cukup untuk mendukung proses fotosintesis (Nugraha et al., 2019).

Dalam kondisi yang sesuai, lamun dapat membentuk hamparan luas yang dikenal sebagai padang lamun, yang berfungsi sebagai salah satu ekosistem utama di wilayah pesisir (Jalaludin et al., 2020). Secara global, padang lamun diperkirakan menutupi lebih dari 300.000 kilometer persegi dasar laut dan tersebar di lebih dari 150 negara, termasuk Indonesia sebagai salah satu pusat keanekaragaman lamun dunia (Lestariningsih & Himawan, 2025). Keberadaan padang lamun ini menunjukkan peran strategisnya dalam menjaga keseimbangan ekosistem laut secara keseluruhan (Atmaja & Laharjana, 2022).

a. Peran Penting Padang Lamun

Lamun memiliki peran yang sangat penting tidak hanya bagi ekosistem laut, tetapi juga bagi keberlanjutan kehidupan di darat (Ardhiani et al., 2020). Ekosistem ini menjadi habitat utama bagi berbagai organisme laut, termasuk mamalia besar seperti dugong, manatee, dan penyu hijau yang memanfaatkan lamun sebagai sumber makanan utama (Latuconsina & Ambo- Rappe, 2013). Selain itu, padang lamun juga berfungsi sebagai daerah pembibitan (*nursery ground*) bagi berbagai jenis ikan dan organisme laut lainnya, sehingga berperan penting

dalam menjaga keberlanjutan sumber daya perikanan (Faiqoh et al., 2017). Keberadaan lamun juga membantu melindungi ekosistem terumbu karang dengan cara menstabilkan sedimen dan mengurangi kekeruhan air (Giofandi et al., 2019). Lamun mampu menyerap nutrisi berlebih dan zat pencemar di perairan, sehingga berperan sebagai filter alami yang menjaga kualitas lingkungan laut (Roeroe, 2021). Dengan berbagai fungsi tersebut, padang lamun menjadi salah satu ekosistem kunci yang mendukung keanekaragaman hayati dan produktivitas perairan pesisir (Atmaja & Laharjana, 2022).

Dari perspektif hubungan antara laut dan daratan, padang lamun juga memiliki kontribusi penting dalam menjaga stabilitas wilayah pesisir (Jaswadi & Zaerani, 2025). Sistem perakaran lamun yang kuat mampu mengikat sedimen dasar laut sehingga membantu mengurangi erosi dan abrasi pantai (Jalaludin et al., 2020). Selain itu, lamun berperan dalam meredam energi gelombang dan arus laut, sehingga dapat melindungi garis pantai dari kerusakan akibat dinamika laut (Giofandi et al., 2019). Dalam konteks perubahan iklim, lamun juga dikenal sebagai penyerap karbon yang sangat efektif melalui mekanisme penyimpanan karbon biru (blue carbon) (Dwikasari et al., 2024). Meskipun hanya mencakup sekitar 0,1% dari luas dasar samudra, padang lamun mampu menyimpan hingga sekitar 18% karbon laut dunia dalam biomassa dan sedimen di bawahnya (Dwikasari et al., 2024). Kemampuan ini menjadikan lamun sebagai salah satu ekosistem yang sangat penting dalam upaya mitigasi perubahan iklim global (Lestariningsih & Himawan, 2025). Oleh karena itu, keberadaan dan keberlanjutan padang lamun perlu mendapatkan perhatian serius dalam pengelolaan lingkungan pesisir.

b. Konservasi Padang Lamun

Dalam beberapa tahun terakhir, fenomena pemanasan laut juga mulai dirasakan di perairan Indonesia (Hartini et al., 2024). Kondisi ini menyebabkan terganggunya proses fisiologis lamun dan menurunkan tutupan lamun (Hartini et al., 2024). Oleh karena itu, upaya konservasi menjadi sangat penting dalam menjaga keberlanjutan ekosistem pesisir (Syukur, 2016).

Secara nasional, konservasi padang lamun di Indonesia telah menjadi bagian dari komitmen pemerintah dalam mendukung agenda global (Palupi et al., 2024). Berbagai kebijakan dan program rehabilitasi terus dikembangkan untuk menjaga ekosistem pesisir (Jaswadi & Zaerani, 2025).

Dalam implementasinya, konservasi padang lamun memerlukan dukungan pendanaan, penelitian, dan kolaborasi berbagai pihak (Syukur, 2016). Keterlibatan masyarakat pesisir menjadi faktor kunci dalam keberhasilan konservasi (Ardhiani et al., 2020). Dengan sinergi antara pemerintah, akademisi, dan masyarakat, konservasi lamun di Indonesia diharapkan mampu menjaga keberlanjutan ekosistem pesisir untuk generasi mendatang (Jaswadi & Zaerani, 2025).

3. Konservasi Estuari

Setelah membahas konservasi mangrove dan lamun sebagai komponen penting ekosistem pesisir, estuari juga memiliki peran yang tidak kalah strategis dalam menjaga keseimbangan lingkungan pesisir secara keseluruhan (Nontji, 2016). Estuari merupakan perairan semi tertutup yang terletak di bagian hilir sungai dan masih berhubungan langsung dengan laut, sehingga memungkinkan terjadinya pencampuran antara air tawar dan air laut (Supriadi, 2020). Kondisi ini menciptakan lingkungan yang unik dengan variasi salinitas yang dinamis serta kandungan nutrisi yang tinggi (Dahuri et al., 2013). Oleh

karena itu, estuari dikenal sebagai salah satu ekosistem paling produktif di dunia, sebanding dengan hutan hujan tropis dan terumbu karang (Nontji, 2016). Produktivitas ini didukung oleh tingginya aktivitas fotosintesis dari organisme produsen seperti fitoplankton dan vegetasi pesisir yang mampu mengubah energi cahaya menjadi energi biologis (Supriadi, 2020). Dengan karakteristik tersebut, estuari menjadi habitat penting bagi berbagai organisme serta berperan dalam mendukung keberlanjutan sumber daya perikanan di wilayah pesisir (Dahuri et al., 2013).

Namun demikian, ekosistem estuari di Indonesia merupakan wilayah yang sangat dinamis sekaligus rentan terhadap berbagai tekanan lingkungan, baik yang berasal dari aktivitas daratan maupun pemanfaatan sumber daya laut secara berlebihan (Rahayu et al., 2018). Salah satu faktor utama yang menyebabkan kerusakan estuari adalah meningkatnya sedimentasi akibat penebangan hutan dan pengelolaan lahan yang tidak berkelanjutan di daerah hulu (Arifin et al., 2019). Sedimen yang terbawa oleh aliran sungai dapat meningkatkan kekeruhan perairan dan mengganggu proses fotosintesis organisme akuatik (Rahayu et al., 2018). Selain itu, sedimentasi yang berlebihan juga dapat menyebabkan pendangkalan estuari, perubahan garis pantai, serta terbentuknya delta baru yang mengubah struktur fisik wilayah pesisir (Arifin et al., 2019). Dampak lain yang tidak kalah penting adalah terganggunya habitat organisme benthik yang hidup di dasar perairan, seperti moluska dan berbagai biota lainnya (Supriadi, 2020). Kondisi ini menunjukkan bahwa kerusakan di wilayah hulu memiliki dampak langsung terhadap ekosistem estuari di hilir.

Selain sedimentasi, tekanan terhadap ekosistem estuari juga berasal dari pola pemanfaatan sumber daya yang tidak memperhatikan daya dukung lingkungan (Dahuri et al. 2013). Eksploitasi sumber daya perikanan secara berlebihan di wilayah muara sungai dapat menyebabkan penurunan produktivitas ekosistem serta mengganggu keseimbangan rantai makanan

(Nontji. 2016). Di sisi lain, peningkatan aktivitas pembangunan di wilayah daratan, seperti industri, permukiman, dan pertanian, turut menyumbang beban pencemaran ke perairan estuari (Rahayu et al., 2018). Limbah domestik dan industri yang masuk melalui aliran sungai dapat menurunkan kualitas air dan membahayakan kehidupan organisme akuatik (Arifin et al., 2019). Bahkan, sebagian besar pencemaran di wilayah pesisir berasal dari aktivitas manusia di daratan yang tidak dikelola dengan baik (Dahuri et al., 2013). Kondisi ini semakin memperparah degradasi ekosistem estuari dan menuntut adanya pengelolaan yang lebih terintegrasi.

Ancaman lain yang cukup serius adalah perubahan pola aliran air akibat kegiatan konstruksi seperti pembangunan irigasi, drainase, dan pembukaan lahan (Rahayu et al., 2018). Perubahan ini dapat memengaruhi volume, debit, serta kualitas aliran air yang masuk ke estuari (Arifin et al. 2019). Penurunan debit air tawar dapat meningkatkan salinitas dan memperluas intrusi air laut ke arah hulu sungai (Supriadi, 2020). Dampak lanjutan dari kondisi ini adalah perubahan struktur ekosistem baik di wilayah perairan maupun daratan di sekitarnya, termasuk potensi intrusi air laut ke dalam air tanah (Rahayu et al., 2018). Selain itu, eutrofikasi akibat kelebihan nutrisi juga dapat memicu ledakan alga yang berdampak negatif terhadap keseimbangan ekosistem (Nontji, 2016). Berbagai ancaman tersebut menunjukkan bahwa estuari merupakan ekosistem yang sangat sensitif terhadap perubahan lingkungan.

Dalam konteks konservasi, pengelolaan ekosistem estuari di Indonesia perlu dilakukan melalui pendekatan terpadu yang mencakup wilayah hulu hingga hilir (Dahuri et al., 2013). Salah satu langkah penting adalah memperbaiki pengelolaan daerah aliran sungai (DAS) dengan menerapkan prinsip konservasi lahan untuk mengurangi erosi dan sedimentasi (Arifin et al., 2019). Selain itu, pengendalian pencemaran melalui pengolahan limbah sebelum dibuang ke badan air juga menjadi langkah yang sangat penting dalam menjaga kualitas perairan estuari (Rahayu et al., 2018). Pemanfaatan sumber daya

perikanan di wilayah estuari harus dilakukan secara bijaksana dengan memperhatikan daya dukung lingkungan agar tetap berkelanjutan (Nontji, 2016). Edukasi kepada masyarakat juga diperlukan untuk meningkatkan kesadaran akan pentingnya menjaga kebersihan dan kelestarian ekosistem estuari (Supriadi, 2020). Dengan demikian, konservasi estuari tidak hanya menjadi tanggung jawab pemerintah, tetapi juga seluruh elemen masyarakat.

Upaya konservasi estuari juga tidak dapat dipisahkan dari perlindungan ekosistem mangrove yang umumnya tumbuh di kawasan muara sungai (Dahuri et al., 2013). Mangrove memiliki peran penting dalam menyaring sedimen, menyediakan habitat bagi berbagai organisme, serta melindungi wilayah pesisir dari gelombang dan badai (Supriadi, 2020). Secara ekologis, mangrove berfungsi sebagai daerah asuhan, tempat mencari makan, dan lokasi pemijahan bagi berbagai biota perairan (Nontji, 2016). Selain itu, mangrove juga memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat melalui berbagai sumber daya yang dihasilkan (Dahuri et al., 2013). Oleh karena itu, konservasi mangrove secara tidak langsung juga mendukung keberlanjutan ekosistem estuari. Integrasi antara konservasi mangrove, lamun, dan estuari menjadi kunci dalam menjaga keseimbangan ekosistem pesisir secara menyeluruh (Rahayu et al., 2018).

B. Perlindungan Habitat Satwa Kunci di Pesisir

Ekosistem pesisir Indonesia merupakan salah satu kawasan dengan tingkat keanekaragaman hayati yang sangat tinggi dan memiliki peran strategis dalam menjaga keseimbangan lingkungan global. Selain berfungsi sebagai pelindung alami garis pantai, ekosistem pesisir juga menjadi habitat penting bagi berbagai satwa kunci (key species) yang memiliki peran ekologis signifikan dalam menjaga struktur dan fungsi ekosistem. Satwa kunci merupakan spesies yang keberadaannya sangat menentukan kestabilan ekosistem, sehingga perubahan populasi atau hilangnya spesies ini dapat menimbulkan dampak berantai terhadap organisme lain di

dalam ekosistem tersebut. Dalam konteks Indonesia, satwa kunci di wilayah pesisir mencakup berbagai kelompok seperti penyu laut, dugong, burung migran, serta ikan dan invertebrata yang memiliki nilai ekologis dan ekonomis tinggi. Habitat satwa-satwa tersebut umumnya berada pada ekosistem mangrove, lamun, dan estuari yang saling terhubung secara ekologis dan telah dibahas pada subbab sebelumnya. Oleh karena itu, perlindungan habitat menjadi aspek fundamental dalam upaya konservasi satwa kunci di wilayah pesisir. Upaya ini tidak hanya bertujuan untuk menjaga keanekaragaman hayati, tetapi juga untuk mempertahankan fungsi ekosistem yang mendukung kehidupan manusia secara berkelanjutan.

1. Jenis Satwa Kunci di Ekosistem Pesisir Indonesia

Indonesia dikenal sebagai salah satu negara megabiodiversitas yang memiliki kekayaan satwa laut yang sangat tinggi, termasuk berbagai satwa kunci yang bergantung pada ekosistem pesisir. Penyu laut, seperti penyu hijau (*Chelonia mydas*), penyu sisik (*Eretmochelys imbricata*), dan penyu lekang (*Lepidochelys olivacea*), merupakan contoh spesies yang sangat bergantung pada pantai berpasir sebagai lokasi bertelur serta pada padang lamun sebagai sumber pakan utama. Selain itu, dugong (*Dugong dugon*) merupakan mamalia laut herbivora yang sangat bergantung pada keberadaan lamun sebagai habitat dan sumber makanan, sehingga keberlanjutan populasi dugong sangat terkait dengan kondisi padang lamun. Burung migran juga menjadikan kawasan pesisir, khususnya estuari dan lahan basah, sebagai tempat singgah sementara dalam jalur migrasi internasional yang panjang. Di sisi lain, berbagai jenis ikan dan krustasea memanfaatkan ekosistem mangrove dan estuari sebagai daerah pembesaran (nursery ground) sebelum bermigrasi ke laut lepas. Keanekaragaman satwa kunci ini menunjukkan bahwa ekosistem pesisir Indonesia memiliki peran yang sangat kompleks dalam mendukung siklus hidup berbagai organisme. Oleh karena itu, keberadaan dan kualitas habitat pesisir menjadi faktor penentu dalam menjaga keberlanjutan populasi satwa kunci tersebut.

2. Ancaman terhadap Habitat Satwa Kunci

Habitat satwa kunci di wilayah pesisir Indonesia saat ini menghadapi tekanan yang semakin meningkat akibat berbagai aktivitas manusia dan perubahan lingkungan global. Salah satu ancaman utama adalah alih fungsi lahan pesisir, seperti konversi hutan mangrove menjadi tambak, permukiman, atau kawasan industri yang menyebabkan hilangnya habitat alami satwa.

Selain itu, pencemaran laut akibat limbah domestik, industri, serta sampah plastik juga memberikan dampak negatif terhadap kesehatan satwa dan kualitas habitatnya. Perubahan iklim global turut memperburuk kondisi ini melalui kenaikan suhu laut, peningkatan muka air laut, serta perubahan pola arus dan cuaca yang memengaruhi distribusi satwa. Aktivitas penangkapan ikan yang tidak ramah lingkungan, seperti penggunaan alat tangkap destruktif, juga dapat merusak habitat penting seperti terumbu karang dan padang lamun. Tekanan yang terjadi secara simultan ini menyebabkan penurunan populasi satwa kunci di berbagai wilayah pesisir Indonesia. Jika tidak ditangani secara serius, kondisi ini berpotensi mengganggu keseimbangan ekosistem dan mengurangi manfaat yang dapat diperoleh masyarakat dari sumber daya pesisir.

3. Strategi Perlindungan Habitat Satwa Kunci

Perlindungan habitat satwa kunci di wilayah pesisir Indonesia memerlukan pendekatan yang komprehensif, terintegrasi, dan berbasis ekosistem. Salah satu langkah utama yang dapat dilakukan adalah penetapan kawasan konservasi perairan yang mencakup habitat penting seperti pantai peneluran penyu, padang lamun, dan kawasan mangrove. Selain itu, upaya restorasi habitat yang telah mengalami degradasi juga perlu dilakukan untuk mengembalikan fungsi ekologisnya. Penguatan regulasi dan penegakan hukum terhadap aktivitas yang merusak lingkungan menjadi faktor penting dalam memastikan keberhasilan konservasi. Kegiatan monitoring dan penelitian secara berkala juga diperlukan

untuk mengetahui kondisi populasi satwa serta efektivitas program konservasi yang telah dilaksanakan. Pendekatan berbasis ilmu pengetahuan sangat diperlukan agar kebijakan yang diambil dapat tepat sasaran dan berkelanjutan. Dengan strategi yang terencana dan terintegrasi, perlindungan habitat satwa kunci diharapkan dapat memberikan hasil yang optimal dalam jangka panjang (BRIN, 2023; KKP, 2022).

4. Peran Masyarakat dan Kolaborasi Multipihak

Keberhasilan perlindungan habitat satwa kunci tidak dapat dilepaskan dari keterlibatan aktif masyarakat pesisir sebagai pemangku kepentingan utama. Masyarakat yang hidup di sekitar wilayah pesisir memiliki interaksi langsung dengan sumber daya alam sehingga perannya sangat penting dalam menjaga kelestarian lingkungan. Edukasi dan peningkatan kesadaran mengenai pentingnya habitat satwa kunci perlu terus dilakukan agar masyarakat memahami dampak dari aktivitas yang mereka lakukan. Selain itu, keterlibatan masyarakat dalam kegiatan konservasi seperti perlindungan sarang penyu, rehabilitasi mangrove, dan pengawasan kawasan dapat meningkatkan efektivitas pengelolaan. Kolaborasi antara pemerintah, akademisi, organisasi non-pemerintah, dan sektor swasta juga sangat diperlukan dalam menyediakan dukungan teknis, pendanaan, serta penguatan kapasitas. Pendekatan berbasis masyarakat terbukti mampu menciptakan rasa memiliki terhadap sumber daya alam sehingga meningkatkan keberlanjutan program konservasi. Dengan sinergi yang baik antar berbagai pihak, upaya perlindungan habitat satwa kunci dapat berjalan lebih efektif dan berkelanjutan (UNEP, 2021; BRIN, 2023).

5. Integrasi dengan Pengelolaan Ekosistem Pesisir

Perlindungan habitat satwa kunci pada dasarnya tidak dapat dipisahkan dari pengelolaan ekosistem pesisir secara menyeluruh dan terpadu. Ekosistem mangrove, lamun, dan estuari memiliki keterkaitan yang erat dalam mendukung kehidupan berbagai satwa kunci, sehingga kerusakan pada salah satu ekosistem akan berdampak pada keseluruhan

sistem. Oleh karena itu, pendekatan Integrated Coastal Zone Management (ICZM) menjadi sangat penting untuk diterapkan dalam pengelolaan wilayah pesisir di Indonesia. Pendekatan ini menekankan integrasi antara aspek ekologis, sosial, dan ekonomi dalam pengambilan keputusan terkait pengelolaan sumber daya pesisir. Dengan adanya integrasi tersebut, berbagai kepentingan dapat diakomodasi tanpa mengorbankan keberlanjutan lingkungan. Selain itu, pendekatan ini juga memungkinkan koordinasi yang lebih baik antar sektor dan wilayah dalam mengelola sumber daya pesisir. Dengan demikian, perlindungan habitat satwa kunci tidak hanya menjaga kelestarian spesies, tetapi juga mendukung keberlanjutan pembangunan pesisir secara keseluruhan (KKP, 2022; BRIN, 2023).

C. Restorasi Ekosistem Pesisir

Restorasi ekosistem pesisir merupakan upaya sistematis untuk memulihkan kondisi lingkungan pesisir yang telah mengalami degradasi agar kembali mendekati kondisi alaminya (Zega et al., 2024). Kerusakan ekosistem pesisir umumnya disebabkan oleh aktivitas manusia seperti penebangan mangrove, reklamasi pantai, pencemaran, serta eksploitasi sumber daya yang berlebihan (Putra et al., 2021). Selain itu, faktor alami seperti abrasi, perubahan iklim, dan kenaikan muka air laut juga turut memperparah kondisi ekosistem pesisir. Oleh karena itu, restorasi menjadi langkah penting dalam menjaga keseimbangan ekologis sekaligus mendukung keberlanjutan kehidupan masyarakat pesisir. Upaya restorasi tidak hanya berfokus pada aspek fisik lingkungan, tetapi juga memperhatikan aspek sosial dan ekonomi masyarakat setempat (Eddy. 2019). Dengan pendekatan yang terpadu, restorasi diharapkan mampu mengembalikan fungsi ekosistem sekaligus meningkatkan kesejahteraan masyarakat (Ramadhan et al., 2023).

Salah satu bentuk restorasi yang paling umum dilakukan adalah rehabilitasi hutan mangrove yang berperan penting sebagai pelindung pantai dari abrasi dan gelombang laut. Mangrove juga berfungsi sebagai habitat bagi berbagai jenis biota laut, termasuk ikan, kepiting, dan burung (Putra et al., 2021). Proses rehabilitasi mangrove dilakukan melalui penanaman kembali jenis-jenis mangrove yang sesuai dengan kondisi lingkungan setempat. Selain penanaman, diperlukan pula upaya perlindungan terhadap kawasan yang telah direhabilitasi agar tidak kembali mengalami kerusakan. Keterlibatan masyarakat lokal sangat penting dalam menjaga keberhasilan program ini karena mereka merupakan pihak yang berinteraksi langsung dengan ekosistem tersebut (Eddy et al., 2019). Dengan demikian, keberhasilan restorasi mangrove sangat bergantung pada sinergi antara pemerintah, masyarakat, dan berbagai pihak terkait.

Selain mangrove, restorasi juga dilakukan pada ekosistem lamun dan terumbu karang yang memiliki peran vital dalam menjaga keanekaragaman hayati laut. Lamun berfungsi sebagai tempat pemijahan dan pembesaran berbagai jenis ikan serta membantu menstabilkan sedimen di dasar perairan. Sementara itu, terumbu karang menjadi habitat utama bagi berbagai organisme laut dan berperan dalam melindungi garis pantai dari energi gelombang (Sagala et al., 2024). Restorasi terumbu karang biasanya dilakukan melalui transplantasi karang atau pemasangan struktur buatan sebagai media tumbuh karang. Namun, keberhasilan restorasi ini sangat dipengaruhi oleh kualitas perairan, seperti kejernihan air dan tingkat pencemaran (Putra et al., 2021). Oleh karena itu, upaya restorasi harus diiringi dengan pengelolaan lingkungan yang baik agar ekosistem dapat pulih secara optimal.

Dalam pelaksanaannya, restorasi ekosistem pesisir dilakukan melalui tahapan yang sistematis sebagai berikut :

1. Identifikasi dan Analisis Kondisi Awal

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kerusakan ekosistem, faktor penyebab degradasi, serta potensi pemulihan lingkungan pesisir.

2. Perencanaan Program Restorasi

Meliputi penentuan lokasi, jenis ekosistem yang akan direstorasi (mangrove, lamun, atau terumbu karang), metode yang digunakan, serta pihak-pihak yang terlibat.

3. Pelaksanaan Kegiatan Restorasi

Kegiatan ini mencakup penanaman mangrove, transplantasi karang, rehabilitasi lamun, serta tindakan teknis lainnya sesuai kondisi lapangan.

4. Pemeliharaan dan Perlindungan

Dilakukan untuk menjaga ekosistem yang telah direstorasi agar tidak kembali rusak, melalui pengawasan dan pengendalian aktivitas yang merusak lingkungan.

5. Monitoring dan Evaluasi

Tahap ini bertujuan untuk menilai keberhasilan restorasi berdasarkan indikator seperti pertumbuhan vegetasi, keanekaragaman hayati, dan kualitas lingkungan.

Pendekatan restorasi ekosistem pesisir saat ini semakin berkembang dengan mengintegrasikan prinsip berbasis ekosistem dan partisipasi masyarakat (Palupi et al., 2024). Pendekatan ini menekankan pentingnya memahami hubungan antar komponen ekosistem serta melibatkan masyarakat dalam setiap tahapan kegiatan, mulai dari perencanaan hingga evaluasi (Ramadhan et al., 2023). Edukasi dan peningkatan kesadaran masyarakat menjadi kunci dalam menjaga keberlanjutan hasil restorasi. Selain itu, pemanfaatan kearifan lokal juga dapat mendukung keberhasilan program karena masyarakat biasanya memiliki pengetahuan tradisional tentang pengelolaan lingkungan (Zega et al., 2024). Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efektivitas restorasi, tetapi juga memperkuat rasa kepemilikan masyarakat terhadap

lingkungan pesisir. Dengan demikian, ekosistem yang telah direstorasi dapat dijaga secara berkelanjutan.

Keberhasilan restorasi ekosistem pesisir dapat diukur melalui berbagai indikator, seperti peningkatan tutupan vegetasi, keanekaragaman hayati, serta kualitas perairan. Selain itu, dampak sosial ekonomi seperti peningkatan hasil tangkapan nelayan dan peluang ekowisata juga menjadi indikator penting (Ramadhan et al., 2023). Namun, restorasi bukanlah proses yang instan, melainkan membutuhkan waktu yang panjang serta komitmen yang kuat dari berbagai pihak. Monitoring dan evaluasi secara berkelanjutan menjadi kunci untuk memastikan keberhasilan jangka panjang. Tantangan seperti perubahan iklim dan tekanan pembangunan harus diantisipasi dengan strategi yang adaptif dan berkelanjutan (Palupi et al., 2024). Oleh karena itu, restorasi ekosistem pesisir harus menjadi bagian dari kebijakan pengelolaan wilayah pesisir secara menyeluruh dan berjangka panjang.

D. Pengelolaan Kawasan Pesisir Terintegritas

Pengelolaan kawasan pesisir terintegrasi merupakan suatu pendekatan komprehensif yang dirancang untuk mengelola sumber daya pesisir secara menyeluruh, terpadu, dan berkelanjutan dengan mempertimbangkan berbagai aspek yang saling berkaitan. Kawasan pesisir memiliki karakteristik yang sangat kompleks karena merupakan wilayah peralihan antara ekosistem daratan dan lautan, sehingga dinamika ekologis, sosial, dan ekonomi berlangsung secara bersamaan dan saling memengaruhi. Berbagai aktivitas manusia seperti perikanan, pariwisata, industri, transportasi laut, hingga pembangunan permukiman seringkali menimbulkan tekanan yang signifikan terhadap kondisi lingkungan pesisir (Arifin et al., 2022; Jurnal Ilmu Kelautan Indonesia). Tekanan tersebut apabila tidak dikelola dengan baik dapat menyebabkan degradasi lingkungan, penurunan kualitas ekosistem, serta konflik pemanfaatan ruang dan sumber daya. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem pengelolaan yang mampu mengintegrasikan berbagai kepentingan tersebut secara

seimbang tanpa mengorbankan kelestarian lingkungan. Dengan pendekatan yang terintegrasi, pengelolaan kawasan pesisir diharapkan mampu menciptakan harmoni antara pemanfaatan sumber daya dan upaya konservasi lingkungan dalam jangka panjang.

Konsep pengelolaan kawasan pesisir terintegrasi dikenal luas dengan istilah *Integrated Coastal Zone Management (ICZM)*, yang menekankan pentingnya koordinasi lintas sektor, lintas wilayah administratif, serta keterlibatan berbagai pemangku kepentingan dalam proses pengelolaan. ICZM bertujuan untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya pesisir secara bijaksana dengan tetap menjaga keseimbangan ekosistem dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat yang bergantung pada wilayah tersebut. Dalam implementasinya, pendekatan ini melibatkan berbagai aktor seperti pemerintah pusat dan daerah, masyarakat lokal, sektor swasta, akademisi, serta organisasi non-pemerintah yang memiliki kepentingan terhadap kawasan pesisir (Pratama & Sari, 2021; Jurnal Pesisir dan Laut Tropis). Setiap pihak memiliki peran dan tanggung jawab yang berbeda, namun saling melengkapi dalam proses perencanaan, pelaksanaan, hingga pengawasan kebijakan dan program pengelolaan. Koordinasi yang efektif antar pihak menjadi kunci utama dalam menghindari tumpang tindih kebijakan serta meminimalisir konflik kepentingan yang sering terjadi di kawasan pesisir. Dengan demikian, ICZM tidak hanya menjadi pendekatan teknis, tetapi juga menjadi kerangka kerja kolaboratif yang mendukung tata kelola pesisir yang lebih baik.

Salah satu prinsip utama dalam pengelolaan kawasan pesisir terintegrasi adalah prinsip keberlanjutan (*sustainability*), yang menekankan bahwa pemanfaatan sumber daya harus dilakukan secara bijaksana tanpa melebihi daya dukung dan daya tampung lingkungan. Prinsip ini mengharuskan adanya keseimbangan antara kebutuhan ekonomi, kelestarian lingkungan, dan kesejahteraan sosial masyarakat pesisir. Selain itu, prinsip partisipasi masyarakat juga menjadi elemen penting dalam

memastikan bahwa kebijakan dan program yang dirancang sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lokal (Sutrisno et al., 2020; Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Pesisir). Masyarakat pesisir sebagai pihak yang paling dekat dengan sumber daya memiliki pengetahuan lokal yang sangat berharga dalam mendukung keberhasilan pengelolaan. Prinsip transparansi dan akuntabilitas juga perlu diterapkan dalam setiap proses pengambilan keputusan agar tercipta kepercayaan dan keadilan bagi semua pihak yang terlibat. Pendekatan berbasis ekosistem (*ecosystem-based approach*) menjadi landasan dalam memahami keterkaitan antar komponen lingkungan, sehingga setiap kebijakan yang diambil tidak merusak keseimbangan alami yang ada. Dengan menerapkan prinsip-prinsip tersebut secara konsisten, pengelolaan kawasan pesisir dapat berjalan secara lebih efektif, adaptif, dan berkelanjutan.

Dalam pelaksanaannya, pengelolaan kawasan pesisir terintegrasi dilakukan melalui serangkaian tahapan yang sistematis dan berkelanjutan untuk memastikan bahwa setiap langkah yang diambil memiliki dasar yang kuat dan terarah. Tahap awal dimulai dengan identifikasi potensi dan permasalahan kawasan pesisir secara menyeluruh, yang mencakup aspek biofisik, sosial, ekonomi, serta kelembagaan yang ada di wilayah tersebut. Proses ini biasanya melibatkan pengumpulan data, survei lapangan, serta konsultasi dengan berbagai pihak terkait untuk memperoleh gambaran kondisi yang akurat. Tahap berikutnya adalah perencanaan strategis yang dilakukan secara partisipatif dengan melibatkan seluruh pemangku kepentingan, sehingga kebijakan yang dihasilkan dapat diterima dan didukung oleh semua pihak (Nugroho et al., 2021; Jurnal Kelautan Nasional). Setelah itu, dilakukan implementasi program pengelolaan yang mencakup berbagai kegiatan seperti penataan ruang melalui zonasi, pengendalian pencemaran, konservasi ekosistem, serta pengembangan ekonomi berbasis sumber daya lokal. Tahap selanjutnya adalah monitoring dan evaluasi yang dilakukan secara berkala

untuk menilai efektivitas program serta mengidentifikasi aspek yang perlu diperbaiki. Proses ini bersifat dinamis dan adaptif, sehingga dapat disesuaikan dengan perubahan kondisi lingkungan maupun kebutuhan masyarakat yang terus berkembang.

Pengelolaan kawasan pesisir terintegrasi tidak terlepas dari berbagai tantangan yang kompleks dan beragam, baik yang bersifat internal maupun eksternal. Salah satu tantangan utama adalah konflik kepentingan antar sektor, seperti antara kegiatan konservasi dan eksploitasi sumber daya yang seringkali memiliki tujuan yang berbeda. Selain itu, keterbatasan sumber daya manusia yang memiliki kapasitas dan kompetensi dalam pengelolaan pesisir juga menjadi kendala dalam implementasi program yang efektif (Hidayat & Lestari, 2023; Jurnal Ilmu Lingkungan Pesisir). Lemahnya koordinasi antar lembaga pemerintah serta kurangnya sinkronisasi kebijakan antar tingkat pemerintahan juga dapat menghambat keberhasilan pengelolaan. Di sisi lain, perubahan iklim global yang menyebabkan kenaikan muka air laut, peningkatan suhu, serta frekuensi bencana pesisir seperti banjir rob dan abrasi menjadi tantangan serius yang harus dihadapi. Untuk mengatasi berbagai tantangan tersebut, diperlukan kebijakan yang adaptif, inovatif, serta didukung oleh komitmen yang kuat dari semua pihak. Penguatan kapasitas kelembagaan, peningkatan kesadaran masyarakat, serta pemanfaatan teknologi menjadi langkah strategis dalam mendukung keberhasilan pengelolaan kawasan pesisir.

Secara keseluruhan, pengelolaan kawasan pesisir terintegrasi merupakan pendekatan yang sangat penting dan relevan dalam menghadapi berbagai permasalahan yang terjadi di wilayah pesisir saat ini. Pendekatan ini menekankan pentingnya sinergi antar sektor, penerapan prinsip keberlanjutan, serta keterlibatan aktif masyarakat dalam setiap proses pengelolaan. Dengan pengelolaan yang baik dan terencana, kawasan pesisir tidak hanya dapat dilindungi dari kerusakan, tetapi juga dapat dimanfaatkan secara optimal untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat (Wibowo

et al., 2022; Jurnal Kebijakan Kelautan Indonesia). Kawasan pesisir yang dikelola secara terintegrasi memiliki potensi besar untuk menjadi sumber daya ekonomi yang produktif sekaligus tetap menjaga fungsi ekologisnya. Oleh karena itu, penerapan konsep ini harus terus dikembangkan, diperkuat, dan disesuaikan dengan dinamika perubahan lingkungan serta kebutuhan pembangunan yang terus berkembang. Dengan komitmen dan kerja sama yang kuat dari berbagai pihak, pengelolaan kawasan pesisir terintegrasi dapat menjadi kunci dalam mewujudkan pembangunan pesisir yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan.

E. Ketahanan Ekosistem Pesisir terhadap Perubahan Lingkungan

Ketahanan ekosistem pesisir terhadap perubahan lingkungan merupakan konsep kunci dalam ilmu ekologi yang merujuk pada kemampuan suatu sistem ekologi untuk menyerap gangguan, beradaptasi terhadap perubahan, serta mempertahankan struktur dan fungsi dasarnya dalam jangka panjang. Ekosistem pesisir, yang mencakup hutan mangrove, padang lamun, dan terumbu karang, merupakan sistem yang sangat dinamis dan kompleks karena berada pada zona transisi antara daratan dan lautan. Interaksi antara faktor fisik, kimia, dan biologis dalam ekosistem ini berlangsung secara intensif, sehingga perubahan kecil sekalipun dapat berdampak signifikan terhadap keseimbangan sistem (Arifianto et al., 2022). Dalam konteks global, tekanan terhadap ekosistem pesisir semakin meningkat akibat aktivitas antropogenik seperti urbanisasi, industrialisasi, dan eksploitasi sumber daya alam yang tidak berkelanjutan. Di sisi lain, perubahan iklim global turut memperparah kondisi melalui kenaikan muka air laut, peningkatan suhu, serta perubahan pola cuaca ekstrem. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam mengenai ketahanan ekosistem pesisir menjadi sangat penting sebagai dasar dalam merumuskan strategi pengelolaan dan konservasi yang efektif dan berkelanjutan (Wahyudi et al., 2021; Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Pesisir).

Keanekaragaman hayati merupakan salah satu determinan utama dalam menentukan tingkat ketahanan suatu ekosistem pesisir terhadap perubahan lingkungan. Ekosistem dengan tingkat biodiversitas yang tinggi cenderung memiliki stabilitas yang lebih baik karena adanya redundansi fungsi ekologis di antara spesies-spesies yang ada. Redundansi ini memungkinkan sistem untuk tetap berfungsi meskipun terjadi gangguan pada salah satu komponen biotiknya, karena peran ekologis tersebut dapat digantikan oleh spesies lain yang memiliki fungsi serupa (Sari et al., 2020). Selain itu, kompleksitas struktur habitat, seperti akar mangrove yang rapat atau struktur karang yang berlapis, juga memberikan perlindungan tambahan terhadap gangguan fisik seperti gelombang dan arus kuat. Dalam konteks ini, kehilangan keanekaragaman hayati tidak hanya berdampak pada berkurangnya jumlah spesies, tetapi juga melemahkan daya lenting (*resilience*) ekosistem secara keseluruhan. Oleh sebab itu, upaya konservasi yang berfokus pada perlindungan keanekaragaman hayati menjadi sangat strategis dalam meningkatkan ketahanan ekosistem pesisir. Pendekatan ini harus dilakukan secara holistik dengan mempertimbangkan keterkaitan antar spesies serta interaksi antara komponen biotik dan abiotik (Nugraha et al., 2023).

Perubahan iklim global merupakan faktor eksternal yang memberikan tekanan signifikan terhadap ketahanan ekosistem pesisir di berbagai belahan dunia. Peningkatan suhu permukaan laut telah terbukti menyebabkan fenomena pemutihan terumbu karang (*coral bleaching*), yang terjadi akibat terganggunya simbiosis antara karang dan *zooxanthellae*. Dampak dari fenomena ini tidak hanya mengakibatkan kematian karang, tetapi juga mengganggu keseluruhan rantai makanan laut yang bergantung pada ekosistem tersebut (Hidayat et al., 2021). Selain itu, kenaikan muka air laut secara bertahap dapat menyebabkan pergeseran zonasi ekosistem pesisir, bahkan berpotensi menenggelamkan habitat-habitat penting seperti mangrove dan lamun. Perubahan pola curah hujan dan meningkatnya intensitas badai tropis juga dapat

menyebabkan erosi pantai, sedimentasi berlebihan, serta kerusakan fisik pada ekosistem pesisir. Kombinasi dari berbagai faktor ini menciptakan tekanan multipel yang dapat melampaui kapasitas adaptasi alami ekosistem. Oleh karena itu, diperlukan strategi mitigasi dan adaptasi yang berbasis ilmiah serta terintegrasi untuk mengurangi dampak perubahan iklim terhadap ekosistem pesisir (Prasetyo et al., 2022; Jurnal Perubahan Iklim dan Lingkungan).

Upaya peningkatan ketahanan ekosistem pesisir dapat dilakukan melalui pendekatan yang komprehensif, adaptif, dan berbasis ekosistem. Salah satu strategi yang efektif adalah restorasi ekosistem yang telah mengalami degradasi, seperti rehabilitasi mangrove, transplantasi terumbu karang, dan pemulihan padang lamun. Restorasi tidak hanya bertujuan untuk mengembalikan kondisi fisik ekosistem, tetapi juga untuk memulihkan fungsi ekologisnya, termasuk peran dalam penyerapan karbon, perlindungan pantai, dan penyediaan habitat bagi biota laut (Rizki et al., 2020). Selain itu, penerapan prinsip pengelolaan sumber daya pesisir secara berkelanjutan juga sangat penting dalam mengurangi tekanan terhadap ekosistem. Hal ini mencakup pengendalian pencemaran, pembatasan aktivitas eksploitasi yang merusak, serta penerapan zonasi wilayah pesisir yang berbasis pada daya dukung lingkungan. Edukasi dan pemberdayaan masyarakat pesisir juga menjadi komponen penting dalam meningkatkan ketahanan ekosistem, karena keberhasilan pengelolaan sangat bergantung pada partisipasi aktif masyarakat (Putra et al., 2021).

Selain aspek ekologis dan sosial, dimensi kelembagaan dan kebijakan juga memainkan peran yang sangat penting dalam mendukung ketahanan ekosistem pesisir. Pemerintah sebagai pengambil kebijakan memiliki tanggung jawab untuk merumuskan regulasi yang berbasis pada prinsip keberlanjutan dan didukung oleh data ilmiah yang akurat. Kebijakan tersebut harus mencakup perlindungan kawasan konservasi, pengelolaan wilayah pesisir secara terpadu, serta

pengendalian aktivitas yang berpotensi merusak lingkungan (Kurniawan et al., 2022). Implementasi kebijakan memerlukan sistem pengawasan yang efektif serta penegakan hukum yang konsisten untuk memastikan kepatuhan dari seluruh pihak. Selain itu, kerja sama lintas sektor dan lintas wilayah menjadi sangat penting mengingat ekosistem pesisir tidak mengenal batas administratif. Dukungan dari penelitian ilmiah dan inovasi teknologi juga dapat meningkatkan efektivitas pengelolaan, misalnya melalui pemantauan kondisi ekosistem secara real-time atau penggunaan metode restorasi yang lebih efisien. Dengan kerangka kelembagaan yang kuat, upaya peningkatan ketahanan ekosistem pesisir dapat dilakukan secara lebih sistematis dan berkelanjutan.

Secara keseluruhan, ketahanan ekosistem pesisir terhadap perubahan lingkungan merupakan fondasi utama dalam menjaga keberlanjutan fungsi ekologis dan kesejahteraan masyarakat pesisir. Ekosistem yang memiliki tingkat ketahanan yang tinggi akan mampu menyerap berbagai tekanan, beradaptasi terhadap perubahan, serta pulih kembali setelah mengalami gangguan. Oleh karena itu, upaya untuk meningkatkan ketahanan ekosistem pesisir harus dilakukan secara terpadu dengan melibatkan berbagai disiplin ilmu, pemangku kepentingan, serta pendekatan yang berbasis pada prinsip keberlanjutan. Dalam menghadapi tantangan global seperti perubahan iklim dan degradasi lingkungan yang semakin kompleks, penguatan ketahanan ekosistem pesisir menjadi suatu keharusan yang tidak dapat diabaikan (Setiawan et al., 2023). Dengan komitmen yang kuat serta sinergi antar berbagai pihak, ekosistem pesisir dapat tetap berfungsi secara optimal dan memberikan manfaat yang berkelanjutan bagi generasi masa kini maupun generasi yang akan datang

Bab IX

METODE INVENTARISASI DAN MONITORING

A. Inventarisasi Satwa Liar

Inventarisasi satwa liar merupakan kegiatan penting dalam upaya konservasi dan pengelolaan sumber daya alam hayati. Kegiatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis, jumlah, distribusi, serta kondisi populasi satwa liar di suatu wilayah tertentu. Data yang diperoleh dari inventarisasi menjadi dasar dalam penyusunan kebijakan konservasi, perlindungan habitat, serta penelitian ekologi. Menurut Alikodra (2010), inventarisasi satwa liar sangat berperan dalam menjaga keseimbangan ekosistem serta mendukung pengelolaan keanekaragaman hayati secara berkelanjutan.

Salah satu metode yang sering digunakan adalah metode pengamatan langsung (*direct observation*), yaitu teknik inventarisasi dengan cara mengamati satwa secara langsung di habitat alaminya. Metode ini biasanya digunakan pada satwa yang mudah terlihat, seperti mamalia besar atau burung di habitat terbuka. Keunggulan metode ini terletak pada keakuratan data karena pengamatan dilakukan secara langsung serta memungkinkan peneliti untuk mengamati perilaku satwa secara *real-time*. Namun demikian, metode ini memiliki keterbatasan, terutama pada satwa yang aktif di malam hari atau memiliki perilaku menghindari manusia.

Selain itu, hasil pengamatan juga sangat bergantung pada kemampuan dan pengalaman pengamat. Sutherland (2006) menyatakan bahwa metode ini paling efektif untuk satwa berukuran besar dengan mobilitas relatif rendah.

Selain pengamatan langsung, metode tidak langsung atau pengamatan jejak (indirect observation) juga banyak digunakan dalam inventarisasi satwa liar. Metode ini dilakukan dengan mengidentifikasi tanda-tanda keberadaan satwa, seperti jejak kaki, kotoran, sarang, atau bekas aktivitas lainnya. Metode ini umumnya digunakan pada satwa yang sulit diamati secara langsung, seperti predator besar atau satwa nokturnal. Kelebihan metode ini adalah mampu mendeteksi keberadaan satwa tanpa harus bertemu langsung dengan individu tersebut, sehingga tidak mengganggu aktivitas alami satwa. Namun, metode ini memiliki keterbatasan dalam menentukan jumlah individu secara pasti dan membutuhkan keahlian khusus dalam mengidentifikasi jenis jejak. Selain itu, kondisi lingkungan seperti hujan dapat menghilangkan jejak yang ada. Alikodra (2010) menegaskan bahwa metode ini sangat penting untuk satwa yang bersifat elusive atau sulit ditemukan.

Metode lain yang banyak digunakan adalah metode transek garis (line transect), yaitu teknik survei yang dilakukan dengan berjalan sepanjang jalur tertentu dan mencatat semua satwa yang ditemukan di sepanjang jalur tersebut. Metode ini sering digunakan untuk memperkirakan kepadatan populasi satwa di suatu wilayah, baik di hutan maupun padang rumput. Keunggulan metode ini adalah sistematis dan dapat memberikan estimasi populasi yang cukup akurat jika dilakukan dengan prosedur yang benar. Namun, metode ini memerlukan waktu, tenaga, serta sumber daya yang cukup besar. Selain itu, hasil yang diperoleh juga dapat dipengaruhi oleh kemampuan pengamat dalam mendeteksi satwa. Buckland et al. (2001) menjelaskan bahwa metode transek garis merupakan salah satu teknik utama dalam analisis populasi satwa liar.

Seiring perkembangan teknologi, penggunaan kamera trap (camera trap) menjadi salah satu metode modern yang

banyak diterapkan dalam inventarisasi satwa liar. Metode ini menggunakan kamera otomatis yang dipasang di lokasi tertentu dan akan aktif ketika mendeteksi pergerakan satwa. Metode ini sangat efektif digunakan untuk satwa yang sulit diamati secara langsung, seperti satwa nokturnal atau satwa langka. Kelebihan utama metode ini adalah mampu merekam aktivitas satwa tanpa kehadiran manusia sehingga data yang diperoleh lebih alami. Selain itu, data berupa foto atau video dapat digunakan sebagai bukti dokumentasi. Namun, metode ini memiliki keterbatasan berupa biaya yang relatif tinggi, kebutuhan analisis data yang cukup lama, serta risiko kerusakan alat di lapangan. O'Connell et al. (2011) menyatakan bahwa kamera trap merupakan inovasi penting dalam penelitian ekologi modern.

Metode penangkapan dan penandaan (capture-mark-recapture) juga digunakan dalam inventarisasi satwa liar, khususnya untuk memperkirakan ukuran populasi. Metode ini dilakukan dengan menangkap satwa, memberikan tanda tertentu, kemudian melepaskannya kembali ke habitatnya, dan selanjutnya dilakukan penangkapan ulang untuk melihat jumlah individu yang telah ditandai. Metode ini umumnya digunakan pada satwa berukuran kecil seperti tikus, burung kecil, atau serangga. Kelebihan metode ini adalah mampu memberikan estimasi populasi yang lebih akurat serta dapat digunakan untuk mempelajari dinamika populasi dalam jangka panjang. Namun, metode ini memiliki keterbatasan berupa potensi stres pada satwa, kebutuhan izin penelitian, serta waktu pelaksanaan yang relatif lama. Krebs (2014) menjelaskan bahwa metode ini merupakan pendekatan klasik dalam studi ekologi populasi.

Metode point count atau titik hitung juga sering digunakan, terutama dalam inventarisasi burung. Metode ini dilakukan dengan cara mengamati satwa dari titik tertentu dan mencatat semua individu yang terlihat atau terdengar dalam radius tertentu. Metode ini biasanya digunakan di habitat hutan atau area dengan vegetasi yang cukup rapat. Keunggulan metode

ini adalah efisien, mudah dilakukan, serta tidak memerlukan peralatan yang kompleks. Namun, metode ini sangat bergantung pada kemampuan pengamat dalam mengidentifikasi suara satwa, serta memiliki keterbatasan dalam memperkirakan jumlah populasi secara keseluruhan. Bibby et al. (2000) menyatakan bahwa metode point count merupakan teknik standar dalam survei burung di berbagai belahan dunia.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa setiap metode inventarisasi satwa liar memiliki karakteristik, kelebihan, dan keterbatasan masing-masing. Oleh karena itu, pemilihan metode harus disesuaikan dengan jenis satwa, kondisi habitat, serta tujuan penelitian. Dalam praktiknya, kombinasi beberapa metode sering digunakan untuk memperoleh data yang lebih akurat dan komprehensif, sehingga dapat mendukung upaya konservasi dan pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan.

B. Pemantauan Habitat

Pemantauan habitat merupakan bagian penting dalam kegiatan inventarisasi dan pengelolaan satwa liar, karena kondisi habitat sangat menentukan keberlangsungan hidup suatu spesies. Habitat yang baik akan menyediakan kebutuhan dasar satwa seperti makanan, air, tempat berlindung, serta ruang untuk berkembang biak. Oleh karena itu, pemantauan habitat bertujuan untuk mengetahui perubahan kondisi lingkungan, baik yang disebabkan oleh faktor alami maupun aktivitas manusia. Menurut Alikodra (2010), pemantauan habitat merupakan langkah strategis dalam mendukung keberhasilan konservasi, karena kerusakan habitat merupakan salah satu penyebab utama penurunan populasi satwa liar.

Salah satu metode yang umum digunakan dalam pemantauan habitat adalah analisis vegetasi. Metode ini dilakukan dengan mengamati dan mengukur komposisi serta struktur vegetasi di suatu wilayah, seperti jenis tumbuhan, kepadatan, dan dominansi spesies. Analisis vegetasi biasanya digunakan ketika peneliti ingin mengetahui kualitas habitat, terutama dalam kaitannya dengan ketersediaan pakan bagi

satwa herbivora maupun tempat berlindung bagi berbagai jenis satwa. Kelebihan metode ini adalah mampu memberikan gambaran yang cukup lengkap mengenai kondisi habitat secara ekologis. Namun, metode ini memiliki keterbatasan berupa kebutuhan waktu dan tenaga yang cukup besar serta memerlukan keahlian dalam identifikasi tumbuhan. Mueller-Dombois dan Ellenberg (1974) menyatakan bahwa analisis vegetasi merupakan dasar dalam studi ekologi habitat.

Selain itu, metode pemantauan kualitas lingkungan juga sering digunakan, seperti pengukuran suhu, kelembapan, pH tanah, serta ketersediaan air. Metode ini digunakan ketika peneliti ingin mengetahui kondisi fisik dan kimia habitat yang dapat memengaruhi kehidupan satwa. Kelebihan metode ini adalah mampu memberikan data kuantitatif yang akurat dan terukur. Namun, keterbatasannya adalah memerlukan alat khusus serta tidak secara langsung menunjukkan keberadaan atau jumlah satwa. Odum (1993) menjelaskan bahwa faktor fisik lingkungan sangat berpengaruh terhadap distribusi organisme di suatu ekosistem.

Metode lain yang berkembang pesat adalah penggunaan teknologi penginderaan jauh (remote sensing) dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Metode ini digunakan untuk memantau perubahan habitat dalam skala luas, seperti deforestasi, perubahan tutupan lahan, atau fragmentasi habitat. Penggunaan citra satelit memungkinkan peneliti untuk mengamati kondisi habitat tanpa harus terjun langsung ke lapangan. Kelebihan metode ini adalah efisien dalam cakupan wilayah yang luas serta dapat digunakan untuk pemantauan jangka panjang. Namun, metode ini memiliki keterbatasan berupa biaya yang relatif tinggi, kebutuhan keahlian teknis, serta resolusi data yang terkadang tidak detail untuk skala kecil. Menurut Jensen (2005), penginderaan jauh merupakan alat yang sangat efektif dalam analisis perubahan lingkungan.

Selain metode tersebut, survei lapangan secara langsung juga tetap diperlukan dalam pemantauan habitat. Metode ini dilakukan dengan mengamati kondisi habitat secara langsung,

seperti tingkat kerusakan hutan, keberadaan aktivitas manusia, atau perubahan ekosistem akibat bencana alam. Metode ini digunakan untuk melengkapi data dari metode lain dan memberikan gambaran yang lebih nyata tentang kondisi di lapangan. Kelebihannya adalah data yang diperoleh lebih kontekstual dan faktual. Namun, keterbatasannya adalah membutuhkan waktu, tenaga, serta biaya yang cukup besar, terutama untuk wilayah yang sulit dijangkau. Sutherland (2006) menyebutkan bahwa kombinasi antara survei lapangan dan teknologi modern akan menghasilkan data yang lebih akurat.

Pemantauan habitat juga dapat dilakukan dengan menggunakan bioindikator, yaitu organisme tertentu yang dapat menunjukkan kondisi lingkungan. Misalnya, keberadaan lumut atau serangga tertentu dapat menunjukkan kualitas udara atau air. Metode ini digunakan ketika peneliti ingin mengetahui tingkat kesehatan ekosistem secara biologis. Kelebihan metode ini adalah relatif murah dan dapat memberikan gambaran kondisi lingkungan secara alami. Namun, metode ini memiliki keterbatasan karena interpretasi data memerlukan keahlian khusus dan tidak selalu memberikan hasil yang spesifik. Krebs (2014) menyatakan bahwa bioindikator merupakan alat penting dalam menilai kualitas lingkungan secara ekologis.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa pemantauan habitat merupakan kegiatan yang sangat penting dalam mendukung inventarisasi dan konservasi satwa liar. Berbagai metode dapat digunakan, mulai dari analisis vegetasi, pengukuran kualitas lingkungan, penginderaan jauh, survei lapangan, hingga penggunaan bioindikator. Setiap metode memiliki kelebihan dan keterbatasan, sehingga pemilihan metode harus disesuaikan dengan tujuan penelitian dan kondisi lapangan. Dalam praktiknya, kombinasi beberapa metode sangat dianjurkan untuk memperoleh data yang lebih komprehensif dan akurat, sehingga dapat mendukung pengelolaan habitat secara berkelanjutan.

C. Teknik Survei Lapangan

Teknik survei lapangan merupakan bagian penting dalam kegiatan inventarisasi dan pemantauan sumber daya alam, khususnya dalam kajian satwa liar dan habitatnya. Survei lapangan dilakukan untuk memperoleh data secara langsung dari lokasi penelitian, sehingga data yang dihasilkan bersifat faktual dan kontekstual. Teknik ini tidak hanya berfungsi untuk mengumpulkan data tentang keberadaan satwa, tetapi juga untuk memahami kondisi lingkungan, interaksi antarorganisme, serta pengaruh aktivitas manusia terhadap ekosistem. Menurut Alikodra (2010), survei lapangan merupakan metode dasar dalam penelitian ekologi karena memberikan gambaran nyata mengenai kondisi sumber daya alam di lapangan.

Salah satu teknik yang umum digunakan dalam survei lapangan adalah teknik observasi langsung. Teknik ini dilakukan dengan cara mengamati objek penelitian secara langsung di habitatnya, baik terhadap satwa maupun kondisi lingkungannya. Teknik observasi langsung biasanya digunakan ketika peneliti ingin memperoleh data mengenai perilaku satwa, pola aktivitas, serta interaksi dengan lingkungan. Kelebihan dari teknik ini adalah data yang diperoleh bersifat aktual dan dapat menggambarkan kondisi sebenarnya di lapangan. Namun, teknik ini memiliki keterbatasan, seperti keterbatasan jangkauan pengamatan, pengaruh kehadiran manusia terhadap perilaku satwa, serta ketergantungan pada kemampuan pengamat. Menurut Indrawan, Primack, dan Supriatna (2012), observasi langsung sangat penting dalam memahami dinamika ekosistem secara nyata.

Selain observasi langsung, teknik wawancara juga sering digunakan dalam survei lapangan, terutama untuk melengkapi data ekologis dengan informasi sosial. Teknik ini dilakukan dengan cara menggali informasi dari masyarakat setempat, seperti petani, pemburu, atau masyarakat adat yang memiliki pengetahuan lokal tentang keberadaan satwa dan kondisi

lingkungan. Teknik wawancara digunakan ketika data ilmiah terbatas atau ketika peneliti membutuhkan informasi historis mengenai perubahan lingkungan. Kelebihan teknik ini adalah mampu memperoleh data yang tidak dapat diamati secara langsung serta memperkaya informasi dengan perspektif lokal. Namun, teknik ini memiliki keterbatasan berupa potensi bias informasi dan subjektivitas responden. Menurut Soerianegara dan Indrawan (2005), pengetahuan lokal masyarakat sangat penting dalam mendukung kegiatan konservasi.

Teknik pencatatan data lapangan (field recording) juga merupakan bagian penting dalam survei lapangan. Teknik ini dilakukan dengan mencatat semua hasil pengamatan secara sistematis, baik dalam bentuk catatan lapangan, tabel, maupun dokumentasi visual seperti foto dan video. Teknik ini digunakan dalam semua kegiatan survei untuk memastikan bahwa data yang diperoleh terdokumentasi dengan baik dan dapat dianalisis lebih lanjut. Kelebihan teknik ini adalah memudahkan proses pengolahan dan analisis data serta meningkatkan akurasi hasil penelitian. Namun, keterbatasannya adalah membutuhkan ketelitian dan konsistensi tinggi dari peneliti serta berpotensi terjadi kesalahan pencatatan. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2017), pencatatan data yang baik merupakan kunci keberhasilan dalam kegiatan monitoring lingkungan.

Selain itu, teknik penggunaan plot dan transek juga sering diterapkan dalam survei lapangan. Teknik ini dilakukan dengan membuat batas area tertentu (plot) atau jalur pengamatan (transek) untuk memudahkan pengambilan data secara sistematis. Teknik ini digunakan ketika peneliti ingin memperoleh data yang representatif dari suatu wilayah. Kelebihan teknik ini adalah data yang diperoleh lebih terstruktur dan dapat dibandingkan antar lokasi. Namun, teknik ini memiliki keterbatasan berupa kebutuhan waktu dan tenaga yang cukup besar serta keterbatasan dalam menjangkau area yang luas. Menurut Kusmana (1997), penggunaan plot dan transek merupakan teknik dasar dalam penelitian ekologi vegetasi dan habitat.

Perkembangan teknologi juga turut memengaruhi teknik survei lapangan, seperti penggunaan Global Positioning System (GPS) untuk menentukan titik koordinat lokasi penelitian. Penggunaan GPS sangat membantu dalam pemetaan lokasi, penentuan jalur survei, serta dokumentasi spasial data. Teknik ini digunakan dalam hampir semua kegiatan survei modern karena memberikan data lokasi yang akurat. Kelebihan metode ini adalah meningkatkan ketepatan data spasial serta memudahkan integrasi dengan peta digital. Namun, keterbatasannya adalah ketergantungan pada perangkat elektronik serta kemungkinan gangguan sinyal di area tertutup seperti hutan lebat. Menurut Badan Informasi Geospasial (2018), penggunaan GPS sangat penting dalam kegiatan pemetaan dan survei lapangan di Indonesia.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa teknik survei lapangan merupakan komponen utama dalam kegiatan inventarisasi dan pemantauan lingkungan. Berbagai teknik dapat digunakan, seperti observasi langsung, wawancara, pencatatan data, penggunaan plot dan transek, serta pemanfaatan teknologi seperti GPS. Setiap teknik memiliki kelebihan dan keterbatasan, sehingga pemilihan teknik harus disesuaikan dengan tujuan penelitian dan kondisi lapangan. Dalam praktiknya, kombinasi beberapa teknik sangat dianjurkan untuk memperoleh data yang lebih lengkap, akurat, dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah.

D. Pemanfaatan Teknologi dalam Monitoring

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi telah membawa perubahan signifikan dalam kegiatan monitoring sumber daya alam, khususnya dalam bidang konservasi satwa liar dan pengelolaan habitat. Pemanfaatan teknologi dalam monitoring bertujuan untuk meningkatkan akurasi, efisiensi, serta cakupan pengumpulan data, sehingga informasi yang diperoleh menjadi lebih komprehensif dan dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan yang tepat. Teknologi memungkinkan peneliti untuk melakukan pemantauan secara lebih sistematis, bahkan pada wilayah yang sulit dijangkau

secara langsung. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2017), penggunaan teknologi dalam monitoring lingkungan sangat penting untuk mendukung pengelolaan keanekaragaman hayati secara berkelanjutan di Indonesia.

Salah satu teknologi yang banyak digunakan adalah Global Positioning System (GPS), yaitu alat yang digunakan untuk menentukan koordinat lokasi secara akurat di permukaan bumi. Dalam kegiatan monitoring, GPS digunakan untuk menandai lokasi pengamatan, jalur survei, serta distribusi satwa dan habitat. Teknologi ini biasanya digunakan dalam hampir semua kegiatan survei lapangan karena mampu memberikan data spasial yang presisi. Kelebihan penggunaan GPS adalah meningkatkan ketepatan lokasi data, memudahkan pemetaan, serta dapat diintegrasikan dengan sistem informasi lainnya. Namun, keterbatasannya adalah ketergantungan pada sinyal satelit yang dapat terganggu di wilayah dengan tutupan vegetasi yang lebat atau kondisi geografis tertentu. Badan Informasi Geospasial (2018) menegaskan bahwa GPS merupakan komponen penting dalam kegiatan pemetaan dan monitoring lingkungan di Indonesia.

Selain GPS, teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) juga memiliki peran penting dalam monitoring lingkungan. SIG merupakan sistem yang digunakan untuk mengolah, menganalisis, dan menampilkan data spasial dalam bentuk peta digital. Teknologi ini digunakan ketika peneliti ingin menganalisis pola distribusi satwa, perubahan tutupan lahan, serta kondisi habitat dalam skala luas. Kelebihan SIG adalah mampu mengintegrasikan berbagai jenis data menjadi satu sistem yang mudah dianalisis, serta dapat digunakan untuk pemantauan jangka panjang. Namun, keterbatasannya adalah membutuhkan keahlian khusus dalam pengoperasian serta perangkat lunak yang memadai. Menurut Prahasta (2009), SIG merupakan alat yang sangat efektif dalam mendukung analisis spasial dan pengambilan keputusan dalam pengelolaan lingkungan.

Teknologi penginderaan jauh (remote sensing) juga menjadi salah satu metode penting dalam monitoring habitat. Teknologi ini menggunakan citra satelit atau foto udara untuk mengamati kondisi permukaan bumi tanpa harus melakukan kontak langsung. Metode ini biasanya digunakan untuk memantau perubahan lingkungan seperti deforestasi, kebakaran hutan, serta fragmentasi habitat. Kelebihan teknologi ini adalah mampu mencakup wilayah yang sangat luas dalam waktu yang relatif singkat serta dapat digunakan untuk analisis historis. Namun, keterbatasannya adalah resolusi data yang terkadang kurang detail serta memerlukan interpretasi yang tepat. Menurut Lillesand dan Kiefer (1994) dalam konteks penerapannya di Indonesia, penginderaan jauh sangat membantu dalam pemantauan perubahan lingkungan secara makro.

Selain itu, penggunaan kamera trap merupakan teknologi yang semakin berkembang dalam monitoring satwa liar. Kamera trap adalah kamera otomatis yang dilengkapi dengan sensor gerak dan panas, sehingga dapat merekam aktivitas satwa tanpa kehadiran manusia. Teknologi ini digunakan terutama untuk satwa yang sulit diamati secara langsung, seperti satwa nokturnal atau satwa langka. Kelebihan metode ini adalah mampu menghasilkan data berupa foto atau video yang dapat dijadikan bukti dokumentasi, serta tidak mengganggu aktivitas alami satwa. Namun, keterbatasannya meliputi biaya yang cukup tinggi, risiko kerusakan alat, serta waktu yang dibutuhkan untuk analisis data. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2018), kamera trap merupakan salah satu metode efektif dalam monitoring satwa liar di kawasan konservasi Indonesia.

Perkembangan teknologi juga mencakup penggunaan drone (pesawat tanpa awak) dalam monitoring lingkungan. Drone digunakan untuk mengambil gambar atau video dari udara, sehingga memudahkan pengamatan kondisi habitat, terutama di wilayah yang sulit dijangkau. Teknologi

ini digunakan dalam pemantauan hutan, mangrove, serta kawasan konservasi lainnya. Kelebihan penggunaan drone adalah mampu menghasilkan data visual dengan resolusi tinggi serta meningkatkan efisiensi waktu dan tenaga. Namun, keterbatasannya meliputi biaya operasional, keterbatasan waktu terbang, serta kebutuhan operator yang terampil. Menurut Badan Riset dan Inovasi Nasional (2021), drone menjadi salah satu inovasi penting dalam pemantauan lingkungan di Indonesia.

Selain teknologi tersebut, penggunaan aplikasi berbasis digital juga mulai berkembang dalam kegiatan monitoring, seperti aplikasi pencatatan data lapangan berbasis *smartphone*. Teknologi ini memungkinkan peneliti untuk mencatat, menyimpan, dan mengirim data secara langsung dari lapangan. Kelebihan metode ini adalah meningkatkan efisiensi pengelolaan data serta meminimalkan kesalahan pencatatan. Namun, keterbatasannya adalah ketergantungan pada perangkat dan jaringan internet. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2020), digitalisasi data menjadi langkah penting dalam modernisasi sistem monitoring lingkungan di Indonesia.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan teknologi dalam monitoring memberikan banyak keuntungan dalam hal efisiensi, akurasi, dan cakupan data. Berbagai teknologi seperti GPS, SIG, penginderaan jauh, kamera trap, drone, dan aplikasi digital telah menjadi bagian penting dalam kegiatan monitoring modern. Meskipun demikian, setiap teknologi memiliki kelebihan dan keterbatasan, sehingga penggunaannya perlu disesuaikan dengan kebutuhan dan kondisi lapangan. Kombinasi antara teknologi modern dan metode konvensional sangat dianjurkan untuk memperoleh hasil monitoring yang optimal dan dapat mendukung upaya konservasi sumber daya alam secara berkelanjutan.

E. Analisis Data untuk Pengelolaan

Analisis data merupakan tahapan penting dalam kegiatan inventarisasi dan monitoring sumber daya alam, karena data yang telah dikumpulkan di lapangan perlu diolah dan diinterpretasikan agar dapat memberikan informasi yang bermakna bagi pengelolaan. Dalam konteks konservasi satwa liar dan habitat, analisis data bertujuan untuk mengetahui kondisi populasi, pola distribusi, perubahan habitat, serta faktor-faktor yang memengaruhi keberlangsungan suatu spesies. Hasil analisis ini selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam perencanaan, pengambilan keputusan, serta evaluasi program pengelolaan. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2017), analisis data yang tepat sangat menentukan keberhasilan dalam pengelolaan keanekaragaman hayati di Indonesia.

Salah satu metode analisis yang umum digunakan adalah analisis deskriptif, yaitu teknik pengolahan data yang bertujuan untuk menggambarkan kondisi data secara umum, seperti jumlah individu, kepadatan populasi, serta komposisi spesies. Metode ini digunakan pada tahap awal analisis untuk memberikan gambaran dasar mengenai kondisi ekosistem atau populasi satwa. Kelebihan analisis deskriptif adalah mudah dilakukan, tidak memerlukan perhitungan yang kompleks, serta mampu menyajikan data dalam bentuk tabel, grafik, atau diagram. Namun, keterbatasannya adalah tidak mampu menjelaskan hubungan sebab-akibat atau faktor yang memengaruhi perubahan data. Menurut Sugiyono (2017), analisis deskriptif merupakan langkah awal yang penting dalam memahami karakteristik data penelitian.

Selain analisis deskriptif, analisis statistik juga banyak digunakan dalam pengelolaan sumber daya alam. Analisis ini melibatkan penggunaan metode statistik untuk menguji hubungan antar variabel, seperti pengaruh kondisi habitat

terhadap keberadaan satwa atau perubahan populasi dari waktu ke waktu. Metode ini digunakan ketika peneliti ingin memperoleh kesimpulan yang lebih mendalam dan bersifat inferensial. Kelebihan analisis statistik adalah mampu memberikan hasil yang lebih objektif dan dapat digunakan untuk pengambilan keputusan berbasis data. Namun, keterbatasannya adalah membutuhkan pemahaman yang baik tentang metode statistik serta kualitas data yang harus memenuhi syarat tertentu. Menurut Walpole (1995) dalam penerapannya di Indonesia, analisis statistik sangat penting dalam penelitian ilmiah untuk mendukung validitas hasil penelitian.

Metode lain yang penting dalam analisis data adalah analisis spasial menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Analisis ini digunakan untuk mengkaji distribusi spasial satwa, perubahan habitat, serta pola penggunaan lahan. Dengan menggunakan SIG, data dapat divisualisasikan dalam bentuk peta sehingga memudahkan interpretasi dan pengambilan keputusan. Kelebihan metode ini adalah mampu mengintegrasikan berbagai jenis data dalam satu sistem serta memberikan gambaran yang jelas mengenai kondisi wilayah. Namun, keterbatasannya adalah membutuhkan perangkat lunak khusus serta keahlian dalam pengolahan data spasial. Menurut Prahasta (2009), analisis spasial merupakan alat yang sangat efektif dalam mendukung pengelolaan lingkungan berbasis wilayah.

Selain itu, analisis tren juga digunakan untuk melihat perubahan data dari waktu ke waktu, seperti peningkatan atau penurunan populasi satwa serta perubahan kondisi habitat. Metode ini digunakan dalam kegiatan monitoring jangka panjang untuk mengevaluasi efektivitas program konservasi. Kelebihan analisis tren adalah mampu memberikan informasi mengenai arah perubahan sehingga dapat digunakan untuk perencanaan ke depan. Namun, keterbatasannya adalah

memerlukan data yang konsisten dalam jangka waktu yang panjang serta dapat dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak terkontrol. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2020), analisis tren sangat penting dalam evaluasi program pengelolaan lingkungan di Indonesia.

Dalam pengelolaan modern, analisis data juga mulai memanfaatkan teknologi digital seperti perangkat lunak statistik dan aplikasi pengolahan data. Penggunaan teknologi ini memungkinkan pengolahan data dalam jumlah besar secara lebih cepat dan akurat. Metode ini digunakan dalam penelitian skala besar atau ketika data yang dikumpulkan sangat kompleks. Kelebihan metode ini adalah efisiensi waktu, akurasi tinggi, serta kemampuan dalam mengolah data dalam berbagai format. Namun, keterbatasannya adalah membutuhkan keterampilan teknis serta ketersediaan perangkat yang memadai. Menurut Badan Pusat Statistik (2021), pemanfaatan teknologi dalam analisis data menjadi kebutuhan penting dalam era digital.

Berdasarkan uraian tersebut, dapat disimpulkan bahwa analisis data merupakan tahapan krusial dalam kegiatan inventarisasi dan monitoring yang berfungsi untuk mengubah data menjadi informasi yang berguna dalam pengelolaan sumber daya alam. Berbagai metode dapat digunakan, seperti analisis deskriptif, analisis statistik, analisis spasial, analisis tren, serta pemanfaatan teknologi digital. Setiap metode memiliki kelebihan dan keterbatasan, sehingga pemilihannya harus disesuaikan dengan tujuan penelitian dan jenis data yang tersedia. Kombinasi beberapa metode analisis sangat dianjurkan untuk menghasilkan informasi yang lebih akurat dan komprehensif, sehingga dapat mendukung pengambilan keputusan yang tepat dalam upaya konservasi dan pengelolaan lingkungan secara berkelanjutan.

Bab X

KEBIJAKAN, KELEMBAGAAN, DAN HUKUM KONSERVASI

A. Kebijakan Konservasi Satwa Liar

Kebijakan konservasi satwa liar pada dasarnya merupakan refleksi dari cara pandang suatu negara terhadap hubungan antara manusia dan alam. Dalam konteks Indonesia, kebijakan konservasi berkembang dari paradigma proteksionis menuju pendekatan yang lebih integratif, yang mengakui pentingnya keseimbangan antara konservasi dan pemanfaatan sumber daya alam (Graeme L. Worboys dkk., 2015).

Secara formal, kebijakan konservasi dirancang untuk melindungi keanekaragaman hayati, menjaga keseimbangan ekosistem, serta memastikan keberlanjutan pemanfaatan sumber daya. Namun dalam praktiknya, kebijakan tersebut sering kali dihadapkan pada berbagai kepentingan yang saling bertentangan, seperti ekspansi pembangunan, kebutuhan ekonomi masyarakat, dan tekanan pasar global. Hal ini menyebabkan implementasi kebijakan menjadi proses yang dinamis dan penuh kompromi (Peter J. Taylor, 2005).

Pendekatan interpretatif menunjukkan bahwa efektivitas kebijakan tidak hanya ditentukan oleh isi kebijakan itu sendiri, tetapi juga oleh bagaimana kebijakan tersebut dipahami dan diterjemahkan oleh para aktor di lapangan. Dalam beberapa

kasus, kebijakan yang secara normatif kuat justru tidak efektif karena tidak sesuai dengan konteks lokal. Sebaliknya, kebijakan yang fleksibel dan adaptif cenderung lebih mampu menjawab kebutuhan di lapangan.

Gambar 10.1 Hubungan Kebijakan, Kelembagaan, dan Hukum Konservasi



Dengan demikian, kebijakan konservasi satwa liar perlu dipandang sebagai proses yang terus berkembang, yang memerlukan evaluasi dan penyesuaian secara berkelanjutan agar tetap relevan dengan dinamika lingkungan dan sosial.

B. Peraturan Perundang-Undangan Terkait

Peraturan perundang-undangan dalam bidang konservasi menyediakan kerangka hukum yang mengatur perlindungan satwa liar dan habitatnya. Namun, dalam pendekatan interpretatif, hukum tidak hanya dipahami sebagai aturan yang mengikat, tetapi juga sebagai produk sosial yang mencerminkan nilai, kepentingan, dan kekuasaan yang ada dalam masyarakat (James Meadowcroft, 2007).

Di Indonesia, berbagai regulasi telah mengatur konservasi, mulai dari perlindungan spesies hingga pengelolaan kawasan konservasi. Akan tetapi, keberadaan regulasi tersebut tidak serta-merta menjamin efektivitas perlindungan di lapangan. Dalam banyak kasus, terjadi kesenjangan antara norma hukum dan praktik, yang disebabkan oleh faktor seperti lemahnya penegakan hukum, keterbatasan sumber daya, serta konflik kepentingan antar sektor.

Gambar 10.2 Siklus Pendekatan Interpretatif



Pendekatan interpretatif memungkinkan kita untuk melihat hukum sebagai arena interaksi antara berbagai aktor, termasuk pemerintah, masyarakat, dan pelaku ekonomi. Dalam konteks ini, hukum sering kali mengalami negosiasi dan penyesuaian, baik secara formal maupun informal (Peter J. Taylor, 2005). Misalnya, praktik-praktik lokal dalam pemanfaatan sumber daya sering kali berjalan berdampingan dengan hukum formal, menciptakan sistem hukum yang plural.

Oleh karena itu, efektivitas peraturan perundang-undangan dalam konservasi tidak hanya bergantung pada kekuatan sanksi, tetapi juga pada legitimasi sosial dan kesesuaian dengan kondisi lokal. Hukum yang tidak memiliki legitimasi cenderung sulit untuk ditegakkan secara efektif.

C. Peran Pemerintah dan Lembaga Konservasi

Pemerintah dan lembaga konservasi memiliki peran strategis dalam merancang, mengimplementasikan, dan mengawasi kebijakan konservasi. Dalam praktiknya, peran ini tidak hanya bersifat administratif, tetapi juga melibatkan proses koordinasi, negosiasi, dan adaptasi terhadap berbagai kepentingan yang ada.

Pemerintah berfungsi sebagai regulator sekaligus fasilitator dalam pengelolaan sumber daya alam. Namun, dalam banyak kasus, kapasitas pemerintah dalam menjalankan fungsi tersebut menghadapi berbagai keterbatasan, seperti sumber daya manusia, pendanaan, dan cakupan wilayah yang luas. Hal ini menyebabkan perlunya keterlibatan lembaga lain, seperti organisasi non-pemerintah dan lembaga internasional, dalam mendukung upaya konservasi.

Pendekatan interpretatif menunjukkan bahwa efektivitas peran pemerintah tidak hanya ditentukan oleh kewenangan formal, tetapi juga oleh kemampuan membangun kepercayaan dan kolaborasi dengan berbagai pihak (Graeme L. Worboys dkk., 2015). Lembaga konservasi yang berhasil umumnya mampu menjembatani kepentingan antara konservasi dan kebutuhan masyarakat, sehingga menciptakan sinergi yang lebih kuat.

Dengan demikian, peran pemerintah dan lembaga konservasi tidak dapat dipisahkan dari konteks sosial di mana mereka beroperasi. Keberhasilan pengelolaan sangat bergantung pada kemampuan institusi untuk beradaptasi dan berkolaborasi secara efektif.

Gambar 10.3 Kolaborasi Multipihak dalam Konservasi



D. Kelembagaan Lokal dalam Pengelolaan Habitat

Kelembagaan lokal memiliki posisi yang sangat penting dalam pengelolaan habitat, karena berada pada tingkat yang paling dekat dengan sumber daya yang dikelola. Dalam banyak kasus, masyarakat lokal memiliki sistem nilai, norma, dan praktik yang telah berkembang secara turun-temurun dalam menjaga keseimbangan lingkungan.

Pendekatan interpretatif menempatkan kelembagaan lokal sebagai aktor yang tidak hanya pasif, tetapi aktif dalam membentuk praktik pengelolaan sumber daya. Kearifan lokal, seperti aturan adat dalam pemanfaatan hutan atau larangan tertentu terhadap eksploitasi sumber daya, sering kali menjadi mekanisme efektif dalam menjaga keberlanjutan lingkungan (Elinor Ostrom, 1990; Fikret Berkes, 2004).

Namun, kelembagaan lokal juga menghadapi tantangan, terutama ketika berhadapan dengan tekanan eksternal, seperti modernisasi, perubahan ekonomi, dan kebijakan yang tidak selaras dengan praktik lokal. Dalam kondisi tersebut, terjadi proses adaptasi dan transformasi kelembagaan, yang dapat memperkuat atau justru melemahkan sistem pengelolaan yang ada.

Oleh karena itu, pengelolaan habitat yang efektif perlu mengakui dan mengintegrasikan kelembagaan lokal dalam kerangka kebijakan yang lebih luas. Penguatan kapasitas masyarakat serta pengakuan terhadap hak-hak lokal menjadi langkah penting dalam menciptakan pengelolaan yang berkelanjutan.

Gambar 10.4 Peran Kelembagaan Lokal dalam Pengelolaan Habitat



E. Kolaborasi Multipihak dalam Konservasi

Kompleksitas permasalahan konservasi menuntut adanya kolaborasi antara berbagai pihak, termasuk pemerintah, masyarakat, sektor swasta, dan organisasi non-pemerintah. Kolaborasi multipihak menjadi pendekatan yang semakin penting dalam mengatasi keterbatasan yang dimiliki oleh masing-masing aktor.

Dalam pendekatan interpretatif, kolaborasi tidak hanya dipahami sebagai kerja sama teknis, tetapi juga sebagai proses sosial yang melibatkan negosiasi, pertukaran kepentingan, dan pembentukan kepercayaan (Arun Agrawal, 2005). Keberhasilan kolaborasi sangat bergantung pada kemampuan para aktor untuk membangun komunikasi yang efektif serta menciptakan kesepakatan mengenai tujuan bersama.

Namun, kolaborasi juga tidak lepas dari tantangan, seperti ketimpangan kekuasaan, perbedaan kepentingan, dan potensi konflik. Dalam beberapa kasus, pihak yang memiliki kekuatan ekonomi atau politik lebih besar cenderung mendominasi proses pengambilan keputusan, sehingga kepentingan pihak lain kurang terakomodasi.

Meskipun demikian, pengalaman di berbagai wilayah menunjukkan bahwa kolaborasi yang dikelola dengan baik dapat menghasilkan solusi yang lebih inovatif dan berkelanjutan. Dengan menggabungkan berbagai perspektif dan sumber daya, kolaborasi multipihak mampu meningkatkan efektivitas pengelolaan konservasi.

Bab XI

PERAN MASYARAKAT DAN PENDEKATAN SOSIAL

Bab ini menegaskan bahwa konservasi tidak dapat dipisahkan dari dimensi sosial, karena manusia merupakan bagian integral dari ekosistem. Pendekatan modern dalam pengelolaan sumber daya alam telah bergeser dari model eksklusif menuju pendekatan inklusif yang menempatkan masyarakat sebagai mitra strategis.

Social-Ecological System (SES) Framework

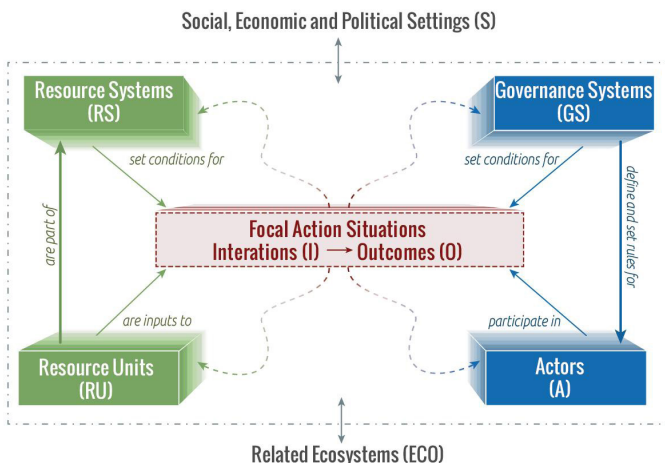


Illustration of the SES adapted from figure 2 and accompanying descriptive text in McGinnis, M., and E. Ostrom. 2012. "SES Framework: Initial Changes and Continuing Challenges." Working Paper W11-6 The Vincent and Elinor Ostrom Workshop in Political Theory and Policy Analysis: online. http://www.indiana.edu/~workshop/publications/materials/W11-6_McGinnisEO.pdf

Dalam kerangka social-ecological systems (SES) yang diperkenalkan oleh Elinor Ostrom (2009), keberlanjutan hanya dapat dicapai melalui interaksi yang seimbang antara sistem ekologi dan sistem sosial. Oleh karena itu, keberhasilan konservasi sangat ditentukan oleh kemampuan mengintegrasikan aspek ekologi, ekonomi, budaya, dan kelembagaan secara simultan.

1. Partisipasi Masyarakat dalam Konservasi

Partisipasi masyarakat dalam konservasi merupakan fondasi utama dalam menciptakan pengelolaan sumber daya alam yang berkelanjutan, karena masyarakat lokal adalah pihak yang paling dekat dan paling bergantung pada ekosistem tersebut. Dalam pendekatan **community-based conservation (CBC)**, masyarakat tidak lagi diposisikan sebagai objek kebijakan, melainkan sebagai subjek yang memiliki pengetahuan, pengalaman, dan kepentingan langsung terhadap keberlanjutan lingkungan (Berkes, 2017). Keterlibatan ini tidak hanya meningkatkan efektivitas program, tetapi juga menciptakan rasa tanggung jawab kolektif dalam menjaga ekosistem.

Di Indonesia, program **perhutanan sosial** menjadi contoh nyata bagaimana partisipasi masyarakat dapat diintegrasikan dalam pengelolaan hutan. Melalui skema ini, masyarakat diberikan hak kelola hutan secara legal, sehingga mereka memiliki insentif untuk menjaga kelestarian hutan sekaligus meningkatkan kesejahteraan ekonomi. Studi menunjukkan bahwa wilayah yang dikelola melalui perhutanan sosial cenderung memiliki tingkat deforestasi yang lebih rendah dibandingkan wilayah tanpa pengelolaan berbasis masyarakat. Namun, tantangan tetap ada, seperti keterbatasan kapasitas masyarakat dalam pengelolaan, konflik internal, serta akses pasar yang belum optimal.

Oleh karena itu, partisipasi masyarakat perlu didukung dengan penguatan kapasitas, akses terhadap informasi, serta pendampingan yang berkelanjutan. Tanpa dukungan tersebut,

partisipasi berisiko menjadi formalitas tanpa dampak nyata. Dengan demikian, keberhasilan konservasi berbasis masyarakat sangat bergantung pada kualitas partisipasi itu sendiri, bukan sekadar tingkat keterlibatannya.

2. Kearifan Lokal dalam Pengelolaan Habitat

Kearifan lokal merupakan bentuk adaptasi manusia terhadap lingkungan yang berkembang melalui proses panjang dan diwariskan secara turun-temurun. Dalam konteks pengelolaan habitat, kearifan lokal mencerminkan prinsip keberlanjutan yang telah teruji oleh waktu. Konsep **local ecological knowledge (LEK)** menekankan bahwa masyarakat lokal memiliki pemahaman mendalam terhadap dinamika ekosistem, termasuk pola musim, perilaku satwa, serta daya dukung lingkungan (Berkes, 2017). Pengetahuan ini sering kali lebih kontekstual dan aplikatif dibandingkan pendekatan ilmiah modern yang bersifat umum.



Contoh nyata di Indonesia adalah sistem **sasi di Maluku**, yang mengatur waktu dan cara pemanfaatan sumber daya alam seperti laut dan hutan. Sistem ini terbukti mampu menjaga keberlanjutan sumber daya karena adanya aturan adat yang dihormati oleh masyarakat. Selain itu, praktik **hutan adat di Kalimantan** menunjukkan bagaimana masyarakat adat mampu menjaga hutan tetap lestari melalui norma dan nilai budaya yang kuat. Bahkan, sistem **subak di Bali** juga mencerminkan integrasi antara pengelolaan sumber daya alam, nilai spiritual, dan organisasi sosial yang harmonis.

Namun, keberadaan kearifan lokal menghadapi tantangan serius akibat modernisasi dan tekanan ekonomi. Banyak generasi muda yang mulai meninggalkan praktik tradisional karena dianggap kurang menguntungkan secara ekonomi. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk mengintegrasikan kearifan lokal dengan pendekatan modern, serta memberikan pengakuan hukum yang kuat terhadap hak masyarakat adat. Dengan demikian, kearifan lokal tidak hanya dilestarikan sebagai warisan budaya, tetapi juga sebagai solusi nyata dalam pengelolaan lingkungan.

3. Edukasi Lingkungan dan Kesadaran Konservasi

Edukasi lingkungan merupakan instrumen penting dalam membangun kesadaran dan perubahan perilaku masyarakat terhadap konservasi. Dalam kerangka environmental literacy, individu yang memiliki pengetahuan tentang lingkungan belum tentu memiliki perilaku yang ramah lingkungan, sehingga diperlukan proses pembelajaran yang mencakup aspek kognitif, afektif, dan psikomotor (Roth, 1992). Edukasi yang efektif harus mampu menghubungkan pengetahuan dengan pengalaman nyata, sehingga individu dapat memahami dampak langsung dari tindakan mereka terhadap lingkungan.

Di Indonesia, program Adiwiyata menjadi contoh bagaimana edukasi lingkungan diterapkan di sekolah untuk membentuk budaya peduli lingkungan sejak dini. Selain itu, berbagai kegiatan seperti penanaman mangrove oleh siswa dan komunitas juga menunjukkan bahwa pengalaman langsung dapat meningkatkan kesadaran ekologis secara signifikan. Generasi muda memiliki potensi besar sebagai agen perubahan, namun tanpa dukungan lingkungan sosial yang konsisten, perubahan perilaku yang diharapkan sulit untuk dipertahankan.



Oleh karena itu, edukasi lingkungan perlu dilakukan secara berkelanjutan dan terintegrasi dengan kebijakan serta praktik sosial. Kolaborasi antara sekolah, masyarakat, dan pemerintah menjadi kunci dalam membangun kesadaran kolektif. Dengan pendekatan yang tepat, edukasi tidak hanya menghasilkan individu yang sadar lingkungan, tetapi juga mampu mendorong perubahan sosial yang lebih luas.

4. Pengembangan Ekowisata Berbasis Konservasi

Ekowisata merupakan pendekatan yang mengintegrasikan pelestarian lingkungan dengan peningkatan kesejahteraan masyarakat. Dalam konsep sustainable tourism, ekowisata memberikan insentif ekonomi bagi masyarakat untuk menjaga lingkungan, sehingga konservasi tidak lagi dipandang sebagai beban, melainkan sebagai peluang (Honey, 2008). Pendekatan ini menjadi semakin relevan di Indonesia, yang memiliki kekayaan biodiversitas dan potensi wisata alam yang tinggi.



Contoh nyata adalah Desa Wisata Nglanggeran di Yogyakarta, yang berhasil mengembangkan ekowisata berbasis masyarakat dengan memanfaatkan potensi alam dan budaya lokal. Selain itu, kawasan mangrove Wonorejo di Surabaya juga menunjukkan bagaimana rehabilitasi lingkungan dapat dikombinasikan dengan kegiatan wisata edukatif. Namun, tidak semua ekowisata berjalan sukses. Di beberapa lokasi, peningkatan jumlah wisatawan justru menyebabkan kerusakan lingkungan dan gangguan terhadap satwa liar.

Hal ini menunjukkan bahwa pengembangan ekowisata harus dilakukan secara hati-hati dengan mempertimbangkan daya dukung lingkungan. Keterlibatan masyarakat sebagai pengelola utama, regulasi yang jelas, serta monitoring yang berkelanjutan menjadi faktor penting dalam menjaga keseimbangan antara manfaat ekonomi dan kelestarian lingkungan.

5. Resolusi Konflik Manusia dan Satwa Liar

Konflik antara manusia dan satwa liar merupakan salah satu tantangan utama dalam konservasi, terutama di wilayah yang berbatasan langsung dengan habitat alami. Konflik ini sering terjadi akibat penyusutan habitat yang memaksa satwa keluar dari kawasan hutan dan memasuki wilayah permukiman. Dalam perspektif human-wildlife conflict, konflik dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara faktor ekologis dan sosial-ekonomi (Dickman, 2010).



Di Indonesia, konflik antara gajah Sumatra dan petani di wilayah Lampung dan Aceh menjadi contoh nyata bagaimana kehilangan habitat dapat meningkatkan intensitas konflik. Gajah yang memasuki lahan pertanian menyebabkan kerugian ekonomi bagi masyarakat, sehingga memicu respon negatif terhadap keberadaan satwa tersebut. Selain itu, konflik dengan harimau Sumatra juga sering terjadi, terutama di wilayah yang mengalami fragmentasi habitat.



Pendekatan represif seperti pembunuhan satwa terbukti tidak efektif dalam jangka panjang, karena tidak menyelesaikan akar permasalahan. Sebaliknya, pendekatan preventif seperti pembangunan koridor satwa, penggunaan pagar listrik ramah lingkungan, serta patroli berbasis masyarakat menunjukkan hasil yang lebih baik. Program mitigasi yang melibatkan masyarakat juga mampu mengurangi konflik sekaligus meningkatkan kesadaran konservasi.

Bab XII

STUDI KASUS PENGELOLAAN SATWA LIAR DAN HABITAT

Pendekatan studi kasus dalam pengelolaan satwa liar dan habitat memberikan gambaran empiris mengenai bagaimana konsep-konsep ekologi diterapkan dalam kondisi nyata yang kompleks. Setiap lanskap memiliki karakteristik biofisik, sosial, dan ekonomi yang berbeda, sehingga strategi pengelolaan yang diterapkan harus mampu menyesuaikan dengan dinamika tersebut. Studi kasus tidak hanya berfungsi sebagai ilustrasi praktik, tetapi juga sebagai sarana refleksi kritis untuk memahami faktor-faktor yang menentukan keberhasilan maupun kegagalan suatu intervensi pengelolaan. Dengan demikian, analisis studi kasus menjadi dasar penting dalam membangun pendekatan pengelolaan yang adaptif dan berkelanjutan.

A. Studi Kasus pada Lanskap Hutan Terganggu

Pada berbagai wilayah hutan tropis, khususnya di Indonesia, lanskap hutan mengalami tekanan yang sangat intensif akibat deforestasi, konversi lahan, dan aktivitas eksploitasi sumber daya alam. Kondisi ini mengakibatkan perubahan drastis pada struktur lanskap, di mana hutan yang sebelumnya luas dan kontinu terpecah menjadi fragmen-fragmen kecil yang terisolasi. Dalam situasi tersebut, satwa liar kehilangan habitat yang memadai, sehingga distribusi populasi menjadi tidak

merata dan cenderung terkonsentrasi pada area tertentu yang masih tersisa.

Perubahan struktur lanskap ini memicu serangkaian dampak ekologis yang saling berkaitan. Fragmentasi tidak hanya mengurangi luas habitat, tetapi juga meningkatkan efek tepi yang mengubah kondisi iklim mikro dan meningkatkan tekanan dari faktor eksternal, seperti predator dan aktivitas manusia. Selain itu, isolasi antar populasi menyebabkan terhambatnya aliran genetik, yang dalam jangka panjang dapat menurunkan keberagaman genetik dan meningkatkan risiko kepunahan lokal. Gangguan terhadap interaksi ekologis, seperti hubungan predator-mangsa dan proses penyerbukan, semakin memperburuk stabilitas ekosistem.

Berbagai upaya pengelolaan telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan ini, termasuk restorasi hutan dan pembangunan koridor satwa liar. Namun, hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa keberhasilan intervensi sangat bergantung pada kualitas perencanaan dan implementasi. Restorasi yang dilakukan tanpa memperhatikan kesesuaian spesies dengan kondisi lokal sering kali menghasilkan ekosistem yang tidak stabil, sementara pembangunan koridor tanpa pengelolaan yang berkelanjutan tidak mampu mendukung pergerakan satwa secara optimal. Di sisi lain, pengalaman di lapangan menunjukkan bahwa keterlibatan masyarakat lokal dalam pengelolaan hutan dapat meningkatkan efektivitas program, karena masyarakat memiliki kepentingan langsung terhadap keberlanjutan sumber daya tersebut.

Dari kondisi tersebut dapat dipahami bahwa pengelolaan lanskap hutan terganggu tidak dapat dilakukan secara parsial. Intervensi ekologis harus diintegrasikan dengan pendekatan sosial dan kelembagaan agar mampu bertahan dalam jangka panjang. Dengan kata lain, keberhasilan pengelolaan tidak hanya ditentukan oleh kemampuan memperbaiki kondisi habitat, tetapi juga oleh kemampuan menciptakan sistem pengelolaan yang adaptif terhadap dinamika lingkungan dan sosial.

B. Studi Kasus pada Kawasan Pesisir

Kawasan pesisir merupakan salah satu ekosistem yang paling rentan terhadap tekanan antropogenik, terutama akibat konversi lahan dan eksploitasi sumber daya yang tidak berkelanjutan. Ekosistem mangrove, sebagai komponen penting dalam lanskap pesisir, sering mengalami degradasi akibat perubahan fungsi lahan menjadi tambak atau permukiman. Kehilangan mangrove tidak hanya berdampak pada berkurangnya habitat bagi berbagai spesies, tetapi juga mengurangi kemampuan ekosistem dalam melindungi garis pantai dari abrasi dan bencana alam.

Secara ekologis, mangrove memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung siklus kehidupan berbagai organisme, khususnya sebagai tempat pembesaran (nursery ground) bagi ikan dan invertebrata. Ketika mangrove mengalami kerusakan, fungsi ini terganggu, sehingga populasi organisme yang bergantung pada ekosistem tersebut mengalami penurunan. Dampak ini kemudian merambat ke aspek sosial-ekonomi, di mana masyarakat pesisir yang bergantung pada hasil perikanan mengalami penurunan pendapatan.

Upaya rehabilitasi mangrove telah banyak dilakukan sebagai respons terhadap degradasi tersebut. Namun, keberhasilan program rehabilitasi sangat bervariasi. Kegagalan sering kali terjadi akibat pendekatan yang tidak berbasis pada kondisi ekologis setempat, seperti pemilihan jenis tanaman yang tidak sesuai dengan karakteristik substrat atau lokasi penanaman yang tidak tepat. Selain itu, kurangnya pemeliharaan setelah penanaman menyebabkan tingkat keberhasilan tumbuh yang rendah. Konflik kepentingan antara konservasi dan kebutuhan ekonomi masyarakat juga menjadi faktor yang memperumit proses pengelolaan.

Pengalaman ini menunjukkan bahwa pengelolaan kawasan pesisir tidak dapat hanya berfokus pada aspek teknis, tetapi harus mengintegrasikan dimensi sosial dan ekonomi secara seimbang. Pendekatan berbasis masyarakat, di mana

masyarakat dilibatkan secara aktif dalam perencanaan dan pelaksanaan program, terbukti lebih efektif dalam menjaga keberlanjutan ekosistem. Dengan demikian, pengelolaan pesisir yang berhasil adalah yang mampu mengharmoniskan kepentingan konservasi dengan kebutuhan kehidupan masyarakat.

C. Keberhasilan dan Kegagalan Program

Pengelolaan

Berbagai program pengelolaan satwa liar dan habitat yang telah dilaksanakan menunjukkan adanya variasi hasil yang mencerminkan kompleksitas pengelolaan ekosistem. Program yang berhasil umumnya ditandai oleh perencanaan yang matang, berbasis pada data ilmiah yang kuat, serta didukung oleh sistem monitoring dan evaluasi yang berkelanjutan. Keberhasilan tersebut juga dipengaruhi oleh adanya koordinasi yang baik antar pemangku kepentingan, termasuk pemerintah, masyarakat, dan lembaga non-pemerintah.

Sebaliknya, kegagalan program sering kali berakar pada pendekatan yang tidak kontekstual dan kurangnya pemahaman terhadap kondisi lokal. Program yang dirancang secara top-down tanpa melibatkan masyarakat cenderung tidak mendapatkan dukungan yang memadai, sehingga sulit untuk diimplementasikan secara efektif. Selain itu, kurangnya fleksibilitas dalam menyesuaikan strategi dengan perubahan kondisi di lapangan menyebabkan program kehilangan relevansinya seiring waktu.

Analisis terhadap berbagai program tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan tidak hanya bergantung pada desain awal, tetapi juga pada kemampuan untuk beradaptasi terhadap dinamika yang terjadi. Program yang mampu melakukan evaluasi dan penyesuaian secara berkala cenderung lebih berhasil dibandingkan program yang bersifat statis. Hal ini menegaskan pentingnya pendekatan adaptive management dalam pengelolaan habitat. Dari sini dapat disimpulkan bahwa pengelolaan yang efektif memerlukan keseimbangan

antara perencanaan yang terstruktur dan fleksibilitas dalam implementasi. Tanpa kemampuan untuk beradaptasi, program yang baik sekalipun dapat mengalami kegagalan.

D. Pelajaran yang Dapat Diadaptasi

Berbagai studi kasus yang telah dianalisis memberikan pemahaman bahwa pengelolaan habitat tidak dapat dilepaskan dari konteks ekosistem dan sosial tempat intervensi dilakukan. Salah satu pelajaran utama yang dapat diadaptasi adalah pentingnya pendekatan berbasis ekosistem, di mana pengelolaan tidak hanya berfokus pada satu komponen, tetapi mempertimbangkan keterkaitan antar komponen dalam suatu sistem yang utuh.

Selain itu, integrasi antara ilmu pengetahuan dan kearifan lokal menjadi aspek yang sangat penting. Pengetahuan lokal yang dimiliki masyarakat sering kali mencerminkan pengalaman panjang dalam berinteraksi dengan lingkungan, sehingga dapat menjadi sumber informasi yang berharga dalam pengambilan keputusan. Namun, adaptasi pembelajaran dari studi kasus harus dilakukan secara selektif dan kontekstual, karena setiap lanskap memiliki karakteristik yang berbeda. Pelajaran lainnya adalah pentingnya skala dalam pengelolaan. Banyak permasalahan ekologi terjadi pada skala lanskap, sehingga solusi yang diterapkan juga harus mempertimbangkan skala tersebut. Pendekatan yang terlalu sempit cenderung tidak mampu mengatasi permasalahan secara menyeluruh. Oleh karena itu, integrasi antar skala menjadi kunci dalam menciptakan pengelolaan yang efektif.

E. Implikasi bagi Pengembangan Kebijakan

Hasil pembelajaran dari berbagai studi kasus memberikan implikasi yang signifikan bagi pengembangan kebijakan pengelolaan satwa liar dan habitat. Kebijakan yang efektif harus mampu mengintegrasikan berbagai kepentingan serta didasarkan pada bukti ilmiah yang kuat. Selain itu, kebijakan harus bersifat adaptif agar dapat merespons perubahan kondisi lingkungan dan sosial yang dinamis.

Dalam banyak kasus, tantangan utama dalam pengelolaan bukan terletak pada kurangnya kebijakan, tetapi pada lemahnya implementasi dan pengawasan. Hal ini menunjukkan bahwa penguatan kelembagaan menjadi aspek yang sangat penting dalam memastikan keberhasilan kebijakan. Tanpa sistem pengawasan yang efektif, kebijakan yang baik tidak akan mampu memberikan dampak nyata di lapangan.

Lebih lanjut, pengembangan kebijakan harus memperhatikan keterlibatan masyarakat sebagai aktor utama dalam pengelolaan sumber daya alam. Kebijakan yang tidak melibatkan masyarakat cenderung sulit diterapkan secara efektif. Oleh karena itu, pendekatan partisipatif menjadi kunci dalam menciptakan kebijakan yang tidak hanya legitim, tetapi juga implementatif. Dengan demikian, studi kasus tidak hanya memberikan gambaran mengenai kondisi lapangan, tetapi juga menjadi dasar dalam merumuskan kebijakan yang lebih responsif, adaptif, dan berkelanjutan.

Bab XIII

STRATEGI MASA DEPAN PENGELOLAAN SATWA LIAR DAN HABITAT

A. Tantangan Pengelolaan di Masa Depan

1. Perubahan Iklim

Perubahan iklim menjadi salah satu tekanan terbesar yang akan terus membayangi upaya konservasi di masa depan. Fenomena ini merujuk pada perubahan jangka panjang dalam suhu dan pola cuaca yang secara perlahan mengubah wajah ekosistem (IPCC, 2021). Dampaknya tidak selalu terlihat secara instan, tetapi bekerja secara bertahap menggeser habitat, mengacaukan musim, hingga mengubah pola hidup satwa liar.

Ketika suhu meningkat, banyak spesies dipaksa berpindah ke wilayah yang lebih sesuai. Namun, tidak semua mampu beradaptasi dengan cepat. Di laut, misalnya, kenaikan suhu air menyebabkan pemutihan terumbu karang, yang pada akhirnya menghilangkan “rumah” bagi berbagai organisme laut. Sementara itu, di darat, perubahan musim dapat membuat siklus reproduksi dan ketersediaan pakan menjadi tidak sinkron (Walther et al., 2002).



Gambar 1. Pemutihan terumbu karang akibat peningkatan suhu laut.

Kondisi pada gambar tersebut menunjukkan bagaimana perubahan suhu yang tampak kecil sekalipun dapat membawa dampak besar bagi ekosistem. Terumbu karang yang memutih menandakan stres lingkungan yang serius, dan jika berlangsung lama, akan berujung pada kematian. Hal ini tidak hanya berdampak pada satu organisme, tetapi juga pada seluruh jaringan kehidupan yang bergantung padanya. Dengan kata lain, perubahan iklim bekerja secara berantai dan memengaruhi banyak komponen ekosistem sekaligus.

2. Alih Fungsi Lahan

Di balik berkembangnya perkebunan, permukiman, dan infrastruktur, ada satu hal yang sering luput dari perhatian: ruang hidup satwa yang semakin menyempit. Alih fungsi lahan menggambarkan perubahan kawasan alami menjadi area yang didominasi aktivitas manusia (Foley et al., 2005), yang secara langsung menghilangkan habitat asli. Perubahan ini biasanya terjadi secara masif dan cepat. Hutan yang sebelumnya menjadi tempat berlindung, mencari makan, dan berkembang biak, berubah menjadi lahan produksi. Akibatnya, satwa tidak hanya kehilangan tempat tinggal, tetapi juga kehilangan sumber kehidupan.

Gajah yang masuk ke kebun warga atau harimau yang muncul di dekat permukiman bukanlah kesalahan satwa, melainkan tanda bahwa habitat mereka sudah tidak lagi mencukupi. Mereka terdorong keluar karena tidak punya pilihan lain.



Gambar 2. Perubahan kawasan hutan menjadi perkebunan yang mengurangi habitat satwa liar.

Gambar tersebut memperlihatkan perubahan lanskap yang sangat kontras, dari kawasan alami menjadi area produksi. Perubahan seperti ini sering kali berlangsung dalam waktu singkat, tetapi dampaknya terasa dalam jangka panjang. Satwa yang sebelumnya bergantung pada hutan kehilangan tempat berlindung dan sumber makanan, sehingga memicu pergerakan ke wilayah lain. Kondisi ini memperjelas bahwa alih fungsi lahan bukan hanya soal perubahan fisik, tetapi juga perubahan sistem kehidupan secara keseluruhan.

3. Fragmentasi Habitat

Tidak semua kerusakan habitat terjadi secara total. Dalam banyak kasus, habitat memang masih ada, tetapi terpecah-pecah menjadi bagian kecil yang saling terpisah. Inilah yang disebut fragmentasi habitat kondisi ketika satu kawasan utuh berubah menjadi potongan-potongan terisolasi. Sekilas mungkin terlihat masih ada hutan, tetapi bagi satwa, kondisi ini sangat bermasalah. Pergerakan menjadi terbatas, peluang

bertemu pasangan berkurang, dan akses terhadap sumber makanan tidak lagi bebas. Populasi yang terisolasi dalam jangka panjang juga lebih rentan terhadap penurunan kualitas genetik (Frankham et al., 2010). Bayangkan sebuah jalan besar yang membelah hutan. Bagi manusia itu akses, tapi bagi satwa itu penghalang. Banyak yang akhirnya tidak bisa menyeberang atau bahkan mengalami kecelakaan.



Gambar 3. Jalan yang membelah kawasan hutan dan menyebabkan habitat terfragmentasi.

Keberadaan infrastruktur dapat memisahkan habitat yang sebelumnya menyatu. Meskipun secara kasat mata masih terdapat hutan di kedua sisi, bagi satwa kondisi ini menciptakan batas yang sulit dilalui. Dalam jangka panjang, keterpisahan ini dapat menghambat interaksi antarindividu dan melemahkan populasi. Oleh karena itu, fragmentasi sering kali menjadi ancaman yang tidak langsung terlihat, tetapi berdampak besar terhadap keberlangsungan satwa liar.

4. Konflik Manusia dan Satwa Liar

Ketika ruang hidup semakin terbatas, pertemuan antara manusia dan satwa liar menjadi sulit dihindari. Konflik ini muncul bukan tanpa sebab, melainkan sebagai dampak langsung dari tekanan terhadap habitat alami. Satwa yang kehilangan sumber pakan akan mencari alternatif, termasuk memasuki wilayah manusia. Di sisi lain, manusia melihat kehadiran satwa sebagai ancaman. Akhirnya, interaksi yang seharusnya bisa dihindari berubah menjadi konflik yang merugikan kedua pihak. Kasus gajah merusak tanaman atau harimau yang masuk ke desa sering kali menjadi headline, tetapi di balik itu ada cerita yang lebih dalam dalam ekosistem yang tidak lagi seimbang.



Gambar 4. Keberadaan satwa liar di wilayah permukiman masyarakat.

Gambar tersebut mencerminkan situasi ketika batas antara habitat alami dan wilayah manusia menjadi semakin kabur. Kehadiran satwa di permukiman bukanlah fenomena yang berdiri sendiri, melainkan akibat dari tekanan yang terjadi di habitat aslinya. Kondisi ini menunjukkan bahwa konflik tidak hanya perlu ditangani di tingkat kejadian, tetapi juga harus diselesaikan dari akar permasalahannya, yaitu pengelolaan habitat yang kurang optimal.

B. Pendekatan Inovatif dalam Konservasi

1. Inovasi Teknologi dalam Konservasi



Gambar 5. Penggunaan drone dalam pemantauan kawasan hutan.

Di tengah berbagai tantangan yang semakin kompleks, teknologi hadir sebagai alat bantu yang membuka peluang baru dalam konservasi. Pendekatan ini tidak hanya mempermudah pekerjaan di lapangan, tetapi juga memberikan data yang lebih akurat dan cepat (Kays et al., 2015). Penggunaan drone, memungkinkan pemantauan kawasan hutan yang luas tanpa harus menjelajah langsung. Camera trap dapat mengintip kehidupan satwa tanpa mengganggu, sementara GPS collar membantu melacak pergerakan satwa secara detail (O'Connell et al., 2011). Dengan bantuan teknologi, pola pergerakan, perilaku, hingga perubahan habitat bisa dipahami dengan lebih baik. Informasi ini menjadi dasar penting dalam menyusun strategi pengelolaan yang lebih tepat sasaran.

Penggunaan teknologi seperti yang terlihat pada gambar memberikan gambaran baru tentang bagaimana konservasi dilakukan di masa kini. Pemantauan yang sebelumnya membutuhkan waktu dan tenaga besar kini dapat dilakukan dengan lebih cepat dan efisien. Selain itu, data yang dihasilkan juga lebih akurat sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi tidak hanya membantu, tetapi juga meningkatkan kualitas pengelolaan secara keseluruhan.

2. Inovasi Sosial Berbasis Masyarakat

Konservasi tidak akan berjalan efektif jika hanya dilakukan oleh pemerintah atau peneliti. Masyarakat yang hidup di sekitar kawasan justru memiliki peran yang sangat penting (Ostrom, 1990). Karena itu, pendekatan yang melibatkan masyarakat menjadi semakin relevan. Ketika masyarakat diberi ruang untuk terlibat, mereka tidak lagi hanya menjadi penonton, tetapi bagian dari solusi. Program seperti ekowisata, pengelolaan hutan berbasis masyarakat, atau edukasi lingkungan mampu menciptakan hubungan yang lebih harmonis antara manusia dan alam. Misalnya, masyarakat yang mendapatkan manfaat ekonomi dari wisata alam cenderung lebih peduli terhadap kelestarian lingkungan di sekitarnya. Mereka akan menjaga, bukan merusak.

3. Inovasi Kebijakan dan Regulasi

Di balik berbagai upaya konservasi, kebijakan tetap menjadi fondasi yang menentukan arah pengelolaan. Tanpa aturan yang jelas, berbagai upaya di lapangan akan sulit berjalan konsisten (IUCN, 2016). Kebijakan yang baik tidak hanya melindungi, tetapi juga mampu menyesuaikan diri dengan kondisi yang terus berubah. Penetapan kawasan konservasi, perlindungan spesies, hingga pengaturan pemanfaatan sumber daya alam menjadi bagian penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Namun, kebijakan tidak boleh berhenti di atas kertas. Ia harus didukung oleh data ilmiah dan benar-benar diterapkan di lapangan. Tanpa itu, kebijakan hanya menjadi formalitas tanpa dampak nyata.

C. Integrasi Ilmu Pengetahuan, Kebijakan, dan Praktik

1. Integrasi Ilmu Pengetahuan, Kebijakan, dan Praktik

Ilmu pengetahuan menjadi landasan utama dalam memahami dinamika ekosistem dan perilaku satwa liar secara menyeluruh. Dalam konteks konservasi, pengetahuan ilmiah tidak hanya berfungsi sebagai sumber informasi, tetapi juga

sebagai dasar dalam menentukan arah pengelolaan yang tepat. Pengambilan keputusan tanpa dukungan data berpotensi menghasilkan kebijakan yang kurang efektif dan tidak sesuai dengan kondisi lapangan.



Gambar 6. Kegiatan penelitian lapangan untuk mengamati dan mengumpulkan data satwa liar.

Penelitian memungkinkan pengungkapan berbagai aspek kehidupan satwa yang tidak dapat diamati secara langsung. Pola pergerakan, kebiasaan makan, hingga perubahan struktur populasi menjadi informasi penting dalam merancang strategi konservasi. Setiap spesies memiliki karakteristik unik yang membutuhkan pendekatan berbeda dalam pengelolaannya (Primack, 2014). Kemampuan ilmu pengetahuan dalam memprediksi kondisi masa depan juga menjadi nilai penting dalam konservasi modern. Model ekologi dan analisis data digunakan untuk memperkirakan dampak perubahan lingkungan terhadap kelangsungan hidup satwa liar. Pendekatan ini membantu dalam menyusun langkah antisipatif sebelum kerusakan terjadi (Soulé, 1985). Penelitian mengenai jalur migrasi satwa memberikan gambaran tentang wilayah yang memiliki fungsi ekologis penting. Informasi tersebut menjadi dasar dalam pengembangan koridor ekologis sebagai upaya menjaga konektivitas habitat (Bennett, 2003).

2. Peran Kebijakan dalam Pengelolaan

Kebijakan berfungsi sebagai instrumen yang mengatur arah dan pelaksanaan konservasi satwa liar. Keberadaan kebijakan memastikan bahwa pengelolaan sumber daya alam berjalan dalam kerangka yang terstruktur dan memiliki kekuatan hukum. Tanpa kebijakan yang jelas, berbagai upaya konservasi cenderung berjalan tidak terkoordinasi. Kebijakan yang efektif tidak hanya bersifat normatif, tetapi juga mempertimbangkan kondisi ekologis dan sosial masyarakat. Ketidaksesuaian antara kebijakan dan realitas lapangan sering menjadi penyebab utama kegagalan implementasi. Integrasi antara data ilmiah dan kebutuhan masyarakat menjadi kunci dalam menghasilkan kebijakan yang adaptif (Ostrom, 1990).

Penetapan kawasan konservasi merupakan salah satu bentuk kebijakan yang bertujuan melindungi habitat satwa liar. Kawasan tersebut dirancang untuk menjaga keseimbangan ekosistem sekaligus membatasi aktivitas yang berpotensi merusak lingkungan. Efektivitas kebijakan sangat bergantung pada pengawasan dan konsistensi pelaksanaannya (IUCN, 2016). Keterlibatan berbagai pihak dalam penyusunan kebijakan meningkatkan peluang keberhasilan implementasi. Pendekatan partisipatif mendorong terciptanya kebijakan yang lebih inklusif dan dapat diterima oleh masyarakat.

3. Praktik Lapangan dalam Konservasi

Praktik lapangan merupakan tahap implementasi dari ilmu pengetahuan dan kebijakan dalam pengelolaan satwa liar. Kegiatan ini mencerminkan bagaimana konsep yang telah dirancang diterapkan secara nyata dalam kondisi ekosistem yang dinamis. Keberhasilan konservasi sangat ditentukan oleh efektivitas pelaksanaan di lapangan. Berbagai kegiatan dilakukan dalam praktik konservasi, seperti patroli hutan, pemantauan populasi, serta rehabilitasi habitat. Aktivitas tersebut bertujuan menjaga stabilitas ekosistem dan mencegah ancaman terhadap satwa liar. Kondisi lapangan yang kompleks menuntut kemampuan adaptasi dan koordinasi yang baik (Pullin, 2002).



Gambar 7. Kegiatan patroli hutan sebagai bagian dari praktik konservasi di lapangan.

Patroli hutan menjadi salah satu upaya penting dalam mencegah perburuan liar dan kerusakan habitat. Pemantauan yang dilakukan secara rutin memungkinkan deteksi dini terhadap berbagai ancaman. Rehabilitasi habitat berperan dalam memulihkan kondisi lingkungan agar kembali mendukung kehidupan satwa. Interaksi antara praktik lapangan dan ilmu pengetahuan menciptakan hubungan timbal balik yang memperkuat sistem konservasi. Temuan di lapangan dapat digunakan sebagai bahan evaluasi untuk memperbaiki kebijakan dan strategi yang telah diterapkan.

Gambar tersebut menggambarkan bahwa konservasi membutuhkan tindakan nyata yang dilakukan secara konsisten. Sinergi antara ilmu pengetahuan, kebijakan, dan praktik lapangan menjadi kunci dalam mencapai pengelolaan satwa liar yang efektif dan berkelanjutan.

D. Arah Pengelolaan Berkelanjutan

1. Aspek Ekologis dalam Keberlanjutan

Pengelolaan satwa liar yang berkelanjutan sangat ditentukan oleh kestabilan ekosistem tempat mereka hidup. Aspek ekologis menekankan bahwa hubungan antara komponen biotik dan abiotik membentuk suatu sistem yang saling bergantung. Perubahan pada satu bagian akan memicu perubahan pada bagian lain dalam ekosistem tersebut (Odum, 1993). Kualitas habitat menjadi faktor utama dalam mendukung keberlangsungan hidup satwa. Lingkungan yang

terjaga menyediakan sumber pakan, tempat berlindung, serta ruang reproduksi yang memadai. Pendekatan ekologis tidak hanya berfokus pada perlindungan spesies tertentu, tetapi juga menjaga keseluruhan sistem yang menopangnya (Primack, 2014).

Kondisi ini dapat dilihat pada hutan hujan tropis yang masih utuh, di mana berbagai jenis tumbuhan dan satwa hidup dalam keseimbangan yang dinamis. Keberagaman vegetasi menciptakan rantai makanan yang kompleks serta menjaga stabilitas lingkungan. Sebaliknya, kerusakan pada hutan akan memicu hilangnya fungsi ekologis yang berdampak luas.

2. Aspek Sosial dalam Konservasi

Keberlanjutan pengelolaan tidak dapat dilepaskan dari peran manusia sebagai bagian dari sistem ekologi. Aspek sosial menempatkan masyarakat sebagai aktor utama dalam menjaga kelestarian lingkungan. Tingkat keterlibatan masyarakat berpengaruh langsung terhadap keberhasilan program konservasi (Ostrom, 1990). Partisipasi masyarakat dapat diwujudkan melalui berbagai kegiatan, seperti edukasi lingkungan, pengelolaan sumber daya berbasis komunitas, maupun keterlibatan dalam program konservasi. Pemahaman yang baik terhadap manfaat lingkungan akan mendorong terbentuknya perilaku yang lebih peduli dan bertanggung jawab.

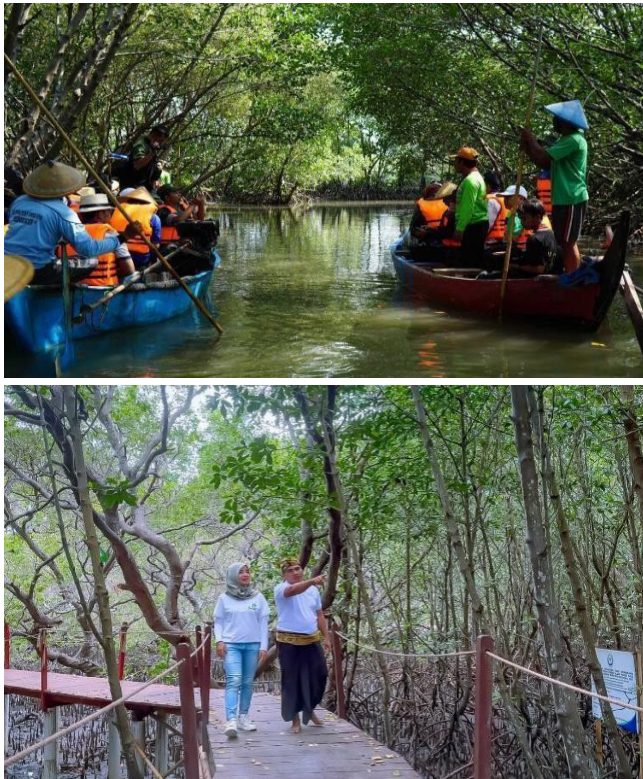
Fenomena ini tampak pada masyarakat yang terlibat dalam pengelolaan hutan desa atau kawasan wisata alam. Keterlibatan tersebut tidak hanya meningkatkan kesadaran, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi yang mendorong mereka untuk menjaga lingkungan. Hubungan timbal balik ini memperkuat keberlanjutan dalam jangka panjang.

3. Aspek Ekonomi dalam Pengelolaan

Tekanan terhadap lingkungan sering kali berkaitan dengan kebutuhan ekonomi yang terus meningkat. Pendekatan berkelanjutan berupaya menyeimbangkan antara pemanfaatan sumber daya dan upaya pelestarian. Pengelolaan yang tepat

memungkinkan keduanya berjalan secara selaras (Goodland, 1995). Pemanfaatan sumber daya secara bijak menjadi kunci dalam menjaga keberlanjutan. Aktivitas ekonomi tidak harus merusak lingkungan apabila dilakukan dengan prinsip kehati-hatian dan pengelolaan yang tepat.

Pendekatan ini menempatkan lingkungan sebagai aset jangka panjang. Hal ini terlihat dalam pengembangan ekowisata yang memanfaatkan keindahan alam tanpa merusak ekosistemnya. Pengunjung dapat menikmati lingkungan, sementara masyarakat memperoleh manfaat ekonomi. Pola seperti ini mendorong upaya pelestarian karena lingkungan memiliki nilai yang terus dijaga.



Gambar 8. Kegiatan ekowisata sebagai bentuk pemanfaatan sumber daya alam secara berkelanjutan.

Gambar tersebut menggambarkan aktivitas ekonomi yang tetap memperhatikan kelestarian lingkungan. Pemanfaatan yang terkendali mampu menjaga keseimbangan antara kebutuhan manusia dan keberlangsungan ekosistem. Pendekatan ini menjadi dasar penting dalam pengelolaan berkelanjutan.

kehidupan secara menyeluruh. Hubungan antara manusia dan alam menjadi titik sentral dalam menentukan keberhasilan tersebut. Pengelolaan yang mampu menjaga hubungan ini secara harmonis akan memberikan manfaat jangka panjang, tidak hanya bagi satwa liar, tetapi juga bagi keberlanjutan kehidupan manusia itu sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

Achieng, A. O., et al. (2023). Monitoring biodiversity loss in rapidly changing ecosystems. *Ecological Indicators*, 147, 109893.

Agrawal, A. (2005). *Environmentality: Technologies of government and the making of subjects*. Durham: Duke University Press.

Alikodra, H. S. (2010). *Konservasi sumber daya alam dan lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Alikodra, H. S. (2010). *Teknik Pengelolaan Satwa Liar dalam Rangka Mempertahankan Keanekaragaman Hayati Indonesia*. Bogor: IPB Press.

Alikodra, H. S. (2012). *Konservasi Sumber Daya Alam dan Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Alongi, D. M. (2008). Mangrove Forests: Resilience, Protection from Tsunamis, and Responses to Global Climate Change. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76(1), 1–13.

Alongi, D.M. 2008. "Mangrove Forests: Resilience, Protection From Tsunamis, And Responses To Global Climate Change". *Estuaria And Coastal Shelf Science* 78(1), 1–13

Andrianto, A., Nugroho, D., & Saputri, R. (2025). Peran masyarakat dalam konservasi ekosistem mangrove berbasis pemberdayaan lokal. *Jurnal Pengelolaan Sumber Daya Alam Indonesia*, 11(2), 123–135.

Ardhiani, N. A., Ardyanti, D. S., & Suryanda, A. (2020). Peran padang lamun terhadap hewan asosiasi di perairan Indonesia. *Jurnal Ekologi, Masyarakat dan Sains*.

Arifanti, V.B., N. Novita, S. Subarno, dan A. Tosiani. 2021. "Mangrove Management And Climate Change: A Review In

Indonesia". IOP Conference Series: Earth And Environmental Science 487(1), 60–72

Arsyad, S. 2010. Konservasi Tanah Dan Air. Bogor: IPB Press.

Atmaja, P. S. P., & Laharjana, I. (2022). Komposisi dan biodiversitas padang lamun di kawasan Sunda Kecil. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*.

Atmoko, T., et al. (2021). Praktik terbaik pengelolaan habitat satwa terancam punah. Yayasan Konservasi Alam Nusantara (YKAN).

Badan Informasi Geospasial. (2018). Pedoman Teknis Survei dan Pemetaan. Cibinong: BIG.

Badan Pusat Statistik. (2021). Statistik Lingkungan Hidup Indonesia. Jakarta: BPS.

Badan Riset dan Inovasi Nasional. (2021). Pemanfaatan Drone untuk Monitoring Lingkungan. Jakarta: BRIN.

Bappenas. (2025). Indonesia biodiversity strategy and action plan (IBSAP) 2025–2045. Kementerian PPN/Bappenas.

Barbier, E. B., Hacker, S. D., Kennedy, C., Koch, E. W., Stier, A. C., & Silliman, B. R. (2011). The value of estuarine and coastal ecosystem services. *Ecological Monographs*, 81(2), 169–193.
<https://doi.org/10.1890/10-1510.1>

Basak, K., et al. (2024). Habitat suitability and trophic cascades in wildlife ecosystems. *Ecological Modelling*, 489, 110456.

Bascompte, J., & Jordano, P. (2014). Mutualistic networks. Princeton University Press.

Begon, M., Townsend, C. R., & Harper, J. L. (2006). *Ecology: From individuals to ecosystems* (4th ed.). Blackwell Publishing.

Bengen, D.G. 2010. Ekosistem Dan Sumber Daya Pesisir Dan Laut Serta Prinsip Pengelolaannya. Bogor: Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir Dan Lautan IPB

Bennett, A. F. (2003). Linkages in the landscape: The role of corridors and connectivity in wildlife conservation. Gland: IUCN.

Bennett, A. F. (2003). Linkages in the landscape: The role of corridors and connectivity in wildlife conservation. Gland, Switzerland: IUCN.

Berkes, F. (2004). Rethinking community-based conservation. *Conservation Biology*, 18(3), 621–630.

Berkes, F. (2004). Rethinking community-based conservation. *Conservation Biology*, 18(3), 621–630.

Berkes, F. (2017). *Sacred ecology* (4th ed.). Routledge.

Bibby, C. J., Burgess, N. D., Hill, D. A., & Mustoe, S. (2000). *Bird Census Techniques*. London: Academic Press.

Biocaster Journal. (2025). Dampak perubahan iklim terhadap satwa liar dan habitatnya. *Jurnal Biocaster*, 4(2), 112–125.

Brook, B. W., Sodhi, N. S., & Bradshaw, C. J. A. (2017). Synergies among extinction drivers under global change. *Trends in Ecology & Evolution*, 23(8), 453–460.

Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burnham, K. P., & Laake, J. L. (2001). *Introduction to Distance Sampling*. Oxford: Oxford University Press.

Campbell-Staton, S. C., Arnold, B. J., Gonçalves, D., Afriyie, L., Farola, A., Bloch, G., ... & Tarazona, O. A. (2021). Ivory poaching and the rapid evolution of tusklessness in African elephants. *Science*, 374(6566), 483–487.

Cash, D. W., Adger, W. N., Berkes, F., Garden, P., Lebel, L., Olsson, P., Pritchard, L., & Young, O. (2006). Scale and cross-scale dynamics in governance: Toward a critical review. *Ecology and Society*, 11(2), 8.

Corlett, R. T., & Primack, R. B. (2011). *Tropical Rain Forests: An Ecological and Biogeographical Comparison* (2nd ed.). Wiley-Blackwell.

Dahuri, R. dkk. 2001. *Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir Dan Lautan Secara Terpadu*. Jakarta: Pradnya Paramita

Dahuri, R. dkk. 2013. *Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir Dan Lautan Secara Terpadu*. Jakarta: Balai Pustaka

Díaz, S., et al. (2016). The IPBES conceptual framework—connecting nature and people. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, 1–16.

Dinilhuda, A., Akbar, A. A., & Jumiati, J. (2018). Peran ekosistem mangrove bagi mitigasi pemanasan global. *Jurnal Teknik Sipil*, 18(2), 145–154.

Direktorat Jenderal KSDAE. (2023). *Statistik Direktorat Jenderal Konservasi Sumber Daya Alam dan Ekosistem*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Jakarta.

Dirzo, R., Young, H. S., Galetti, M., et al. (2018). Defaunation in the Anthropocene. *Science*, 345(6195), 401–406.

Dwikasari, I. A. I., Arthana, I. W., & Watiniasih, N. L. (2024). Biomassa dan simpanan karbon pada ekosistem padang lamun. *Ecotrophic Journal*. <https://pdfs.semanticscholar.org/58c3>

Elfayetti. 2024. “Analisis Laju Deforestasi Hutan Mangrove Menggunakan GIS Di Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang”. *Jurnal Ilmu Lingkungan* 22(3), 565–570

Ellis, E. C. (2010). Anthropogenic transformation of the terrestrial biosphere. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 369(1938), 1010–1035.

Estes, J. A., et al. (2011). Trophic downgrading of planet Earth. *Science*, 333(6040), 301–306.

Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34, 487–515.

Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34, 487–515.

Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34, 487–515.

Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34, 487–515.

Fahrig, L. (2017). Ecological responses to habitat fragmentation per se. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48, 1–23.

Fahrig, L. (2017). Ecological responses to habitat fragmentation per se. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48, 1–23. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110316-022612>

Fahrig, L. 2003. “Effects Of Habitat Fragmentation On Biodiversity”. *Annual Review Of Ecology, Evolution, And Systematics* 34(1), 487–515.

Faiqoh, E., Wiyanto, D. B., & Astrawan, I. G. B. (2017). Peranan padang lamun sebagai pendukung kelimpahan ikan. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*.

FAO. (2018). *The State of the World’s Forests*. Rome: Food and Agriculture Organization.

FAO. (2020). *Global forest resources assessment 2020*. Food and Agriculture Organization.

Fitria, A. (2021). Ekosistem mangrove dan mitigasi pemanasan global. *Jurnal Ekologi, Masyarakat dan Sains*, 2(1), 10–18.

Foley, J. A., DeFries, R., Asner, G. P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S. R., ... Snyder, P. K. (2005). Global consequences of land use. *Science*, 309(5734), 570–574.

Folke, C. 2006. “Resilience: The Emergence Of A Perspective For Social-Ecological Systems Analyses”. *Global Environmental Change* 16(3), 253–267.

Folke, C., Carpenter, S., Walker, B., et al. (2004). Regime shifts, resilience, and biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35, 557– 581.

Forestra Journal. (2026). Rehabilitasi ekosistem hutan dalam mendukung konservasi satwa liar. *Jurnal Forestra*, 21(1), 45–60.

Forman, R. T. T. (1995). *Land mosaics: The ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press.

Forman, R. T. T. (1995). Land mosaics: The ecology of landscapes and regions. Cambridge: Cambridge University Press.

Forman, R.T.T. 1995. Land Mosaics: The Ecology Of Landscapes And Regions. Cambridge: Cambridge University Press.

Frankham, R., Ballou, J. D., & Briscoe, D. A. (2010). Introduction to conservation genetics (2nd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.

Friess, D.A., K. Rogers, C.E. Lovelock, K.W. Krauss, S.E. Hamilton, S.Y. Lee, R. Lucas, J. Primavera, A. Rajkaran, dan S. Shi. 2019. "The State Of The World's Mangrove Forests: Past, Present, And Future". Annual Review Of Environment And Resources 44, 89–115

Giofandi, E. A., Safitri, Y., & Eduardi, A. (2019). Deteksi ekosistem lamun dan peran ekologisnya. Jurnal Kelautan Indonesia.

Global Forest Watch. (2023). Tree Cover Loss. Global Forest Watch. <https://www.globalforestwatch.org>

Goodland, R. (1995). The concept of environmental sustainability. Annual Review of Ecology and Systematics, 26, 1–24.

Gunawan, H., dkk. 2010. "Fragmentasi Hutan Alam Lahan Kering Di Provinsi Jawa Tengah (Fragmentation Of Dryland Natural Forest In Central Java Province)". Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam 7(1), 75–91.

Haddad, N. M., Brudvig, L. A., Clobert, J., Davies, K. F., Gonzalez, A., Holt, R. D., Lovejoy, T. E., Sexton, J. O., Austin, M. P., Collins, C. D., Cook, W. M., Damschen, E. I., Ewers, R. M., Foster, B. L., Jenkins, C. N., King, A. J., Laurance, W. F., Levey, D. J., Margules, C. R., ... Townshend, J. R. (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact on Earth's ecosystems. Science Advances, 1(2), e1500052. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500052>

Haddad, N. M., et al. (2015). Habitat fragmentation and its lasting impact. Science Advances, 1(2), e1500052.

Hanski, I. (1999). Metapopulation ecology. Oxford University Press.

Hanski, I. (2016). Eco-metapopulation dynamics. Oxford University Press.

Hartini, Y., Hidayati, J. R., & Idris, F. (2024). Distribusi dan kondisi lamun di perairan Indonesia. *Akuatika Indonesia*.

Hilty, J. A., Keeley, A. T. H., Lidicker Jr, W. Z., & Merenlender, A. M. (2020). Corridor ecology: Linking landscapes for biodiversity conservation and climate adaptation (2nd ed.). Washington, DC: Island Press.

Hobbs, R. J., Higgs, E., & Harris, J. A. (2006). Novel ecosystems: Implications for conservation and restoration. *Trends in Ecology & Evolution*, 21(11), 599–605.

Hoegh-Guldberg, O. (1999). Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Marine and Freshwater Research*, 50(8), 839–866.

Holl, K. D. (2007). Restoring tropical forests from the bottom up. *Science*, 315(5815), 1428–1429.

Holl, K. D. (2012). Primer of ecological restoration. Washington, DC: Island Press.

Holling, C. S. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 1–23.

Holling, C. S. (1978). Adaptive environmental assessment and management. John Wiley & Sons.

Holling, C.S. 2003. "Resilience And Stability Of Ecological Systems". *Annual Review Of Ecology And Systematics* 4(1), 1–23.

Hutchinson, G. E. (1957). Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 22, 415–427.

Indrawan, M., Primack, R. B., & Supriatna, J. (2012). *Biologi Konservasi*. Jakarta: Yayasan Obor Indonesia.

IPBES. (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.

IPBES. (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.

IPCC. (2021). Climate change 2021: The physical science basis. Cambridge: Cambridge University Press.

IPCC. (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.

Irwan, Z.D. 2007. Prinsip-Prinsip Ekologi. Jakarta: Bumi Aksara.

IUCN. (2023). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2023-1. <https://www.iucnredlist.org>

IUCN. (2024). Adaptive wildlife management framework. International Union for Conservation of Nature.

Jalaludin, M., Octaviyani, I. N., & Putri, A. N. P. (2020). Padang lamun sebagai ekosistem penunjang kehidupan biota laut. Jurnal Geografi.

Jaswadi, J., & Zaerani, W. (2025). Pengelolaan berkelanjutan ekosistem lamun. Journal of Biology.

Jensen, J. R. (2005). Introductory Digital Image Processing. New Jersey: Prentice Hall.

Jia, K., Wei, X., Gu, X., Yao, Y., Xie, X., & Li, B. 2014. "Land Cover Classification Using Landsat 8 Operational Land Imager Data In Beijing, China". Geocarto International 29(8), 941–951.

Jones, C. G., Lawton, J. H., & Shachak, M. (1994). Organisms as ecosystem engineers. Oikos, 69(3), 373–386.

Kays, R., Crofoot, M. C., Jetz, W., & Wikelski, M. (2015). Terrestrial animal tracking as an eye on life and planet. Science, 348(6240), aaa2478.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. (2021). Status hutan dan deforestasi Indonesia. KLHK RI.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2017).

- Pedoman Monitoring Keanekaragaman Hayati. Jakarta: KLHK.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2018). Panduan Penggunaan Kamera Trap untuk Monitoring Satwa Liar. Jakarta: KLHK.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020). Laporan Status Lingkungan Hidup Indonesia. Jakarta: KLHK.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020). Sistem Informasi Keanekaragaman Hayati Indonesia. Jakarta: KLHK.
- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. (2020). Status Lingkungan Hidup Indonesia. Jakarta: KLHK.
- KLHK. (2022). Kebijakan konservasi keanekaragaman hayati Indonesia. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.
- Krebs, C. J. (2014). Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance. New York: Pearson.
- Kusmana, C. (1997). Metode Survey Vegetasi. Bogor: IPB.
- Lambin, E. F., Geist, H. J., & Lepers, E. (2003). Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resources*, 28, 205–241.
- Latuconsina, H., & Ambo-Rappe, R. (2013). Variabilitas komunitas ikan pada padang lamun. *Jurnal Iktiologi Indonesia*.
- Lestariningsih, W. A., & Himawan, M. R. (2025). *Seagrass meadows as critical ecosystems*. *Indonesian Journal of Marine Science*.
- Lindenmayer, D. B., & Fischer, J. (2006). Habitat Fragmentation and Landscape Change: An Ecological and Conservation Synthesis. Washington, DC: Island Press.
- Lindenmayer, D.B. & Fischer, J. 2006. Habitat Fragmentation And Landscape Change. Washington DC: Island Press.
- MacKinnon, J., Phillips, K., & van Balen, B. (2010). Burung-burung di Sumatera, Jawa, Bali dan Kalimantan. Bogor: Puslitbang Biologi LIPI.
- McRae, B. H., Dickson, B. G., Keitt, T. H., & Shah, V. B. (2008).

Using circuit theory to model connectivity in ecology. *Ecology*, 89(10), 2712–2724.

Meadowcroft, J. (2007). Who is in charge here? Governance for sustainable development in a complex world. *Journal of Environmental Policy & Planning*, 9(3–4), 299–314.

MJST Journal. (2025). Strategi perlindungan flora dan fauna dalam pendekatan lanskap. *Jurnal MJST*, 3(1), 88–102.

Morrison, M. L., Block, W. M., Strickland, M. D., et al. (2012). *Wildlife study design*. Springer.

Mougi, A. (2024). Stability of ecological networks enhanced by habitat modification. *Scientific Reports*, 14, 70626.

Mueller-Dombois, D., & Ellenberg, H. (1974). *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. New York: Wiley.

Murcia, C. (1995). Edge effects in fragmented forests. *Trends in Ecology & Evolution*, 10(2), 58–62.

Nontji, A. 2005. *Laut Nusantara*. Jakarta: Djambatan

Nontji, A. 2005. *Laut Nusantara*. Jakarta: Djambatan.

Novianti, T.C., Armijon, A., Tridawati, A., & Samri, A.S. 2024. “Analisis Perubahan Tutupan Lahan Tahun 2013–2022 Di Kota Semarang Menggunakan Google Earth Engine”. *Jurnal Ilmiah Tekno Global* 13(1), 21–27.

Nybakken, J.W. 1992. *Biologi Laut: Suatu Pendekatan Ekologis*. Jakarta: Gramedia

O’Connell, A. F., Nichols, J. D., & Karanth, K. U. (2011). *Camera Traps in Animal Ecology*. Tokyo: Springer.

O’Connell, A. F., Nichols, J. D., & Karanth, K. U. (2011). *Camera traps in animal ecology: Methods and analyses*. Tokyo: Springer.

Odum, E. P. (1993). *Dasar-Dasar Ekologi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Odum, E. P., & Barrett, G. W. (2005). *Fundamentals of ecology* (5th ed.). Thomson Brooks/Cole.

Odum, E. P., & Barrett, G. W. (2005). *Fundamentals of Ecology* (5th ed.). Belmont: Thomson Brooks/Cole.

Odum, E.P. & Barrett, G.W. 2005. Fundamentals Of Ecology. Belmont: Thomson Brooks/Cole.

Odum, E.P. 1993. Dasar-Dasar Ekologi. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press

Oldekop, J. A., Holmes, G., Harris, W. E., & Evans, K. L. (2016). A global assessment of the social and conservation outcomes of protected areas. *Nature Communications*, 7, 12306. <https://doi.org/10.1038/ncomms12306>

Ostrom, E. (1990). *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge: Cambridge University Press.

Ostrom, E. (1990). *Governing the commons: The evolution of institutions for collective action*. Cambridge: Cambridge University Press.

Ostrom, E. (2009). A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. *Science*, 325(5939), 419–422. <https://doi.org/10.1126/science.1172133>

Palupi, R., Sukmaputri, N. Z., & Nugraha, S. (2024). Strategi restorasi lamun dalam ekosistem karbon biru. *Indonesian Conference of Maritime*.

Parmesan, C. (2006). Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 37, 637–669.

Parmesan, C., & Yohe, G. (2003). A globally coherent fingerprint of climate change impacts. *Nature*, 421, 37–42.

Pickett, S.T.A. & White, P.S. 2005. *The Ecology Of Natural Disturbance And Patch Dynamics*. Chicago: University Of Chicago Press.

Prahasta, E. (2009). *Sistem Informasi Geografis: Konsep dan Aplikasi*. Bandung: Informatika.

Prahasta, E. (2009). *Sistem Informasi Geografis: Konsep dan Aplikasi*. Bandung: Informatika.

Pratiwi, I., dan A. Akbar. 2023. “Dampak Pencemaran Lingkungan Di Wilayah Pesisir Makassar Akibat Limbah

Masyarakat". *Sensistek* 6(1), 75–78

Primack, R. B. (2014). *Essentials of Conservation Biology* (6th ed.). Sinauer Associates. Sunderland, MA.

Primack, R. B. (2014). *Essentials of Conservation Biology* (6th ed.). Sunderland: Sinauer Associates.

Primack, R. B. (2014). *Essentials of conservation biology* (6th ed.). Sunderland: Sinauer Associates.

Primack, R. B. (2014). *Essentials of conservation biology*. Sinauer Associates. Primack, R. B. (2018). *Essentials of conservation biology* (6th ed.). Oxford University Press.

Purwanto, E. 2007. "Ruang Terbuka Hijau Di Perumahan Graha Estetika Semarang". *Jurnal Enclosure* 6(1), 49–58.

Ramadhan, F., & Sofyana, J. (2025). Dampak perubahan penggunaan lahan terhadap degradasi hutan mangrove di wilayah pesisir. *Journal Education, Sociology and Law*, 3(2), 77–86.

Ridho, R. (2015). Dampak aktivitas antropogenik terhadap degradasi hutan mangrove di Indonesia. *Jurnal Lingkungan dan Pembangunan*, 6(1), 1–9.

Ripple, W. J., & Beschta, R. L. (2012). Trophic cascades in Yellowstone. *Biological Conservation*, 145(1), 205–213.

Ripple, W. J., et al. (2014). Status and ecological effects of the world's largest carnivores. *Science*, 343(6167), 1241484.

Roeroe, A. (2021). Kondisi kesehatan padang lamun di perairan pesisir. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*.

Rosari, A. G. T., et al. (2025). Evaluasi perlindungan satwa komodo berbasis habitat. *Kybernology Journal*, 5(1), 23–34.

Saharani, D., Putri, M. A., & Kurniawan, B. (2025). Keanekaragaman jenis dan zonasi vegetasi mangrove di wilayah pesisir Indonesia. *Jurnal Biologi Tropis*, 25(1), 55–67.

Schoener, T. W. (1974). Resource partitioning in ecological communities. *Science*, 185(4145), 27–39.

Seidl, R., Thom, D., Kautz, M., Martin-Benito, D., Pureswaran, D., Rammer, W., ... & Senf, C. (2017). Forest disturbances under

climate change. *Nature Climate Change*, 7(6), 395-402.

Simonds, J.O. & Starke, B.W. 2006. *Landscape Architecture: A Manual Of Environmental Planning And Design*. New York: McGraw-Hill Companies.

Soemarwoto, O. 2004. *Ekologi, Lingkungan Hidup Dan Pembangunan*. Jakarta: Djambatan.

Soerianegara, I., & Indrawan, A. (2005). *Ekologi Hutan Indonesia*. Bogor: Laboratorium Ekologi Hutan IPB.

Soulé, M. E. (1986). *Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity*. Sunderland: Sinauer Associates.

Sudiarta, I. K. (2024). Analisis kerusakan keanekaragaman hayati dan implikasinya terhadap ekosistem. *Jurnal Lingkungan*, 12(2), 55–70.

Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.

Suriadi, L. M., Denya, N. P., & Shabrina, Q. A. (2024). Perlindungan dan pengelolaan ekosistem mangrove secara berkelanjutan di Indonesia. *Jurnal Analisis Kebijakan Lingkungan*, 9(1), 34–46.

Sutherland, W. J. (2006). *Ecological Census Techniques*. Cambridge: Cambridge University Press.

Sutherland, W. J. (2020). *Conservation biology: A guide for students*. Oxford University Press.

Syukur, A. (2015). Distribusi dan keragaman jenis lamun di Indonesia. *Jurnal Biologi Tropis*.

Syukur, A. (2016). Konservasi lamun untuk keberlanjutan sumber daya ikan. *Jurnal Biologi Tropis*.

Taylor, P. D., Fahrig, L., Henein, K., & Merriam, G. (2016). Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, 68(3), 571–573.

Taylor, P. J. (2005). *Unruly complexity: Ecology, interpretation, engagement*. Chicago: University of Chicago Press.

Thompson, R. M., et al. (2017). Food webs and biodiversity.

Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 48, 137–162.

Tilman, D., Clark, M., Williams, D. R., Kimmel, K., Polasky, S., & Packer, C. (2017). Future threats to biodiversity and pathways to their prevention. *Nature*, 546(7656), 73-81.

Tilman, D., Isbell, F., & Cowles, J. M. (2014). Biodiversity and ecosystem functioning. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 45, 471– 493.

Tomascik, T. dkk. 2007. *The Ecology Of The Indonesian Seas*. Periplus Editions

Treves, A., & Karanth, K. U. (2003). Human-carnivore conflict and perspectives on carnivore management worldwide. *Conservation Biology*, 17(6), 1491–1499.

Tuia, D., et al. (2021). Machine learning for wildlife conservation. *Nature Ecology & Evolution*, 5(12), 1592–1600.

Turner, M. G., Gardner, R. H., & O'Neill, R. V. (2001). *Landscape ecology in theory and practice*. Springer.

Turner, M. G., Gardner, R. H., & O'Neill, R. V. (2001). *Landscape ecology in theory and practice: Pattern and process*. Springer.

Turner, M.G., Gardner, R.H., & O'Neill, R.V. 2001. *Landscape Ecology In Theory And Practice*. New York: Springer.

UGM. (2022). *Pengelolaan satwa liar lanjut*. Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada.

UNEP. (2024). *Protected Planet Report 2024*. United Nations Environment Programme.

UNODC. (2020). *World Wildlife Crime Report 2020*. United Nations Office on Drugs and Crime. Vienna.

Utomo, A. P., & Haerani, J. O. (2024). Pemaksimalan fungsi penanaman mangrove di daerah rawan abrasi. *Jurnal Ilmiah Nusantara*, 5(2), 88–96.

Vitousek, P. M., Mooney, H. A., Lubchenco, J., & Melillo, J. M. (1997). Human domination of Earth's ecosystems. *Science*, 277(5325), 494-499.

Vitule, J. R. S., Freire, C. A., & Simberloff, D. (2009).

Introduction of non-native freshwater fish can certainly be bad. *Fish and Fisheries*, 10(1), 98-108.

Wahyuni, N.I., Hasyim, A.W., & Soemarno. 2021. "Dinamika Perubahan Penggunaan Dan Tutupan Lahan Di Kabupaten Banyuwangi Periode 1995–2019". *Jurnal Wasian* 8(2), 121–132.

Walpole, R. E. (1995). *Pengantar Statistika*. Jakarta: Gramedia.

Walters, C. (1986). *Adaptive Management of Renewable Resources*. New York: Macmillan.

Walther, G. R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T. J. C., ... Bairlein, F. (2002). Ecological responses to recent climate change. *Nature*, 416(6879), 389–395.

Wibisono, Y. 2008. *Pengelolaan Lanskap Dan Pemeliharaan Taman Kota 1 Di BSD City Tangerang*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Wiens, J.A. 2002. *Landscape Ecology*. Cambridge: Cambridge University Press.

Woodroffe, R., Thirgood, S., & Rabinowitz, A. (2005). *People and wildlife: Conflict or coexistence?* Cambridge: Cambridge University Press.

Worboys, G. L., Lockwood, M., Kothari, A., Feary, S., & Pulsford, I. (2015). *Protected area governance and management*. Canberra: ANU Press.

Wright, J. P., & Jones, C. G. (2017). Ecosystem engineering effects. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 38, 493–517.

WWF Indonesia. (2020). *Laporan konservasi keanekaragaman hayati Indonesia*. WWF Indonesia.

WWF. (2022). *Living Planet Report 2022: Building a Nature-Positive Society*. WWF International. Gland, Switzerland.

WWF. (2023). *Landscape approach in biodiversity conservation*. World Wide Fund for Nature.

PENGELOLAAN SATWA LIAR DAN HABITAT PADA LANSKAP TERGANGGU DAN KAWASAN PESISIR



Buku ini membahas konsep, prinsip, dan strategi pengelolaan satwa liar serta habitat pada lanskap terganggu dan kawasan pesisir. Fokus pembahasan mencakup dinamika perubahan habitat, tekanan antropogenik, konservasi keanekaragaman hayati, restorasi ekosistem, serta pendekatan pengelolaan berkelanjutan yang relevan bagi akademisi, mahasiswa, peneliti, dan praktisi lingkungan. Melalui pembahasan yang komprehensif, buku ini diharapkan menjadi rujukan penting dalam memahami tantangan dan solusi pengelolaan satwa liar pada ekosistem yang rentan dan terus berubah.



*Menjaga satwa liar berarti
menjaga masa depan ekosistem.*



Penerbit Kaizen Sarana Edukasi
Kanggotan RT.02 Pleret Bantul Yogyakarta
Web: www.kaizenedukasi.com
Email: kaizenedukasi@gmail.com
Telp: 0859 5040 8017

Sains Terapan

ISBN 978-634-7682-31-4



9

786347

682314