

Ekosistem Mangrove Indonesia: Peran Vital, Tantangan, dan Strategi Konservasi Berkelanjutan

1. Pendahuluan

Ekosistem mangrove di Indonesia memegang peranan yang sangat penting dalam konteks ekologi global. Sebagai negara kepulauan, Indonesia merupakan pemilik hutan mangrove terluas di dunia, mencakup sekitar 3,5 juta hektar. Luasan ini merepresentasikan lebih dari 45% total mangrove di Asia dan sekitar 25% dari seluruh mangrove yang ada di dunia.¹ Keberadaan ekosistem ini merupakan zona transisi yang unik dan vital, terletak di wilayah pasang surut antara daratan dan lautan, berfungsi sebagai penyangga alami yang khas.³

Secara global, hutan mangrove diakui sebagai ekosistem krusial yang memberikan kontribusi signifikan dalam mitigasi perubahan iklim, perlindungan pesisir dari bencana alam, dan konservasi keanekaragaman hayati.⁴ Peran esensialnya dalam menjaga keseimbangan ekosistem pesisir sangat vital bagi keberlangsungan lingkungan dan kehidupan manusia yang bergantung padanya.³ Mengingat status Indonesia sebagai negara dengan keanekaragaman hayati yang sangat tinggi (

megabiodiversity) dan luasnya ekosistem mangrove yang dimilikinya secara global, kesehatan dan kelestarian mangrove di Indonesia memiliki implikasi yang jauh melampaui batas geografisnya. Kondisi ini secara langsung memengaruhi stabilitas iklim global dan konservasi keanekaragaman hayati laut di tingkat internasional, menjadikan upaya konservasi mangrove di Indonesia sebagai isu yang relevan secara global dan memerlukan perhatian serius dari berbagai pihak.

2. Peran Utama Ekosistem Mangrove dalam Menjaga Keseimbangan Lingkungan Pesisir

Ekosistem mangrove memiliki multifungsi yang krusial dalam menjaga keseimbangan lingkungan pesisir. Peran-peran ini mencakup perlindungan fisik, penyerapan karbon, penyediaan habitat, dan fungsi sebagai filter alami.

Perlindungan Pesisir (Abrasi, Erosi, Badai, Tsunami)

Hutan mangrove berfungsi sebagai benteng alami yang sangat efektif. Sistem perakarannya yang kuat dan padat mampu menstabilkan garis pantai, mengurangi laju abrasi atau pengikisan pantai oleh gelombang laut dan arus air, serta melindungi komunitas pesisir dari dampak gelombang badai, gelombang pasang, dan bahkan tsunami.³ Akar mangrove yang rapat dan cabang-cabangnya yang berbelit membentuk barikade alami yang mampu memperlambat dan meredam kecepatan gelombang, bertindak sebagai perisai pelindung yang efisien. Penelitian menunjukkan bahwa mangrove dapat mengurangi hingga 66% energi gelombang dalam 100 meter pertama lebar hutan.³

Sistem perakaran mangrove yang padat dan kompleks tidak hanya berfungsi sebagai penopang struktural, melainkan juga sebagai "insinyur ekologis" multifungsi. Kemampuan mereka untuk menjebak partikel kaya karbon dan sedimen⁵ secara langsung berkontribusi pada akresi lahan dan stabilisasi garis pantai.⁷ Proses ini merupakan mekanisme pertahanan alami yang krusial terhadap kenaikan permukaan air laut⁹, salah satu dampak utama perubahan iklim. Dengan demikian, mangrove tidak hanya melindungi garis pantai yang ada, tetapi juga secara aktif membangun dan memperluasnya, menawarkan strategi adaptasi yang dinamis terhadap perubahan iklim.

Penyerapan Karbon (Blue Carbon) dan Mitigasi Perubahan Iklim

Mangrove merupakan ekosistem "karbon biru" yang luar biasa efisien dalam menyerap dan menyimpan karbon. Mereka mampu menyimpan karbon hingga lima kali lebih banyak per hektar dibandingkan hutan terestrial.¹ Karbon ini disimpan dalam jangka panjang baik di biomassa tumbuhan (akar, batang, daun) maupun, yang lebih

signifikan, di sedimen pesisir.⁵ Peran ini sangat penting dalam mengurangi konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer dan memperlambat pemanasan global.⁵ Hutan mangrove Indonesia sendiri diperkirakan menyimpan sekitar 3,1 miliar ton karbon, jumlah yang setara dengan emisi yang dihasilkan 2,5 miliar mobil per tahunnya.¹

Kapasitas penyerapan karbon mangrove yang sangat tinggi secara intrinsik terkait dengan perannya sebagai filter alami dan penangkap sedimen. Materi organik dan partikel yang terperangkap oleh akar mangrove kaya akan karbon⁵, yang kemudian berkontribusi pada penyimpanan "karbon biru" dalam jumlah besar di sedimen mereka.⁵ Studi awal di Mangrove Center Balikpapan mengestimasi total stok karbon mencapai $720,48 \pm 24,38$ ton-C/ha, dengan stok karbon di tanah berkisar antara 530,43-694,52 ton-C/ha, menunjukkan bahwa sebagian besar karbon tersimpan di tanah.¹² Hal ini menyoroti hubungan sinergis di mana struktur fisik mangrove (akar) meningkatkan fungsi biokimia mereka (penyimpanan karbon), menjadikan mereka regulator iklim yang sangat efektif.

Keanekaragaman Hayati dan Habitat Biota Laut

Hutan mangrove menyediakan habitat vital dan berfungsi sebagai area pembibitan (*nursery ground*) yang kaya nutrisi bagi beragam spesies flora dan fauna pesisir. Ini termasuk berbagai jenis ikan, udang, moluska, krustasea, kepiting, serta burung-burung pesisir.³ Keberadaan ekosistem mangrove yang sehat secara langsung menjamin ketersediaan sumber daya perikanan yang melimpah, yang menjadi mata pencarian utama bagi banyak masyarakat lokal.¹⁴

Fungsi sebagai Filter Alami

Sistem perakaran mangrove yang lebat tidak hanya menstabilkan tanah tetapi juga secara efektif menjebak partikel kaya karbon dan sedimen.⁵ Selain itu, akar-akar ini berfungsi sebagai filter alami yang menyaring polutan dan limbah dari daratan sebelum mencapai laut, sehingga berkontribusi pada terjaganya kualitas air laut dan melindungi terumbu karang.³

Tabel 1: Ringkasan Peran Ekologis Utama Mangrove

Peran Ekologis Utama	Deskripsi Singkat	Referensi
Perlindungan Pesisir	Menstabilkan garis pantai, mengurangi abrasi dan erosi, meredam energi gelombang badai dan tsunami.	3
Penyerapan Karbon	Menyerap dan menyimpan karbon (blue carbon) hingga 5x lebih banyak dari hutan terestrial, terutama di sedimen, mitigasi perubahan iklim.	1
Keanekaragaman Hayati	Menyediakan habitat, tempat berkembang biak, dan mencari makan bagi berbagai flora dan fauna pesisir (ikan, udang, burung).	3
Filter Alami	Akar menjebak partikel dan menyaring polutan/limbah dari daratan sebelum masuk ke laut, menjaga kualitas air.	3

3. Ancaman Utama terhadap Ekosistem Mangrove di Indonesia

Meskipun memiliki peran vital, ekosistem mangrove di Indonesia menghadapi berbagai ancaman serius yang mengancam kelestariannya.

Deforestasi dan Konversi Lahan

Indonesia menghadapi laju deforestasi mangrove yang mengkhawatirkan. Antara tahun 2009-2019, diperkirakan terjadi kehilangan sekitar 18.209 hektar per tahun.¹ Proyeksi yang lebih baru menunjukkan tambahan deforestasi seluas 299.258 hektar antara 2021-2030, dengan laju sekitar 29.000 hektar per tahun.² Penyebab utama deforestasi ini adalah konversi lahan untuk berbagai keperluan, termasuk tambak udang, yang sering disebut sebagai "revolusi biru".¹³ Selain itu, konversi juga terjadi untuk pertanian, pembangunan infrastruktur dan permukiman, penebangan liar, serta aktivitas pertambangan.¹ Data menunjukkan bahwa 520.000 hektar dari 777.000 hektar bekas habitat mangrove yang telah dikonversi saat ini didominasi oleh tambak.² Mangrove tepi sungai (

riverine mangrove) menjadi jenis yang paling rentan karena lokasinya yang dekat dengan pemukiman manusia, menjadikannya target utama untuk konversi lahan.¹

Meskipun "revolusi biru" (akuakultur udang) diidentifikasi sebagai pendorong utama deforestasi mangrove¹³, yang menyebabkan emisi karbon signifikan² dan hilangnya fungsi ekologis, terdapat nuansa yang perlu diperhatikan. Praktik akuakultur yang berkelanjutan, seperti sistem

silvofishery yang mengintegrasikan budidaya dengan penanaman mangrove¹³, serta pengelolaan limbah yang bertanggung jawab (misalnya, melalui Instalasi Pengolahan Air Limbah/IPAL)¹⁷, justru dapat hidup berdampingan dengan konservasi mangrove. Hal ini menunjukkan bahwa masalahnya bukan pada akuakultur itu sendiri, melainkan pada praktik yang tidak berkelanjutan dan tidak diatur. Oleh karena itu, kebijakan harus mampu membedakan dan mempromosikan model yang berkelanjutan.

Laju deforestasi yang tinggi dan fakta bahwa 16% spesies mangrove asli terancam punah¹ menunjukkan hilangnya tidak hanya jasa ekosistem tetapi juga keanekaragaman genetik. Kerusakan ini bersifat permanen; bahkan jika dipulihkan, hutan mangrove akan memiliki keragaman spesies dan stabilitas yang lebih rendah, serta fungsi ekosistem yang lebih rendah dibandingkan hutan mangrove alami.¹ Ini berarti setiap hektar mangrove yang hilang tidak hanya mengurangi fungsi saat ini tetapi juga merusak potensi adaptasi ekosistem di masa depan, terutama dalam menghadapi perubahan iklim.

Polusi

Pencemaran lingkungan, khususnya polusi plastik dan limbah industri/domestik, menimbulkan ancaman serius bagi ekosistem mangrove. Mikroplastik terakumulasi di sedimen, akar, dan batang mangrove, yang berdampak negatif pada pertumbuhan ekosistem dan biota akuatik.¹⁸ Kegiatan pembersihan sampah di lokasi mangrove menunjukkan bahwa sebagian besar limbah yang terkumpul adalah plastik sekali pakai yang tidak dapat didaur ulang dan seringkali terkontaminasi, sehingga harus dikirim ke tempat pembuangan akhir.¹⁹ Hal ini menggarisbawahi urgensi pengurangan sampah dari sumbernya sebagai langkah krusial untuk melindungi mangrove.

Eksplorasi Berlebihan

Penebangan mangrove yang tidak terkontrol untuk kayu bakar, material bangunan (termasuk pilar rumah dan furnitur), bahan baku bubur kertas, produksi arang, dan keping kayu berkontribusi signifikan terhadap degradasi ekosistem.¹⁵ Meskipun mangrove memiliki nilai ekonomi, eksploitasi yang berlebihan tanpa praktik pengelolaan berkelanjutan akan merusak fungsi ekologisnya secara permanen dan menghilangkan manfaat jangka panjang bagi masyarakat dan lingkungan.³

Tabel 2: Ancaman Utama dan Dampaknya terhadap Ekosistem Mangrove di Indonesia

Ancaman Utama	Sumber/Penyebab Utama	Dampak Spesifik	Referensi
Deforestasi	Konversi lahan (tambak udang, pertanian, infrastruktur, permukiman, pertambangan), penebangan liar.	Kehilangan luas hutan (18.209-29.000 ha/tahun), pelepasan karbon ke atmosfer (1000 ton/ha), hilangnya fungsi ekologis, ancaman kepunahan spesies (16%).	¹

Polusi	Limbah plastik (mikroplastik, sampah sekali pakai), limbah industri/domestik, tumpahan minyak.	Akumulasi mikroplastik di akar/batang, gangguan pertumbuhan ekosistem dan biota, penurunan kualitas air.	15
Eksplotasi Berlebihan	Penebangan untuk kayu bakar, material bangunan, bubur kertas, arang.	Degradasi ekosistem, hilangnya fungsi perlindungan dan habitat, kerusakan permanen.	3

4. Keterlibatan Masyarakat Lokal dalam Meningkatkan Keberhasilan Konservasi Mangrove

Keterlibatan masyarakat lokal merupakan fondasi utama bagi keberhasilan upaya konservasi dan rehabilitasi ekosistem mangrove secara berkelanjutan.

Peran Komunitas dalam Upaya Pelestarian dan Rehabilitasi

Masyarakat lokal adalah elemen kunci dalam konservasi mangrove. Mereka memiliki pengetahuan ekologi tradisional yang mendalam dan seringkali telah membentuk institusi lokal untuk menjaga kelestarian mangrove.²⁰ Partisipasi aktif masyarakat dalam kegiatan rehabilitasi mangrove terbukti secara signifikan memengaruhi sikap positif mereka terhadap upaya konservasi.²⁰ Inisiatif yang berasal dari masyarakat sangat penting karena keberadaan mangrove secara langsung mendukung dan memengaruhi kehidupan serta mata pencarian mereka.²¹

Keberhasilan konservasi berbasis masyarakat tidak hanya bergantung pada partisipasi semata, tetapi sangat berakar pada manfaat ekonomi langsung dan peningkatan mata pencarian yang diberikan oleh ekosistem mangrove yang sehat kepada komunitas

lokal.¹⁴ Ketika masyarakat melihat nilai ekonomi langsung dari mangrove—misalnya sebagai "brankas" yang menyimpan harta untuk keberlangsungan hidup nelayan¹⁴ atau sumber pendapatan dari ekowisata²²—motivasi mereka untuk berpartisipasi dalam konservasi meningkat secara signifikan. Ini menciptakan lingkaran umpan balik positif: mangrove sehat menghasilkan manfaat ekonomi, yang kemudian meningkatkan minat dan partisipasi masyarakat, yang pada gilirannya mengarah pada konservasi yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Penekanan pada inisiatif yang dipimpin masyarakat dan pemanfaatan pengetahuan ekologi tradisional²⁰ mengindikasikan bahwa pendekatan konservasi yang bersifat

top-down mungkin tidak memadai. Strategi nasional yang lebih efektif akan melibatkan pemberdayaan komunitas lokal sebagai pengelola utama, mengintegrasikan pengetahuan mereka, dan memastikan manfaat langsung bagi mereka. Hal ini akan mendorong keberlanjutan jangka panjang dan rasa kepemilikan yang kuat terhadap upaya konservasi.

Studi Kasus Keberhasilan Program Konservasi Berbasis Komunitas

Beberapa studi kasus menunjukkan keberhasilan program konservasi mangrove yang melibatkan masyarakat:

- **Bunaken, Manado:** Partisipasi masyarakat lokal dalam pengelolaan ekowisata mangrove di Kecamatan Bunaken, Manado, menunjukkan tingkat keberhasilan yang tinggi. Tingkat partisipasi rata-rata mencapai 70% di semua tahapan, mulai dari perencanaan, implementasi, pemanfaatan, hingga evaluasi.²³ Persepsi positif masyarakat terhadap pengelolaan wisata mangrove secara langsung memengaruhi tingkat partisipasi mereka.
- **Desa Tanjung Rejo:** Program penanaman 5.000 bibit mangrove oleh Telkom Regional 1 di Desa Tanjung Rejo menjadi contoh sukses aksi konservasi lingkungan yang berhasil berbasis komunitas.²⁴
- **Dusun Poton Bako, Lombok Timur:** Model ekowisata berbasis konservasi mangrove di Dusun Poton Bako menunjukkan keberhasilan integrasi konservasi, edukasi masyarakat, pengelolaan sampah berbasis sistem TPS3R, dan penguatan kelembagaan lokal. Program ini menghasilkan peningkatan signifikan dalam kesadaran dan kapasitas masyarakat terhadap pelestarian ekosistem pesisir, serta akumulasi pendapatan desa yang mencapai Rp647,38 juta hingga April

2025.²² Pendapatan ini dialokasikan untuk operasional, konservasi, dan program sosial, mewujudkan dampak sosial-ekologis yang nyata.

5. Manfaat Ekonomi dari Konservasi Mangrove

Konservasi ekosistem mangrove tidak hanya memberikan manfaat ekologis yang tak ternilai, tetapi juga menawarkan potensi ekonomi yang signifikan, terutama melalui ekowisata dan perikanan berkelanjutan.

Ekowisata Berkelanjutan

Hutan mangrove memiliki potensi besar sebagai destinasi ekowisata alam, membuka peluang ekonomi baru dan diversifikasi mata pencarian bagi penduduk setempat.⁶ Ekowisata berbasis konservasi mangrove dapat secara signifikan mengurangi tingkat pengangguran, meningkatkan pendapatan masyarakat, dan berkontribusi pada penurunan kemiskinan di wilayah pesisir.²²

Kegiatan ekowisata yang dapat dikembangkan meliputi tur edukasi mangrove, pengamatan burung (*bird watching*), memancing, program adopsi pohon mangrove, serta aktivitas kano dan *boating*.²⁶ Contoh di Gampong Baro Sayeung, Aceh Jaya, menunjukkan potensi ekowisata yang sangat tinggi (indeks kesesuaian 85%) berkat keanekaragaman fauna dan keindahan alamnya, meskipun potensi fauna belum sepenuhnya dimanfaatkan sebagai daya tarik wisata.²⁷

Manfaat ekonomi yang diperoleh dari ekowisata dan perikanan berkelanjutan berfungsi sebagai insentif yang kuat bagi komunitas lokal untuk secara aktif terlibat dalam konservasi mangrove.¹⁴ Hal ini mengubah persepsi mangrove dari sekadar sumber daya yang dapat dieksploitasi (misalnya, untuk konversi tambak) menjadi aset yang harus dilindungi demi kemakmuran ekonomi jangka panjang.

Perikanan Berkelanjutan dan Sumber Penghidupan Lokal

Mangrove sering disebut sebagai "brankas" atau "bank" bagi nelayan kecil, karena menyediakan tempat mencari makan, berkembang biak, dan membesarkan anakan bagi berbagai jenis biota laut seperti ikan, udang, kepiting, belut, dan kerang.³ Keberadaan ekosistem mangrove yang sehat secara langsung menjamin pendapatan yang stabil bagi nelayan. Sebagai contoh, seorang nelayan dapat membawa pulang uang Rp500 ribu hingga Rp1,5 juta sekali trip berkat keberadaan mangrove yang sehat.¹⁴ Penelitian juga mengkonfirmasi bahwa ekosistem mangrove secara nyata meningkatkan produksi budidaya perikanan.²⁸ Secara nasional, ekosistem mangrove berkontribusi setidaknya \$1,5 miliar USD per tahun bagi perekonomian Indonesia dengan menjadi tempat pembibitan spesies ikan komersial yang penting untuk ketahanan pangan.²⁹

Produk Non-Kayu dan Potensi Ekonomi Lainnya

Selain perikanan, masyarakat lokal secara tradisional memanfaatkan mangrove untuk sumber daya non-kayu seperti kayu bakar, material bangunan (pilar rumah, furnitur), bahan untuk jangkar perahu, dan pewarna jaring ikan.¹⁵ Terdapat potensi pengembangan produk turunan inovatif, misalnya tepung dari buah

Avicennia atau sirup dari buah *Sonneratia*, yang dapat menjadi bahan baku industri kuliner.³⁰ Dalam konteks budidaya udang yang berkelanjutan, limbah tambak dapat dialirkan ke area mangrove atau dimanfaatkan untuk budidaya rumput laut, menciptakan peluang ekonomi tambahan yang ramah lingkungan.¹⁷

Dengan mendiversifikasi kegiatan ekonomi di sekitar ekosistem mangrove untuk mencakup ekowisata dan pemanfaatan non-ekstraktif yang berkelanjutan²⁶, komunitas dapat membangun ekonomi lokal yang lebih tangguh dan tidak terlalu bergantung pada praktik-praktik destruktif seperti konversi lahan skala besar. Selain itu, pendekatan ini selaras dengan tren konsumen global yang semakin mencari produk organik dan ramah lingkungan¹⁷, menciptakan insentif berbasis pasar untuk praktik berkelanjutan.

Tabel 3: Manfaat Ekonomi dari Konservasi Mangrove

Manfaat Ekonomi	Deskripsi	Contoh/Potensi	Referensi
Ekowisata Berkelanjutan	Menarik wisatawan, mengurangi pengangguran, meningkatkan pendapatan, diversifikasi mata pencarian.	Tur edukasi, <i>bird watching</i> , memancing, kano, adopsi pohon, peningkatan pendapatan desa hingga Rp647,38 juta (Lombok Timur).	⁶
Perikanan Berkelanjutan	Menyediakan habitat dan tempat berkembang biak bagi biota laut, menjamin hasil tangkapan nelayan.	"Brankas" bagi nelayan kecil, peningkatan produksi budidaya perikanan, kontribusi \$1,5 miliar USD/tahun bagi ekonomi nasional.	³
Produk Non-Kayu	Pemanfaatan tradisional dan inovasi produk turunan.	Kayu bakar, material bangunan, jangkar, pewarna jaring, tepung buah <i>Avicennia</i> , sirup buah <i>Sonneratia</i> , budidaya rumput laut dari limbah tambak.	¹⁵

6. Jenis Spesies Mangrove Dominan dan Karakteristiknya di Indonesia

Indonesia dikenal memiliki keanekaragaman spesies mangrove yang tinggi, menjadikannya salah satu pusat keanekaragaman hayati mangrove dunia.

Identifikasi Spesies Utama

Penelitian terbaru mengidentifikasi dua pusat keanekaragaman hayati (*hotspot*) mangrove di Indo-Pasifik Barat: satu di Selat Malaka (dicirikan oleh *riverine mangrove* yang lebat dan pohon tinggi) dan satu lagi di Segitiga Terumbu Karang Dunia (dengan *fringe mangrove* yang pohonnya lebih kecil namun kerapatannya tinggi).¹ Genus mangrove yang paling umum dan dominan ditemukan di Indonesia meliputi

Avicennia (dikenal sebagai Api-api), *Sonneratia* (Pedada), *Ceriops* (Tangar), *Bruguiera* (Berus), dan *Rhizophora* (Bakau).³⁰ Sebagai contoh, di Mangrove Center Balikpapan, genus

Rhizophora ditemukan sebagai yang paling dominan.¹²

Keberadaan *hotspot* mangrove yang berbeda dengan spesies dominan dan karakteristik ekologis yang unik (misalnya, *riverine* vs. *fringe* mangrove) mengimplikasikan bahwa strategi konservasi tidak dapat bersifat seragam (*one-size-fits-all*).¹ Rehabilitasi dan perlindungan yang efektif memerlukan pemahaman yang nuansa tentang kondisi ekologis lokal dan kebutuhan spesifik spesies untuk memastikan keberhasilan jangka panjang.

Karakteristik Ekologis dan Adaptasi Spesies

Setiap spesies mangrove memiliki karakteristik morfologi dan preferensi habitat yang unik, yang memengaruhi distribusinya berdasarkan jenis substrat (lumpur, pasir, berbatu) dan tingkat salinitas (tinggi, rendah, atau pengaruh air tawar).³²

- ***Avicennia* (Api-api):** Merupakan spesies pionir yang sering ditemukan di zona terdepan. Ciri khasnya adalah akar napas (*pneumatophores*) berbentuk runcing yang menonjol ke atas permukaan air untuk mendapatkan oksigen di tanah berlumpur. Spesies ini sangat toleran terhadap salinitas tinggi.³⁰
- ***Rhizophora* (Bakau):** Dicirikan oleh akar tunjangnya yang kuat dan mencengkeram tanah. Spesies ini sangat cocok untuk substrat lumpur dalam dengan rentang salinitas yang lebar, dan berperan penting dalam stabilisasi sedimen.³⁰ Jenis yang umum di Indonesia meliputi *R. apiculata*, *R. mucronata*, dan *R. stylosa*.³⁰
- ***Sonneratia* (Pedada):** Juga memiliki akar napas berbentuk kerucut seperti

pensil. Buahnya secara tradisional dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai bahan pangan, salah satunya untuk campuran rujak karena rasanya yang asam dan tidak beracun.³⁰

- ***Bruguiera (Berus)***: Memiliki akar yang berbentuk seperti lutut yang menyiku, mirip huruf 'U' terbalik.³¹
- ***Ceriops (Tangar)***: Memiliki akar tunjang dengan banyak cabang dan buah yang memanjang.³¹

Secara umum, mangrove menunjukkan adaptasi luar biasa terhadap lingkungan ekstrem, termasuk mekanisme desalinasi internal (mengeluarkan kelebihan garam)³³, struktur daun yang khusus untuk mengurangi tekanan air selama fluktuasi pasang surut³³, dan strategi reproduksi unik dengan biji yang disebut propagul, yang dapat bertahan dalam kondisi lingkungan keras seperti air asin dan tanah berlumpur, bahkan mengapung dan tersebar luas oleh air pasang (

vivipari).³³

Adaptasi fisiologis dan morfologis unik dari spesies mangrove ini bukan hanya keunikan biologis; mereka adalah faktor penentu kritis bagi kelangsungan hidup mangrove di lingkungan pesisir yang dinamis dan ekstrem. Adaptasi ini juga merepresentasikan ketahanan bawaan mereka terhadap perubahan lingkungan, termasuk aspek-aspek perubahan iklim seperti kenaikan permukaan laut atau perubahan salinitas.⁹ Memahami adaptasi ini sangat penting untuk memilih spesies yang tepat dalam upaya rehabilitasi, memastikan bahwa spesies yang ditanam memiliki peluang terbaik untuk bertahan hidup dan berkembang di kondisi lokal yang spesifik.

Tabel 4: Spesies Mangrove Dominan di Indonesia dan Karakteristik Khasnya

Genus/Species Umum	Nama Lokal	Ciri Khas/Adaptasi	Preferensi Habitat (Substrat, Salinitas)	Fungsi Ekologis Utama	Referensi
<i>Avicennia</i>	Api-api, Mangi-mangi	Akar napas (pneumatophores) runcing, toleran	Lumpur dalam, pinggir sungai, daerah	Pionir, penyerapan oksigen, stabilisasi sedimen.	³⁰

		salinitas tinggi, daun putih di bawah.	kering salinitas tinggi.		
<i>Rhizophora</i>	Bakau	Akar tunjang kuat, mencengkeram tanah.	Lumpur dalam, rentang salinitas lebar, pinggir sungai, gambut, ke arah laut.	Stabilisasi sedimen, perlindungan pantai.	30
<i>Sonneratia</i>	Pedada, Perepat	Akar napas kerucut (seperti pensil), buah dapat dimakan.	Lempung, lumpur berpasir, salinitas rendah-tinggi, pinggir sungai/estuari.	Sumber pangan tradisional.	30
<i>Ceriops</i>	Tangar, Palun	Akar tunjang bercabang, buah memanjang.	Gambut, lumpur, daerah kering salinitas tinggi, zona pedalaman.	Habitat biota.	31
<i>Bruguiera</i>	Berus, Tumu	Akar lutut menyiku (mirip 'U' terbalik).	Lumpur berlempung /berpasir, salinitas rendah, gambut, zona pedalaman.	Habitat biota.	31

7. Teknik Reboisasi Mangrove yang Efektif untuk Keberhasilan

Jangka Panjang

Keberhasilan reboisasi mangrove memerlukan perencanaan matang dan penerapan teknik yang tepat, mempertimbangkan faktor ekologis dan komitmen jangka panjang.

Metode Penanaman

Berbagai metode penanaman dapat diterapkan untuk reboisasi mangrove, masing-masing dengan kelebihan dan kekurangannya:

- **Penanaman Langsung:** Metode paling umum yang melibatkan penanaman bibit pohon secara langsung di lokasi. Teknik ini dapat menggunakan bibit dalam *polybag* (memungkinkan kontrol pertumbuhan awal), bibit telanjang akar (lebih ekonomis, cocok untuk akar kuat), atau *stump* (bagian batang dan akar yang dipotong, efektif untuk spesies yang mudah beregenerasi).³⁴
- **Regenerasi Alami:** Metode ini mengandalkan proses pemulihan hutan secara alami. Dapat berupa regenerasi alami murni (membiarkan area pulih tanpa intervensi, cocok untuk area dengan sumber benih alami) atau regenerasi alami dengan bantuan (melibatkan intervensi minimal seperti penyiangan gulma atau penanaman terbatas untuk memperkaya keanekaragaman).³⁴
- **Agroforestri (Silvofishery):** Menggabungkan penanaman pohon dengan sistem pertanian atau peternakan. Contohnya adalah sistem tumpang sari (menanam pohon bersama tanaman pertanian) atau *silvopastura* (mengintegrasikan pohon dengan peternakan). Metode ini dapat memberikan manfaat ekonomi jangka pendek sambil menunggu pertumbuhan pohon, serta membantu menjaga kesuburan tanah dan mengurangi erosi.³⁴
- **Penanaman Padat:** Melibatkan penanaman pohon dengan kepadatan tinggi untuk mempercepat tutupan kanopi. Contohnya adalah Metode Miyawaki (menanam berbagai spesies asli dengan kepadatan tinggi untuk menciptakan hutan matang dalam 20-30 tahun) atau penanaman blok (spesies homogen untuk memudahkan pengelolaan).³⁴
- **Teknik Modern:** Termasuk *hidroseeding* (penyemprotan campuran benih, air, pupuk, mulsa) yang efektif untuk area luas dan sulit dijangkau, serta penanaman dengan drone yang memungkinkan penanaman ribuan benih dalam waktu singkat di area yang sulit diakses.³⁴

Faktor Penentu Keberhasilan

Keberhasilan reboisasi mangrove jangka panjang sangat bergantung pada kesesuaian ekologis lokasi dan pemilihan spesies yang tepat. Penanaman spesies yang salah di lingkungan yang tidak sesuai, atau pengabaian pemeliharaan pasca-tanam, secara langsung menyebabkan tingkat kematian bibit yang tinggi dan kegagalan rehabilitasi.³⁵ Ini menggarisbawahi bahwa sekadar "menanam pohon" tidak cukup; "merehabilitasi ekosistem" membutuhkan ketelitian ilmiah dan komitmen jangka panjang.

Beberapa faktor kunci yang menentukan keberhasilan:

- **Pemilihan Lokasi Lahan Penanaman:** Kritis untuk keberhasilan jangka panjang. Lokasi harus sesuai dengan kriteria habitat mangrove yang spesifik, termasuk tingkat salinitas, pH (kisaran 6,5-7,5), dan sirkulasi air yang optimal, serta bebas dari limbah atau sampah. Mangrove tumbuh optimal di daerah intertidal yang secara teratur tergenang pasang surut.³⁵
- **Pemetaan dan Penentuan Jarak Tanam:** Penting untuk memastikan penataan yang rapi dan ruang tumbuh yang memadai bagi pohon mangrove agar dapat tumbuh dengan baik dan bertahan lama. Pola penanaman bertumpuk (lebih dari satu benih per titik) juga dapat diterapkan untuk tujuan konservasi atau restorasi pada jarak tanam yang lebih lebar.³⁵
- **Penanganan Benih Sebelum Tanam:** Benih harus disesuaikan dengan kondisi iklim dan lingkungan lokal melalui perendaman di perairan lokasi penanaman agar dapat beradaptasi dengan baik. Pemilihan jenis spesies yang tepat, seperti *Avicennia marina* (pionir, toleran salinitas tinggi, baik sebagai *green belt*) dan *Rhizophora mucronata*, sangat direkomendasikan untuk keberhasilan.³⁵
- **Pemeliharaan Jangka Panjang:** Merupakan aspek krusial yang sering terabaikan. Meliputi penyulaman (penggantian bibit yang mati), perlindungan dari hama, pencemaran, dan gangguan hewan ternak.³⁵ Keterlibatan kelompok petani lokal dalam penyediaan bibit, penanaman, dan monitoring sangat dianjurkan untuk keberhasilan jangka panjang.³⁵
- **Waktu Penanaman:** Pemilihan waktu penanaman yang tepat berdasarkan kondisi pasang surut sangat memengaruhi tingkat keberhasilan. Bulan Juli, Agustus, November, Desember, dan Januari sering disarankan.³⁶

Meskipun target rehabilitasi skala besar ditetapkan secara nasional (misalnya,

600.000 hektar oleh pemerintah hingga 2024)², penelitian menunjukkan bahwa

kualitas dan fungsi ekologis jangka panjang dari mangrove yang direhabilitasi mungkin lebih rendah dibandingkan hutan alami.¹ Hal ini menyiratkan imperatif strategis: prioritas utama harus diberikan pada perlindungan mangrove alami yang masih ada dibandingkan hanya berfokus pada rehabilitasi. Ketika rehabilitasi dilakukan, harus dengan presisi ilmiah dan pemantauan jangka panjang, bukan sekadar untuk mencapai target kuantitatif. Kerusakan hutan mangrove seringkali bersifat permanen, dan upaya pemulihan mungkin tidak sepenuhnya mengembalikan keragaman spesies dan stabilitas ekosistem aslinya.¹

Tabel 5: Teknik Reboisasi Mangrove Efektif dan Pertimbangannya

Metode Reboisasi	Deskripsi Singkat	Kelebihan/Kekurangan	Faktor Kunci Keberhasilan	Referensi
Penanaman Langsung	Bibit ditanam langsung di lokasi (polybag, bare-root, stump).	Umum, kontrol pertumbuhan awal (polybag), ekonomis (bare-root).	Pemilihan lokasi, penanganan benih, jarak tanam, pemeliharaan.	34
Regenerasi Alami	Mengandalkan pemulihan hutan secara alami.	Menghasilkan ekosistem lebih alami, waktu lebih lama.	Ketersediaan sumber benih alami, intervensi minimal (penyiangan, perlindungan).	34
Agroforestri (Silvofishery)	Menggabungkan penanaman pohon dengan pertanian/peternakan.	Manfaat ekonomi jangka pendek, menjaga kesuburan tanah.	Integrasi sistem, pemilihan spesies yang sesuai.	34
Penanaman Padat	Penanaman pohon dengan kepadatan	Mempercepat tutupan kanopi (Miyawaki),	Pemilihan spesies asli, kepadatan	34

	tinggi.	memudahkan pengelolaan (blok).	tanam.	
Teknik Modern	Hidroseeding, penanaman dengan drone.	Efektif untuk area luas/sulit dijangkau, cepat.	Tahap pengembangan, memerlukan teknologi canggih.	34

8. Dampak Perubahan Iklim terhadap Ekosistem Mangrove, dan Bagaimana Mengatasinya

Perubahan iklim menimbulkan ancaman signifikan terhadap ekosistem mangrove, namun ekosistem ini juga memiliki kapasitas adaptif dan menjadi bagian dari solusi mitigasi.

Dampak Perubahan Iklim

Kenaikan suhu air laut dan permukaan laut merupakan dampak utama perubahan iklim yang mengancam ekosistem pesisir, termasuk mangrove.⁶ Kenaikan permukaan laut dapat menyebabkan tenggelamnya habitat alami mangrove dan abrasi pantai yang lebih parah.⁶ Perubahan pola hujan dan suhu juga dapat memengaruhi kondisi pertumbuhan mangrove yang sensitif terhadap salinitas dan ketersediaan air tawar.⁶ Dampak-dampak ini mengancam keanekaragaman hayati serta fungsi ekologis pesisir secara keseluruhan.¹⁰

Strategi Adaptasi dan Mitigasi

Meskipun rentan, mangrove memiliki strategi adaptasi alami yang luar biasa dan menjadi komponen vital dalam strategi mitigasi perubahan iklim.

- **Adaptasi Alami Mangrove:** Mangrove telah mengembangkan adaptasi fisiologis dan morfologis yang memungkinkan mereka bertahan di lingkungan ekstrem. Ini termasuk akar napas (*pneumatophores*) untuk mendapatkan oksigen di tanah berlumpur yang terendam³³, mekanisme desalinasi internal untuk mengatasi salinitas tinggi (mengeluarkan kelebihan garam atau menarik air tawar melalui osmosis)³³, serta struktur daun khusus untuk mengurangi tekanan air selama fluktuasi pasang surut.³³ Selain itu, kemampuan akar mangrove untuk mengakumulasi sedimen membantu membentuk substrat baru yang stabil, mengurangi erosi pesisir, dan menciptakan zona berlindung bagi organisme laut.³³ Strategi reproduksi mereka, seperti biji yang dapat mengapung dan tersebar luas, juga penting untuk kelangsungan hidup spesies di lingkungan yang berubah-ubah.³³
- **Kebijakan dan Program Nasional:** Indonesia telah menetapkan kebijakan lingkungan yang kuat terkait penanaman mangrove sebagai bagian dari strategi mitigasi perubahan iklim dan perlindungan ekosistem pesisir.³⁷ Pemerintah, melalui Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), meluncurkan Gerakan Nasional Rehabilitasi Mangrove (GNRM) pada tahun 2020. Program ini bertujuan untuk merehabilitasi 600.000 hektar lahan mangrove yang terdegradasi hingga tahun 2024, dengan fokus pada peningkatan ketahanan pesisir, perbaikan ekosistem, dan peningkatan kapasitas penyerapan karbon.³⁷ Upaya ini sejalan dengan komitmen Indonesia dalam *Nationally Determined Contributions* (NDC) kepada UNFCCC untuk mengurangi emisi gas rumah kaca.³⁷
- **Kolaborasi dan Pemberdayaan Masyarakat:** Kebijakan nasional juga mencakup pemberdayaan masyarakat lokal melalui pendekatan partisipatif, memastikan bahwa upaya restorasi mangrove tidak hanya berdampak positif pada lingkungan tetapi juga pada kesejahteraan ekonomi komunitas pesisir.³⁷ Selain program nasional, Indonesia juga menjalin kerja sama internasional untuk mendukung inisiatif konservasi mangrove.³⁷
- **Pengelolaan Sampah dan Polusi:** Keberhasilan budidaya penanaman mangrove juga sangat dipengaruhi oleh pengelolaan pencemaran laut. Sampah-sampah plastik, logam, kaca, dan kertas dapat mengganggu produktivitas mangrove.³⁷ Oleh karena itu, aksi nyata untuk mengurangi sampah laut, seperti target Indonesia untuk mengurangi sampah plastik hingga 70% pada tahun 2025, sangat krusial dalam mendukung keberhasilan konservasi mangrove.³⁷

9. Cara Mengedukasi Masyarakat tentang Pentingnya Mangrove

tanpa Mengesampingkan Kebutuhan Ekonomi Mereka

Edukasi masyarakat tentang pentingnya mangrove harus dilakukan dengan pendekatan yang seimbang, mengintegrasikan nilai ekologis dengan manfaat ekonomi yang dapat mereka peroleh secara langsung.

Pendekatan Edukasi yang Seimbang

Pendekatan yang efektif dan berkelanjutan dalam merespons tantangan lingkungan pesisir sekaligus meningkatkan kesejahteraan ekonomi masyarakat lokal adalah melalui ekowisata berbasis konservasi mangrove.²² Pendekatan partisipatif ini mampu mengintegrasikan kegiatan konservasi lingkungan, edukasi masyarakat, pengelolaan sampah berbasis sistem TPS3R, serta penguatan kelembagaan lokal dalam satu model pemberdayaan yang inklusif.²²

Model Ekowisata Berbasis Konservasi

Ekowisata dapat berfungsi sebagai platform edukasi yang efektif. Melalui kegiatan seperti tur edukasi mangrove, masyarakat dan pengunjung dapat belajar langsung tentang fungsi dan manfaat ekosistem mangrove.²⁶ Peningkatan jumlah kunjungan wisata dan akumulasi pendapatan desa yang signifikan, seperti yang terjadi di Dusun Poton Bako, Lombok Timur, menjadi indikator keberhasilan yang relevan. Pendapatan ini dapat dialokasikan kembali untuk kegiatan operasional, konservasi, serta program sosial seperti penyediaan air bersih atau bantuan pendidikan, yang mewujudkan dampak sosial-ekologis yang nyata.²² Hal ini secara langsung menunjukkan bahwa konservasi dapat memberikan keuntungan ekonomi, bukan hanya biaya.

Pelatihan dan Sosialisasi

Kegiatan pengabdian masyarakat yang terfokus pada peningkatan edukasi melalui

sosialisasi dan diskusi, penyamaan persepsi mengenai fungsi dan manfaat ekosistem pesisir khususnya mangrove, dan demonstrasi langsung di lapangan sangat penting.³⁸ Pelatihan pembibitan propagul mangrove juga dapat diintegrasikan sebagai peluang usaha bagi masyarakat, menghubungkan langsung upaya konservasi dengan peningkatan ekonomi lokal.³⁸

Penguatan Kelembagaan Lokal

Penguatan kelembagaan lokal, seperti Kelompok Masyarakat Pengawas (Pokmaswas) dan Kelompok Sadar Wisata (Pokdarwis), sangat krusial dalam tata kelola destinasi wisata yang berwawasan lingkungan.²² Keterlibatan mereka memastikan bahwa upaya konservasi dikelola secara mandiri dan berkelanjutan oleh komunitas.

Diseminasi Praktik Baik

Mendokumentasikan dan menyebarluaskan praktik baik (*best practices*) dari model-model sukses, seperti ekowisata Bale Mangrove, penting agar dapat berperan sebagai pusat edukasi dan konservasi mangrove di wilayah lain dengan karakteristik serupa.²² Keberlanjutan program memerlukan dukungan kelembagaan yang kuat, keterlibatan lintas sektor (pemerintah, akademisi, dan masyarakat), serta penguatan kapasitas masyarakat.

10. Kebijakan atau Regulasi Lokal yang Mendukung Konservasi Mangrove, dan Bagaimana Implementasinya

Indonesia memiliki kerangka kebijakan dan regulasi yang mendukung konservasi mangrove, namun implementasinya masih menghadapi tantangan.

Kerangka Hukum Nasional

Prinsip dasar pengelolaan ekosistem mangrove di Indonesia didasarkan pada konsep konservasi alam, sebagaimana diatur dalam Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1990 tentang Konservasi Sumber Daya Alam Hayati dan Ekosistemnya.³⁹ Undang-undang ini mengacu pada tiga ketentuan utama: perlindungan sistem penyangga kehidupan, konservasi keanekaragaman jenis tumbuhan dan satwa serta ekosistemnya, dan pemanfaatan sumber daya alam hayati dan ekosistemnya secara berkelanjutan.³⁹ Ketiga konsep ini berfungsi sebagai penanda untuk mencegah hilangnya hutan mangrove.

Program Pemerintah

Pemerintah Indonesia menunjukkan komitmen melalui berbagai program. Salah satunya adalah target rehabilitasi mangrove seluas 600.000 hektar hingga tahun 2024, yang dibagi menjadi 200.000 hektar untuk penanaman oleh masyarakat dan 400.000 hektar untuk pengelolaan mangrove berkelanjutan.² Program ini juga mencakup perlindungan area mangrove yang masih utuh dengan memperkuat regulasi dan institusi, serta memberdayakan masyarakat lokal.² Upaya ini disebut sebagai langkah untuk menciptakan laut yang sehat sekaligus kunci untuk keberlanjutan pembangunan Indonesia sebagai negara kepulauan terbesar di dunia.²⁹

Tantangan Implementasi

Meskipun ada komitmen dan target, implementasi kebijakan di lapangan masih menghadapi kendala. Terdapat kesenjangan antara kebijakan pemerintah dan upaya masyarakat di tingkat tapak. Sebagai contoh, dari 28 dokumen Peraturan Daerah Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil (RZWP3K), hanya sepuluh provinsi di Indonesia yang mengalokasikan ruang perlindungan dan pengelolaan ekosistem mangrove, dengan total "hanya" seluas 26.924,27 hektar.²⁹ Ini menunjukkan bahwa perlindungan mangrove di Indonesia seringkali hanya menjadi "narasi indah di atas kertas".²⁹

Selain itu, terdapat kekhawatiran terkait pencabutan kewenangan Badan Restorasi

Gambut dan Mangrove (BRGM) untuk melakukan supervisi di wilayah konsesi, sebagaimana tertulis dalam Peraturan Presiden Nomor 120 Tahun 2020.²⁹ Hal ini dapat menghambat efektivitas perlindungan dan pengelolaan mangrove di area-area yang paling rentan terhadap konversi lahan.

Kontribusi Ekonomi Mangrove sebagai Insentif

Ekosistem mangrove berkontribusi setidaknya sebesar \$1,5 miliar USD per tahun bagi perekonomian nasional dengan menjadi tempat pembibitan spesies yang penting bagi tangkapan komersial dan ketahanan pangan Indonesia.²⁹ Manfaat ekonomi yang besar ini seharusnya menjadi insentif kuat bagi pemerintah dan pemangku kepentingan untuk memperkuat implementasi kebijakan dan regulasi yang ada, memastikan perlindungan yang lebih efektif dan berkelanjutan.

11. Teknologi atau Inovasi Terbaru dalam Konservasi Mangrove di Daerah Kita

Pemanfaatan teknologi dan inovasi terbaru memegang peranan penting dalam meningkatkan efektivitas upaya konservasi dan rehabilitasi mangrove.

Pemantauan dan Pemetaan

- **Drone LiDAR:** Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) telah memanfaatkan teknologi *Drone LiDAR* untuk memantau keberhasilan konservasi hutan mangrove di berbagai lokasi di Indonesia.⁴⁰ Teknologi ini memungkinkan pemetaan yang sangat detail dan penilaian kondisi mangrove di area yang luas, memberikan data akurat untuk perencanaan dan evaluasi.
- **Pemantauan Satelit:** Citra satelit juga digunakan secara luas untuk melacak perubahan luas hutan mangrove dan mengidentifikasi area deforestasi.² Kombinasi data dari drone dan satelit dapat memberikan gambaran komprehensif

tentang kesehatan dan dinamika ekosistem mangrove.

Rehabilitasi dan Penanaman

- **Drone untuk Penanaman:** Teknologi drone juga berpotensi digunakan untuk menanam ribuan benih mangrove dengan cepat di area yang sulit dijangkau oleh manusia.³⁴ Meskipun masih dalam tahap pengembangan dan pengujian, metode ini menawarkan efisiensi skala besar untuk program reboisasi.
- **Hidroseeding:** Teknik *hidroseeding* yang menyemprotkan campuran benih, air, pupuk, dan mulsa juga efektif untuk reboisasi area yang luas dan sulit dijangkau.³⁴

Edukasi dan Keterlibatan Masyarakat

- **Aplikasi Mobile:** Inovasi dalam bentuk aplikasi mobile, seperti aplikasi "Living with Mangrove," dapat memberikan solusi dan memberdayakan masyarakat lokal dalam upaya konservasi.⁴¹ Aplikasi semacam ini dapat digunakan untuk edukasi, pemantauan partisipatif, atau sebagai platform informasi tentang manfaat dan pengelolaan mangrove.

Pemanfaatan teknologi canggih ini diharapkan dapat mendorong pendekatan serupa di wilayah pesisir lainnya di Indonesia, mendukung upaya konservasi yang lebih terinformasi, efisien, dan berkelanjutan.⁴⁰

Kesimpulan

Ekosistem mangrove di Indonesia adalah aset lingkungan dan ekonomi yang tak ternilai, dengan peran vital dalam perlindungan pesisir, penyerapan karbon global, dan penopang keanekaragaman hayati serta mata pencarian masyarakat. Fungsi ekologisnya yang kompleks, mulai dari peredam gelombang hingga penyimpan karbon biru, menunjukkan kapasitas adaptif yang luar biasa terhadap lingkungan pesisir yang dinamis.

Namun, ekosistem ini menghadapi ancaman serius, terutama dari deforestasi akibat konversi lahan untuk tambak udang, pertanian, dan pembangunan, serta dari polusi plastik dan eksploitasi berlebihan. Laju kehilangan mangrove yang tinggi tidak hanya mengurangi jasa ekosistem saat ini, tetapi juga merusak kapasitas adaptif dan keanekaragaman genetiknya secara permanen.

Keberhasilan konservasi sangat bergantung pada keterlibatan aktif masyarakat lokal, yang memiliki pengetahuan tradisional dan insentif ekonomi langsung dari ekosistem mangrove yang sehat. Model ekowisata berkelanjutan dan perikanan yang bertanggung jawab terbukti mampu mengintegrasikan konservasi dengan peningkatan kesejahteraan ekonomi.

Meskipun Indonesia memiliki kerangka kebijakan yang mendukung konservasi mangrove dan target rehabilitasi yang ambisius, implementasinya masih menghadapi tantangan, terutama dalam penegakan hukum dan alokasi ruang perlindungan yang memadai. Oleh karena itu, rekomendasi kunci untuk masa depan meliputi:

1. **Prioritaskan Perlindungan Mangrove Alami:** Mengingat kerusakan mangrove seringkali bersifat permanen dan fungsi ekosistem rehabilitasi cenderung lebih rendah, fokus utama harus pada perlindungan ketat terhadap hutan mangrove alami yang masih ada.
2. **Rehabilitasi Berbasis Ilmiah dan Jangka Panjang:** Upaya reboisasi harus dilakukan dengan ketelitian ilmiah, mempertimbangkan kesesuaian ekologis lokasi dan pemilihan spesies yang tepat, serta disertai dengan pemeliharaan dan pemantauan jangka panjang yang konsisten.
3. **Perkuat Konservasi Berbasis Masyarakat:** Pemberdayaan komunitas lokal sebagai pengelola utama, mengintegrasikan pengetahuan ekologi tradisional mereka, dan memastikan manfaat ekonomi langsung dari konservasi, akan mendorong keberlanjutan dan rasa kepemilikan yang kuat.
4. **Tingkatkan Penegakan Kebijakan dan Regulasi:** Perluasan alokasi ruang perlindungan mangrove dalam rencana tata ruang daerah dan penegakan hukum yang lebih ketat terhadap praktik konversi lahan yang merusak sangat krusial.
5. **Manfaatkan Teknologi dan Inovasi:** Penggunaan teknologi seperti drone LiDAR untuk pemantauan, drone untuk penanaman, dan aplikasi mobile untuk edukasi dan keterlibatan masyarakat dapat meningkatkan efisiensi dan efektivitas upaya konservasi.
6. **Edukasi yang Seimbang dan Berkelanjutan:** Program edukasi harus terus menyoroti nilai ganda mangrove (ekologis dan ekonomis), memastikan masyarakat memahami bahwa konservasi adalah investasi untuk kesejahteraan mereka di masa depan.

Karya yang dikutip

1. Pusat Keanekaragaman Hayati Mangrove Indonesia - Forest Digest, diakses Juli 19, 2025, <https://www.forestdigest.com/detail/2450/hotspot-hutan-mangrove>
2. Hutan Mangrove Indonesia Hadapi Ancaman Deforestasi - Fakta, diakses Juli 19, 2025, <https://fakta.com/lingkungan/fkt-15569/hutan-mangrove-indonesia-hadapi-ancaman-deforestasi>
3. Manfaat Tanaman Mangrove sebagai Mitigasi Bencana - RRI.co.id, diakses Juli 19, 2025, <https://www.rri.co.id/ipitek/1129147/manfaat-tanaman-mangrove-sebagai-mitigasi-bencana>
4. KEANEKARAGAMAN HAYATI DAN JASA EKOSISTEM MANGROVE DI INDONESIA - ResearchGate, diakses Juli 19, 2025, https://www.researchgate.net/profile/Rizal-M-Suhardi-2/publication/315383842_KEANEKARAGAMAN_HAYATI_DAN_JASA_EKOSISTEM_MANGROVE_DI_INDONESIA_A/links/58cf9cec4585157b6db1d2f3/KEANEKARAGAMAN-HAYATI-DAN-JASA-EKOSISTEM-MANGROVE-DI-INDONESIA.pdf
5. (PDF) Peran Hutan Mangrove dalam Menanggulangi Dampak ..., diakses Juli 19, 2025, https://www.researchgate.net/publication/385704896_Peran_Hutan_Mangrove_dalam_Menanggulangi_Dampak_Perubahan_Iklim_di_Wilayah_Pesisir_Indonesia
6. Peran Hutan Mangrove dalam Pelestarian Lingkungan Pesisir - Mertani, diakses Juli 19, 2025, <https://www.mertani.co.id/post/peran-hutan-mangrove-dalam-pelestarian-lingkungan-pesisir>
7. Karena Bumi Cuma Satu: Manfaat Pohon Mangrove dalam Penanggulangan Bencana, diakses Juli 19, 2025, <https://dmc.dompetdhuafa.org/karena-bumi-cuma-satu-manfaat-pohon-mangrove-dalam-penanggulangan-bencana/>
8. Mangrove untuk Mengatasi Perubahan Iklim dan Polusi di Jakarta - Carbonethics, diakses Juli 19, 2025, <https://www.carbonethics.co.id/post/mangrove-untuk-mengatasi-perubahan-iklim-dan-polusi-jakarta>
9. Dampak Perubahan Iklim: Pola Penyebaran Mangrove yang Tersebar Luas - Semua Halaman - National Geographic Indonesia, diakses Juli 19, 2025, <https://nationalgeographic.grid.id/read/133355775/dampak-perubahan-iklim-pola-penyebaran-mangrove-yang-tersebar-luas?page=all>
10. Dampak Perubahan Iklim Terhadap Ekosistem Pesisir Dipantai Pangandaran - APPISI, diakses Juli 19, 2025, <https://journal.appisi.or.id/index.php/wissen/article/download/483/758/2783>
11. PERANAN KAWASAN MANGROVE DALAM PENURUNAN EMISI GAS RUMAH KACA DI INDONESIA | Ketaren | Jurnal Kelautan dan Perikanan Terapan (JKPT), diakses Juli 19, 2025, <https://ejournal-balitbang.kkp.go.id/index.php/jkpt/article/view/12050>

12. STUDI PENDAHULUAN: PENGUKURAN STOK KARBON MANGROVE PADA TIGA KONDISI MANGROVE YANG BERBEDA DI MANGROVE CENTER BALIKPAPAN (CARBON - Unmul Repository, diakses Juli 19, 2025, https://repository.unmul.ac.id/bitstream/handle/123456789/42974/2022_stok%20karbon%20di%20mangrove%20center%20Balikpapan.pdf?sequence=1
13. Mangrove dan Tambak Udang | JALA Blog, diakses Juli 19, 2025, <https://jala.tech/id/blog/tips-budidaya/mangrove-dan-tambak-udang>
14. Mangrove, Benteng Terakhir Ketahanan Pangan Nelayan yang Terancam - Mongabay, diakses Juli 19, 2025, <https://mongabay.co.id/2024/11/21/mangrove-benteng-terakhir-ketahanan-pangan-nelayan-yang-terancam/>
15. MANGROVE INDONESIA: Berkas fakta: Kekayaan nasional dalam ancaman - Repository IPB, diakses Juli 19, 2025, https://repository.ipb.ac.id/bitstream/123456789/75989/2/MANGROVE%20INDONESIA_Berkas%20fakta%20Kekayaan%20nasional%20dalam%20ancaman.pdf
16. Alih Fungsi Lahan Merusak Mangrove Kita - Penjaga Laut, diakses Juli 19, 2025, <https://penjagalaut.org/alih-fungsi-lahan-merusak-mangrove-kita/>
17. Dampak Positif Tambak Udang Terhadap Lingkungan | JALA Blog, diakses Juli 19, 2025, <https://jala.tech/id/blog/industri-udang/dampak-positif-tambak-udang-terhadap-lingkungan>
18. Analisis Bentuk Mikroplastik pada Sedimen Pantai Mangrove di Kalimantan Barat - E-Journal UNIP, diakses Juli 19, 2025, <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jmr/article/download/36714/31167>
19. Community Clean-Up Campaign Tackles Marine Plastic Waste in Indonesian Mangroves, diakses Juli 19, 2025, <https://rkcmpd-eria.org/plastic-waste-and-mangrove/detail/community-clean-up-campaign-tackles-marine-plastic-waste-in-indonesian-mangroves>
20. Partisipasi Masyarakat Lokal Dalam Konservasi Hutan Mangrove Di ..., diakses Juli 19, 2025, https://www.researchgate.net/publication/348730065_Partisipasi_Masyarakat_Lokal_Dalam_Konservasi_Hutan_Mangrove_Di_Wilayah_Tarakan_Kalimantan_Utara
21. Press release Mangrove Breakthrough: Bangun Sinergi Konservasi Mangrove di Indonesia dengan Kemitraan dan Pendanaan Berkelanjutan - Wetlands International Indonesia, diakses Juli 19, 2025, <https://indonesia.wetlands.org/id/mangrove-breakthrough-bangun-sinergi-konservasi-mangrove-di-indonesia-dengan-kemitraan-dan-pendanaan-berkelanjutan/>
22. Pemberdayaan Masyarakat Pesisir Melalui Pengembangan Ekowisata Bale Mangrove di Dusun Poton Bako, Lombok Timur, diakses Juli 19, 2025, <https://journal.ummat.ac.id/index.php/jlp/article/download/32351/pdf>
23. Partisipasi Masyarakat Lokal Dalam Pengelolaan Wisata Mangrove ..., diakses Juli 19, 2025, <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/bioslogos/article/view/47705>
24. Aksi Konservasi Telkom Jadi Inspirasi Gerakan Lingkungan, diakses Juli 19, 2025, <https://wartatelko.com/2025/04/16/aksi-konservasi-telkom-jadi-inspirasi-gerakan-lingkungan-berbasis-komunitas/>

25. DAMPAK EKOWISATA KONSERVASI MANGROVE TERHADAP SOSIAL EKONOMI MASYARAKAT PESISIR KECAMATAN MAYANGAN, KOTA PROBOLINGGO, JAWA TIMUR - Universitas Brawijaya, diakses Juli 19, 2025,
https://repository.ub.ac.id/135822/1/Artikel_Skripsi_Novanza_Riski_13508040111118.pdf
26. Kawasan Konservasi Mangrove : Sebuah potensi Ekowisata - Forestation FKT UGM, diakses Juli 19, 2025,
<https://forestation.fkt.ugm.ac.id/2018/10/11/kawasan-konservasi-mangrove-sebuah-potensi-ekowisata/>
27. Analisis Indeks Kesesuaian dan Potensi Ekowisata Mangrove di Gampong Baro Sayeung, Aceh Jaya, diakses Juli 19, 2025,
<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/ilmulingkungan/article/viewFile/61412/pdf>
28. [Ind] Mangrove dan Perikanan, diakses Juli 19, 2025,
<https://mangrovejakarta.id/2021/08/31/ind-mangrove-dan-perikanan/>
29. perlindungan & pengelolaan ekosistem mangrove di indonesia - WALHI, diakses Juli 19, 2025,
[https://www.walhi.or.id/uploads/buku/Kertas%20Posisi%20Perlindungan%20%26%20Pengelolaan%20Ekosistem%20Mangrove di Indonesia 2.pdf](https://www.walhi.or.id/uploads/buku/Kertas%20Posisi%20Perlindungan%20%26%20Pengelolaan%20Ekosistem%20Mangrove%20di%20Indonesia_2.pdf)
30. Simak! 8 Jenis Mangrove yang Menyimpan Banyak Manfaat - LindungiHutan, diakses Juli 19, 2025,
<https://lindungihutan.com/blog/jenis-jenis-mangrove-dan-penjelasan/>
31. Mengenal 5 Jenis Mangrove yang Kerap Ditemui di Indonesia, diakses Juli 19, 2025,
<https://www.goodnewsfromindonesia.id/2022/11/17/mengenal-5-jenis-mangrove-yang-kerap-ditemui-di-indonesia>
32. KARAKTERISTIK HABITAT MANGROVE DI INDONESIA - DKP Jatim, diakses Juli 19, 2025, <https://dkp.jatimprov.go.id/unit/dkp-situbondokab//news/view/3685>
33. Adaptasi Mangrove Terhadap Kondisi Ekstrem: Keajaiban Kehidupan di Pesisir, diakses Juli 19, 2025,
<https://mangrovejakarta.id/2023/09/14/adaptasi-mangrove-terhadap-kondisi-ekstrem-keajaiban-kehidupan-di-pesisir/>
34. Memahami Arti Reboisasi: Upaya Menghijaukan Kembali Hutan Indonesia - Liputan6.com, diakses Juli 19, 2025,
<https://www.liputan6.com/feeds/read/5922841/memahami-arti-reboisasi-upaya-menghijaukan-kembali-hutan-indonesia>
35. Panduan Praktis: 8 Cara Menanam Mangrove yang Tepat - LindungiHutan, diakses Juli 19, 2025,
<https://lindungihutan.com/blog/cara-menanam-mangrove-dengan-benar/>
36. strategi rehabilitasi ekosistem mangrove berdasarkan analisis - Journal IPB, diakses Juli 19, 2025,
<https://journal.ipb.ac.id/index.php/jtpk/article/download/42837/24228/>
37. Implementasi Penanaman Mangrove di Indonesia sebagai Strategi Mitigasi Krisis Iklim dalam KTT G20 - Gunung Djati Conference Series, diakses Juli 19, 2025,
<https://conferences.uinsgd.ac.id/index.php/gdcs/article/download/2655/1823/4081>
38. Edukasi Pembibitan Propagule Mangrove Berbasis Konservasi sebagai Peluang

Usaha Masyarakat Peunaga Cut Ujong, Aceh Barat - Semantic Scholar, diakses Juli 19, 2025,

<https://pdfs.semanticscholar.org/6dca/9573c5eea9a2ed980c0d6d7373f3383cef05.pdf>

39. SKRIPSI IMPLEMENTASI KEBIJAKAN PENGELOLAAN HUTAN MANGROVE LANTEBUNG KELURAHAN BIRA KECAMATAN TAMALANREA KOTA MAKASSAR Oleh - Repository | Universitas Hasanuddin, diakses Juli 19, 2025, https://repository.unhas.ac.id/34731/2/M011171344_skripsi_19-12-2023%201-2.pdf
40. BRIN Manfaatkan Drone LiDAR Pantau Keberhasilan Konservasi Hutan Mangrove, diakses Juli 19, 2025, <https://www.brin.go.id/news/123286/brin-manfaatkan-drone-lidar-pantau-keberhasilan-konservasi-hutan-mangrove>
41. INOVASI APLIKASI BERUPA LIVING WITH MANGROVE BERIKAN SOLUSI BAGI MASYARAKAT NATUNA - Universitas Pertamina, diakses Juli 19, 2025, <https://www.universitaspertamina.ac.id/berita/detail/inovasi-aplikasi-berupa-living-with-mangrove-berikan-solusi-bagi-masyarakat-natuna>