



Rehabilitasi Kawasan Pesisir untuk Mitigasi Perubahan Iklim

Peranan mangrove dan penurunan emisi
tingkat sub-nasional

Daniel Murdiyarso
Rohani Ambo-Rappe

Working Paper 11

Rehabilitasi Kawasan Pesisir untuk Mitigasi Perubahan Iklim

Peranan mangrove dan penurunan emisi tingkat sub-nasional

Daniel Murdiyarso
Center for International Forestry Research

Rohani Ambo-Rappe
Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia

Working Paper 11

© 2022 CIFOR-ICRAF



Materi dalam publikasi ini berlisensi di dalam Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0), <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

DOI: 10.17528/cifor-icraf/008791

Murdiyarto D dan Ambo-Rappe R. 2022. *Rehabilitasi Kawasan Pesisir untuk Mitigasi Perubahan Iklim: Peranan mangrove dan penurunan emisi tingkat sub-nasional*. Working Paper 11. Bogor, Indonesia: CIFOR.

CIFOR

Jl. CIFOR, Situ Gede
Bogor Barat 16115
Indonesia
T +62 (251) 8622-622
F +62 (251) 8622-100
E cifor@cgiar.org

ICRAF

United Nations Avenue, Gigiri
PO Box 30677, Nairobi, 00100
Kenya
T +254 20 7224000
F +254-20- 7224001
E worldagroforestry@cgiar.org

cifor-icraf.org

Kami ingin berterima kasih kepada para donatur yang telah mendukung penelitian ini melalui kontribusinya terhadap Dana CGIAR. Untuk daftar donor dapat dilihat dalam: <http://www.cgiar.org/about-us/our-funders/>

Pandangan yang diungkapkan dalam publikasi ini berasal dari penulis dan bukan merupakan pandangan CIFOR, para penyunting, lembaga asal penulis atau penyandang dana maupun para peninjau buku..

Daftar isi

Ringkasan Eksekutif	v
Kata Pengantar	vi
1 Pendahuluan	1
2 Pengelolaan Mangrove di Indonesia	3
2.1 Luas areal mangrove dan kategorisasinya	3
2.2 Aspek hukum dan kelembagaan	6
3 Komitmen Rehabilitasi/Restorasi Mangrove	8
4 Peluang dan Tantangan Rehabilitasi dan Restorasi Mangrove	10
4.1 Nilai ekonomi karbon biru	10
4.2 Tantangan kelembagaan	11
4.3 Tantangan ekologis	14
5 Rekomendasi	16
6 Penutup	17
Daftar Pustaka	18

Daftar tabel dan gambar

Tabel

- | | | |
|---|--|---|
| 1 | Luas areal mangrove di dalam dan di luar kawasan hutan dan kondisinya berdasarkan Peta Mangrove Nasional | 4 |
| 2 | Luas mangrove “eksisting” menurut kategori kerapatan tajuk | 4 |
| 3 | Luas “potensi” habitat mangrove menurut kategori penggunaan lahan | 4 |
| 4 | Luas mangrove “eksisting” dan “potensi” habitat mangrove di dalam dan di luar kawasan hutan | 5 |

Gambar

- | | | |
|---|---|---|
| 1 | Capaian rehabilitasi mangrove dengan dana publik selama 7 tahun terakhir sejak RPJMN 2015-2019 dimulai. | 9 |
|---|---|---|

Ringkasan Eksekutif

Mangrove *blue carbon* memiliki potensi yang besar dalam upaya mitigasi perubahan iklim. Hal ini terkait dengan cadangan karbon (*carbon stocks*) ekosistem ini sangat besar, yaitu 3-5 kali lebih besar dari cadangan karbon hutan tropis yang dilindungi. Namun demikian tersimpannya karbon dalam jumlah yang besar ini merupakan proses yang kompleks dan panjang. Oleh karena itu mitigasi emisi harus lebih difokuskan pada konservasi hutan mangrove yang masih utuh.

Sampai dengan tahun 2024 Indonesia memiliki target untuk merehabilitasi mangrove yang sudah rusak seluas lebih dari 600,000 ha. Namun keberhasilannya masih dipertanyakan mengingat sedikitnya pengalaman sukses Indonesia dalam melakukan rehabilitasi/restorasi selama dua RPJMN terakhir. Catatan jangka panjang juga tidak tersedia sehingga sulit melakukan verifikasi. Sementara itu deforestasi dan konversi mangrove masih berjalan di berbagai tempat. Akan tetapi terdapat beberapa upaya yang sudah berhasil dilakukan oleh Pemerintah Indonesia untuk memperbaiki mangrove yang sudah rusak seperti perbaikan mangrove di Taman Hutan Raya Ngurah Rai, Provinsi Bali yang mengubah lahan bekas tambak menjadi hutan mangrove. Proses pemulihan ini sudah dilakukan oleh pemerintah sejak tahun 1992.

Konservasi mangrove untuk menghindari emisi (*avoided emissions*) gas rumah kaca perlu dipertimbangkan mengingat *benefit-cost ratio* nya yang tinggi dan jaminan mencapai tujuan penurunan emisi lebih baik. Konservasi mangrove yang ada juga dapat membangkitkan kegiatan ekonomi yang berorientasi pada pemanfaatan jasa lingkungan yang diberikan mangrove dengan baik.

Rehabilitasi/restorasi mangrove untuk mitigasi perubahan iklim merupakan perjalanan panjang yang penuh risiko. Upaya ini memerlukan tatakelola dan kebijakan yang kuat dan menyeluruh yang melibatkan pemangku kepentingan dari tingkat nasional sampai sub-nasional. Pelibatan daerah dalam mitigasi perubahan iklim melalui ekosistem mangrove merupakan langkah politik yang penting untuk meningkatkan partisipasi masyarakat, khususnya masyarakat pesisir yang penghidupannya sangat tergantung pada keberadaan ekosistem yang unik ini.

Kompleksitas kelembagaan dapat menjadi kendala birokrasi yang menghambat alur informasi dan pendanaan. Rehabilitasi/restorasi kawasan pesisir dan mangrove di dalam maupun di luar kawasan, khususnya yang terkait dengan tambak dan tanah timbul merupakan tantangan baru yang akan dihadapi dalam implementasi program ini. Karena itu perlu disederhanakan dengan mengedepankan akuntabilitas dan kredibilitas pihak yang terkait.

Kata Pengantar

Program rehabilitasi/restorasi mangrove dalam skala besar di Indonesia telah menarik perhatian banyak pihak di dalam maupun di luar negeri. Hal ini terjadi sehubungan dengan volume pekerjaan dan waktu yang tersedia untuk melaksanakannya. Untuk menangkap aspirasi publik yang terkait dengan program ini, sebuah webinar diselenggarakan pada tanggal 31 Maret 2022. Webinar tersebut membahas 3 aspek utama: strategi jangka panjang pengelolaan kawasan pesisir, kawasan pesisir untuk mitigasi perubahan iklim dan kawasan pesisir untuk adaptasi perubahan iklim.

Dokumen ini secara ringkas menyoroti peluang dan tantangan memasukkan kawasan pesisir ke dalam agenda mitigasi perubahan iklim. Melalui konsultasi dengan peserta webinar yang dirangkum oleh Menteri Koordinator Bidang Maritim dan Investasi, terdapat catatan khusus terkait dengan pengalaman dan tingkat kesuksesan selama dua RPJMN terakhir sebagai pertimbangan dalam pelaksanaan rehabilitasi mangrove besar-besaran di Indonesia.

Catatan lain juga diberikan dalam kaitannya dengan implikasi kelembagaan dan ekologis program rehabilitasi/restorasi serta pentingnya melibatkan pemerintah daerah untuk mempersiapkan kebijakan nilai ekonomi karbon di tingkat sub-nasional. Tantangan dan kendala yang diidentifikasi webinar sangat umum namun komprehensif untuk dijadikan pertimbangan.

Harapan kami, dokumen yang dapat dikatakan sebagai langkah awal dari penilaian rencana program rehabilitasi/restorasi ini juga dapat dikembangkan sesuai dengan dinamika yang terjadi di lapangan dan pengalaman yang dipelajari oleh para pemangku kepentingan. Kami menyadari beberapa kekurangan dan kelemahan di dalamnya, namun kerjasama yang baik antar pemangku kepentingan akan memperbaiki kualitas penilaian selanjutnya.

Jakarta, akhir Juli 2022

Penyusun

1 Pendahuluan

Gas rumah kaca (GRK) atau *greenhouse gas* (GHG), terutama karbon dioksida (CO_2), metana (CH_4), dan dinitrogen oksida (N_2O) memerangkap panas di atmosfer sehingga suhu bumi makin panas. Konsentrasi GRK yang terus meningkat sudah melampaui batas yang dapat ditoleransi sehingga mengancam keberlanjutan sistem kehidupan di bumi. Karena itu, semua negara anggota Konvensi Kerangka PBB tentang Perubahan Iklim melalui Persetujuan Paris pada tahun 2015 telah menyepakati bahwa di tahun 2030 kenaikan suhu tidak akan melampaui $1.5\text{ }^\circ\text{C}$ dari suhu di jaman pra-industri tahun 1850an (IPCC, 2018). Karbon dioksida adalah jenis gas rumah kaca yang paling dominan dan dapat mencapai 65% dari keseluruhan gas rumah kaca (IPCC, 2014).

Meningkatnya penduduk di Indonesia berdampak terhadap peningkatan emisi dari sektor-sektor lain termasuk industri, transportasi, dan pertanian (Kurniawan dan Managi, 2018; Prastiyo et al., 2020). Laporan lain menunjukkan bahwa secara global sektor-sektor ekonomi yang berkontribusi besar terhadap emisi GRK adalah pembangkitan listrik (25%), pertanian, kehutanan, dan penggunaan lahan lainnya (24%), industri (21%), dan transportasi (14%) (Boaden et al., 2017). Dengan kata lain sumber emisi GRK didominasi oleh sektor energi (60%) yang terkait dengan penggunaan bahan bakar fosil, disusul sektor lahan (24%), dan selebihnya adalah sektor limbah (16%).

Dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi berbasis sumberdaya alam, khususnya lahan, maka pada tahun 2010 emisi sektor lahan di Indonesia menempati peringkat paling atas (56%), disusul sektor energi yang berkontribusi sebesar 34% dari total emisi 1,334 juta ton $\text{CO}_2\text{-e}$ (Republic of Indonesia, 2016). Namun demikian tren emisi sektor energi yang terus meningkat, di tahun 2030 diperkirakan menyumbang 58% sementara emisi sektor lahan mengalami penurunan dan menyumbang 30% dari total emisi sebesar 2,869 juta ton $\text{CO}_2\text{-e}$ (Republic of Indonesia, 2021).

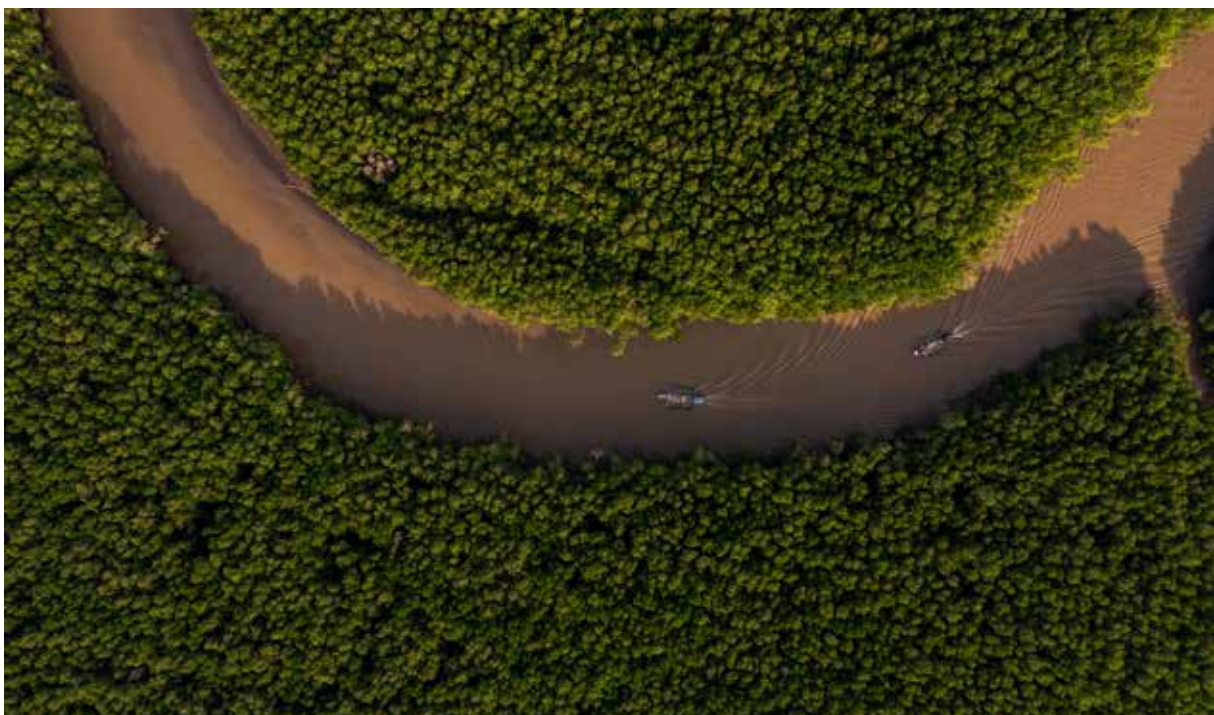


Foto oleh Rifky/CIFOR-ICRAF

Pembangunan rendah karbon (PRK) adalah paradigma baru yang dicanangkan oleh pemerintah Indonesia pada tahun 2017. PRK memiliki tujuan utama melakukan mitigasi perubahan iklim untuk menjamin keberlangsungan planet bumi. Namun PRK tetap mempertahankan pertumbuhan ekonomi dan mengurangi kemiskinan sementara sumberdaya alam tetap lestari (Bappenas, 2020). Beberapa agenda yang diusulkan untuk dilaksanakan terkait PRK di Indonesia, antara lain melindungi ekosistem karbon biru (termasuk mangrove dan padang lamun) dan menyediakan dukungan pemerintah untuk memastikan implementasi program tersebut berjalan dengan baik di seluruh provinsi di Indonesia. Sebagai negara yang memiliki ekosistem karbon biru terbesar di dunia, Indonesia memiliki peluang meningkatkan nilai ekonomi karbon biru dalam mitigasi iklim global dan perlindungan biodiversitas nasional (Murdiyarso et al., 2018).

Mangrove adalah salah satu ekosistem lahan basah pesisir yang berpotensi besar sebagai solusi yang dapat digunakan untuk memecahkan masalah perubahan iklim (*nature-based climate solutions*, NBCS). Mangrove telah dilaporkan mempunyai kemampuan yang sangat besar dalam menyerap dan menyimpan karbon dalam biomassa dan sedimen (Macreadie et al., 2019). Cadangan karbon mangrove di Indonesia mencapai 3,14 miliar ton (Murdiyarso et al., 2015). Cadangan yang sangat besar ini disebabkan oleh tingginya kepadatan karbon, yaitu sekitar 950 ton/ha dan diperkirakan merupakan 17% dari keseluruhan cadangan karbon biru dunia (Alongi et al., 2016). Kemampuan mangrove dalam menyimpan karbon tersebut dimungkinkan oleh sedimennya yang senantiasa tergenang dan anoksik (padat dengan rongga udara yang minimal) yang mencegah proses dekomposisi karbon organik yang terakumulasi pada sedimen oleh bakteri, sehingga karbon tersebut dapat terkunci dalam sedimen mangrove dalam waktu yang sangat lama (seribu tahun) (Alongi, 2014). Mangrove juga merupakan tumbuhan laut dengan komponen lignin yang tinggi, sehingga detritus yang bersumber dari tumbuhan mangrove kaya lignin, hal ini membuatnya semakin sulit terdekomposisi khususnya pada kondisi sedimen padat tanpa oksigen yang memadai (Cragg et al., 2020).

Akan tetapi, luasan mangrove secara global sangat berkurang oleh aktivitas antropogenik seperti konversi lahan, deforestasi dan pencemaran (Alongi, 2002; Kelleway et al., 2020). Sebesar 35% mangrove dunia pada empat benua (Asia, Afrika, Australia, Amerika) diperkirakan telah hilang sejak 1950-an, dengan tingkat kehilangan tertinggi di Amerika sebesar 38% disusul oleh kawasan Asia sebesar 36%, Afrika 32%, dan kerusakan areal mangrove terkecil terjadi di benua Australia sebesar 14%. Diperkirakan areal mangrove yang tersisa di seluruh dunia di tahun 2001 sebesar $1,7 \times 10^5$ km² (Valiela et al., 2001). Pengurangan areal mangrove terus berlangsung dimana pada kurun waktu 20 tahun (1996-2016) telah dilaporkan pengurangan areal mangrove sekitar 10.000 km² (Thomas et al., 2017). Adapun secara spesifik pada periode 2000-2016 diperkirakan 2,1% mangrove dunia berkurang yaitu seluas 3.363 km² dengan laju kehilangan 0,13% per tahun. Dimana kehilangan mangrove ini 62% diakibatkan oleh kegiatan alih fungsi hutan mangrove menjadi tambak dan lahan pertanian (Golberg et al., 2020).

2 Pengelolaan Mangrove di Indonesia

2.1 Luas areal mangrove dan kategorisasinya

Areal mangrove di Indonesia mengalami penurunan yang sangat tajam, dimana sebelum tahun 1989, diperkirakan mencapai 7.700.000 ha (Ilman et al., 2016). Pada tahun 1990, mangrove Indonesia diperkirakan seluas 4.250.000 ha (setara dengan 20% mangrove dunia), dimana 2.940.000 ha berada di Papua dan Papua Barat yang relatif tidak terganggu. Sementara 1.310.000 ha tersebar di daerah yang lebih padat penduduk seperti di Jawa, Sumatera, Kalimantan, dan mangrove di kawasan ini dieksploitasi secara besar-besaran (Choong et al., 1990). Hasil pemetaan mangrove Indonesia pada tahun 2000 menggunakan data satelit melaporkan luasan sebesar 3.100.000 ha (Giri et al., 2011).

Sementara itu di tahun 2007, Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Hutan Sosial Kementerian Kehutanan melaporkan areal mangrove Indonesia seluas 7.758.411 ha dengan rincian 30.7% dalam kondisi baik, 27.4% rusak sedang, 41.9% mengalami kerusakan parah. Sedangkan pada tahun 2009, Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional melaporkan luasan mangrove di Indonesia sebesar 3.244.018 ha (Kusmana, 2014). Adapun estimasi luasan mangrove pada tahun 2012 oleh Badan Informasi Geospasial sebesar 3.200.000 ha dan di tahun 2013 sebesar 2.800.000 ha dari data hasil estimasi Kementerian Kehutanan Republik Indonesia. Dari data yang diperoleh dengan berbagai metode ini dapat dilihat bahwa sejak tahun 1800 sampai dengan tahun 2013 telah terjadi kehilangan areal mangrove sekitar 1.000.000 ha (Ilman et al., 2016). Data mengenai luasan mangrove di Indonesia yang berbeda-beda ini perlu diselaraskan dengan menerapkan suatu metode perhitungan yang sudah terstandarisasi. Sehingga penunjukkan walidata luasan mangrove di Indonesia menjadi penting.



Foto oleh Yayan Indriatmoko/CIFOR

Walidata Informasi Geospasial Tematik (IGT) mangrove diamanahkan kepada Direktorat Konservasi Tanah dan Air, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) berdasarkan Keputusan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) No. 27 Tahun 2019. KLHK sebagai walidata mangrove di Indonesia selanjutnya menerbitkan Peta Mangrove Nasional (PMN) pada tahun 2019 (KLHK, 2019) dengan berbagai kategori mangrove meliputi areal seluas 3.311.207 ha dengan rincian seperti terlihat dalam Tabel 1.

Mangrove seluas **637.624 ha** atau 19% dari total luas mangrove Indonesia termasuk dalam kondisi kritis dengan tutupan vegetasi mangrove “jarang” dan “sangat jarang”. Seluas 460.244 ha diantaranya berada di dalam kawasan dan 177.380 ha berada di luar kawasan hutan. Data inilah yang menjadi dasar program rehabilitasi mangrove yang diluncurkan oleh pemerintah Indonesia pada tahun 2021.

Namun perlu disadari bahwa data PMN tahun 2019 ini memiliki kelemahan dimana pengambilan data kondisi mangrove tersebut tidak dilaksanakan dalam satu tahun yang sama, karena merupakan “ramuan” dari pelaksanaan pemetaan yang panjang (2013-2019) dan waktu pelaksanaan pemetaan kondisi yang berbeda untuk tiap lokasi. Periode pemetaan tahun 2013 untuk Pulau Jawa, tahun 2014

Tabel 1. Luas areal mangrove di dalam dan di luar kawasan hutan dan kondisinya berdasarkan Peta Mangrove Nasional

	Mangrove di dalam kawasan (ha)	Mangrove di luar kawasan (ha)	Jumlah
Non-kritis	2.057.295	616.287	2.673.583 (81%)
Kritis	460.244	177.380	637.624 (19%)
Jumlah	2.533.488	777.719	3.311.207

Sumber: KLHK (2019)

Tabel 2. Luas mangrove “eksisting” menurut kategori kerapatan tajuk

Kerapatan tajuk	Luas (ha)	%
Lebat	3.121.240	92.8
Sedang	188.366	5.6
Jarang	54.474	1.6
Jumlah	3.364.080	100

Sumber: KLHK (2021)

Tabel 3. Luas “potensi” habitat mangrove menurut kategori penggunaan lahan

Penggunaan lahan	Luas (ha)	%
Areal terabrasi	4.129	0.6
Lahan terbuka	55.889	7.4
Mangrove terabrasi	8.200	1.1
Tambak	631.802	83.5
Tanah timbul	56.162	7.4
Jumlah	756.183	100

Sumber: KLHK (2021)

Tabel 4. Luas mangrove “eksisting” dan “potensi” habitat mangrove di dalam dan di luar kawasan hutan

Fungsi kawasan	Mangrove “eksisting” (ha)	“Potensi” habitat mangrove (ha)	Jumlah (ha)
Hutan Lindung (HL)	911.397	83.737	995.134
Hutan Konservasi (HK)	748.271	48.837	797.108
Hutan Produksi (HP)	1.001.614	142.961	1.144.575
Areal Penggunaan Lain (APL)	701.798	480.648	1.183.446
Jumlah	3.364.080	756.183	4.120.263

Sumber: KLHK (2021)

untuk Pulau Sumatera, tahun 2015 untuk pulau Sulawesi, tahun 2016 untuk wilayah Bali dan Nusa Tenggara, tahun 2017 untuk Kepulauan Maluku, tahun 2018 untuk Pulau Kalimantan, dan tahun 2019 untuk wilayah Papua dan Papua Barat. Hal ini telah menuai kritik dari banyak kalangan mengenai keakuratan data PMN tahun 2019 tersebut.

Oleh karena itu PMN tahun 2019 mengalami pemutakhiran dan perubahan penyebutan kategori dalam PMN tahun 2021 (KLHK, 2021). Dalam PMN yang mutakhir luasan secara umum mangrove dikategorikan sebagai mangrove “eksisting” dengan kategori berdasarkan kerapatan tutupan tajuk (Tabel 2) dan “potensi” habitat mangrove dengan kategori berdasarkan tutupan/penggunaan lahan (Tabel 3).

Selanjutnya luas mangrove “eksisting” dan luas “potensi” habitat mangrove diplotkan ke dalam peta kawasan hutan menurut fungsinya, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Sampai di sini tidak ada kejelasan apakah rehabilitasi/restorasi mangrove menggunakan data dan klasifikasi mangrove menurut PMN 2019 atau PMN 2021. Satu hal yang pasti adalah luasan mangrove dalam dua peta tersebut berubah dari 3.311.207 ha menjadi 4.120.263 ha. Perubahan pertambahan luas mangrove tersebut dikarenakan adanya upaya konservasi dan rehabilitasi mangrove dari berbagai pihak.

Meskipun terdapat perbedaan data luasan mangrove di Indonesia yang dilaporkan pada waktu yang berdekatan oleh berbagai institusi seperti di atas, dengan pola perubahan yang tidak konsisten, namun dari data dan informasi tersebut dapat disimpulkan bahwa areal mangrove Indonesia mengalami penurunan. Laju penurunan luasan areal mangrove di Indonesia dari tahun 1980-2005 dilaporkan sebesar 1,24% per tahun, yaitu dari 4,2 juta ha di tahun 1980 menjadi 2,9 juta ha di tahun 2005 (FAO, 2007). Penurunan areal mangrove di Indonesia terutama diakibatkan oleh konversi areal mangrove menjadi tambak udang dan ikan, dimana pembukaan lahan tambak ini harus melakukan penebangan dan pencabutan pohon mangrove secara masif (deforestasi) (Ilman et al., 2016; Goldberg et al., 2020). Deforestasi mangrove tentunya mengurangi cadangan karbon dan mengurangi kapasitas mangrove dalam menyerap emisi karbon. Sebaliknya kegiatan deforestasi mangrove yang telah terjadi ini justru meningkatkan emisi karbon tahunan sebesar 70– 210 juta ton CO₂-e yang mengambil porsi 10% - 35% dari keseluruhan emisi yang disebabkan dari konversi lahan (Murdiyarto et al., 2015). Khususnya kegiatan konversi hutan mangrove menjadi areal pertambakan diperkirakan menyumbang emisi karbon ke atmosfer sebesar 120 juta ton CO₂-e/tahun (Arifanti et al., 2019).

Program perlindungan mangrove yang tersisa dan rehabilitasi/restorasi mangrove yang terdegradasi dapat dipandang sebagai *nature-based solutions* untuk mengatasi masalah perubahan iklim (Alongi et al., 2016). Rehabilitasi mangrove merupakan tindakan yang efektif untuk mengembalikan berbagai

fungsi penting ekosistem mangrove, termasuk dalam kapasitasnya menyerap karbon dari atmosfer sehingga dapat mengurangi emisi gas rumah kaca di atmosfer, selanjutnya menyimpan karbon tersebut dalam biomassa dan menguburnya dalam sedimen sebagai cadangan karbon (Cameron et al., 2019a). Sebagai negara yang memiliki kawasan mangrove yang besar dan berperan penting dalam berbagai aspek kehidupan masyarakat, Indonesia tentunya memerlukan pengelolaan mangrove yang melembaga mulai dari tingkat pusat dan daerah yang dapat menunjang pengelolaan ekosistem mangrove yang berkelanjutan.

Berbagai upaya telah dilakukan oleh pemerintah Indonesia untuk merestorasi dan merehabilitasi ekosistem mangrove. Salah satu dari upaya tersebut adalah dengan membentuk Badan Restorasi Gambut dan Mangrove (BRGM) melalui Perpres No. 120/2020 tentang Badan Restorasi Gambut dan Mangrove. Selain pembentukan BRGM, upaya lain yang sudah dilakukan oleh pemerintah adalah perbaikan mangrove di Taman Hutan Raya Ngurah Rai, Provinsi Bali yang mengubah lahan bekas tambak menjadi hutan mangrove. Proses pemulihan ini sudah dilakukan oleh pemerintah sejak tahun 1992.

2.2 Aspek hukum dan kelembagaan

Menurut Kusmana (2014), pada era sebelum tahun 1990-an, terdapat lima kementerian dan lembaga yang memegang peranan dalam pengelolaan ekosistem mangrove di Indonesia, yaitu: (1) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan yang bertanggungjawab dalam pengelolaan mangrove yang berada dalam kawasan hutan, (2) Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) yang berperan dalam meningkatkan manfaat ekosistem mangrove di luar kawasan hutan untuk bidang kelautan dan perikanan, (3) Kementerian Dalam Negeri yang mengatur tata pemerintahan, dan (4) Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional yang merumuskan dan menetapkan pemanfaatan ruang.

Aspek hukum yang terkait dengan strategi dan implementasi pengelolaan mangrove pada dasarnya meliputi:

1. pengusahaan hutan mangrove dalam bentuk silvikultur (mengikuti Peraturan No. 13062/465/BIR oleh Jawatan Kehutanan tertanggal 1 Juli 1938, metode silvikultur terus diperbaharui dengan aturan lanjutan yaitu surat rekomendasi Lembaga Penelitian Hutan No.2854/42 tertanggal 30 Juni 1956 tentang bentuk silvikultur *Standard Clear Cutting System*, kemudian Tahun 1972 Direktorat Jenderal Kehutanan merekomendasikan sistem silvikultur *Stripwise Selective Felling System*, dan Tahun 1978 Dirjen Kehutanan mengeluarkan Surat Keputusan No.60/Kpts/DI/1978 tentang Pedoman Sistem Silvikultur Hutan Mangrove, yang mana sistem silvikultur berubah menjadi Sistem Pohon Induk / *Seed Tree Method*,
2. proteksi/perlindungan mangrove sesuai Kepres No.32 tahun 1990, dan
3. rehabilitasi/restorasi mangrove (reforestasi dan aforestasi). Reforestasi adalah kegiatan penghutan kembali pada lahan yang sebelumnya adalah hutan sedangkan aforestasi adalah penghutan pada lahan yang selama 50 tahun atau lebih bukan merupakan hutan, dengan mengikuti Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.14/Menhut-. II/2004 tentang Tatacara Aforestasi dan Reforestasi.
4. pemutakhiran Peta Mangrove Nasional (PMN) setiap tahun diatur dalam Perpres No. 23/2021 tentang Percepatan Pelaksanaan Kebijakan Satu Peta pada Tingkat Ketelitian Peta Skala 1:50.000.
5. rehabilitasi mangrove terutama di pulau-pulau kecil menjadi bagian yang penting dalam pengelolaan ekosistem mangrove dan diatur dalam Permen KP No. 24/2016 tentang Cara Rehabilitasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil.

Penggabungan dua kementerian utama yang berurusan dengan pengelolaan mangrove yaitu Kementerian Kehutanan dan Kementerian Lingkungan Hidup, menjadi satu kementerian bernama Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) dilakukan pada tahun 2014. Kemudian Badan Restorasi Gambut dan Mangrove (BRGM) dibentuk melalui Peraturan Presiden No. 20 Tahun 2020. BRGM merupakan lembaga non-struktural yang berada di bawah dan bertanggungjawab kepada

Presiden. Dalam hubungannya dengan pengelolaan mangrove, BRGM bertugas untuk memfasilitasi percepatan pelaksanaan rehabilitasi/restorasi mangrove di 9 provinsi target yaitu Sumatera Utara, Riau, Kepulauan Riau, Bangka Belitung, Kalimantan Barat, Kalimantan Timur, Kalimantan Utara, Papua, dan Papua Barat. Sebelumnya badan ini bernama Badan Restorasi Gambut yang dibentuk pada tahun 2016 untuk memulihkan ekosistem gambut pada 7 provinsi target (Riau, Jambi, Sumatera Selatan, Kalimantan Tengah, Kalimantan Selatan, Kalimantan Barat, dan Papua). Jadi saat ini BRGM mendapatkan mandat untuk memulihkan dua ekosistem sekaligus yaitu gambut dan mangrove dengan daerah target yang sebagian besar berbeda, hanya overlap pada 3 provinsi yaitu Riau, Kalimantan Barat, dan Papua. Langkah pemerintah dalam perbaikan kelembagaan dalam pengelolaan ekosistem mangrove ini, tentu saja menunjukkan perhatian yang besar dari pemerintah untuk menjamin keberlangsungan ekosistem penting ini. BRGM selanjutnya sudah menjalin komunikasi dengan berbagai Lembaga Swadaya Masyarakat (LSM), perusahaan dan lembaga-lembaga donor.

Kementerian Koordinator Bidang Kemaritiman dan Investasi (Kemenkomarves) berperan mengkoordinasikan percepatan program rehabilitasi/restorasi 600.000 ha mangrove (2021-2024) dengan dana non-APBN, *multi-donor trust fund* (MDTF), dan sebagainya. Adapun pembinaan terhadap pelaksanaan rehabilitasi/restorasi mangrove di lapangan oleh masyarakat dilakukan oleh Unit Pelaksana Teknis (UPT) KLHK dan KKP.

Selanjutnya Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (PPN/Bappenas) berperan memberikan arahan strategis dalam perencanaan dan pengelolaan ekosistem gambut dan mangrove jangka panjang. Kementerian dan lembaga yang juga terlibat dengan program ini yaitu Kementerian Keuangan, Kementerian Dalam Negeri, Kementerian Desa dan Wilayah Tertinggal, dan Pemerintah Daerah.

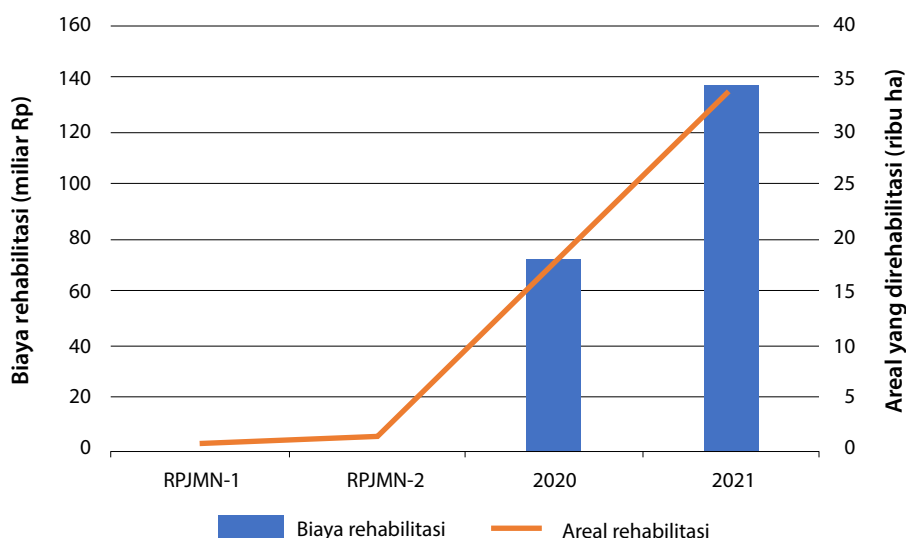
3 Komitmen Rehabilitasi/Restorasi Mangrove

Komitmen Indonesia dalam pengurangan emisi GRK dituangkan dalam dokumen *Nationally Determined Contribution* (NDC) yang telah diserahkan ke Sekretariat Konvensi Perubahan Iklim (UNFCCC) pada Juli 2021, dimana Indonesia berkomitmen untuk menurunkan emisi GRK secara mandiri sebesar 29% atau 834 juta ton CO₂-e, dan dapat mencapai 41% atau sebesar 1.185 juta ton CO₂-e jika mendapatkan bantuan pendanaan internasional pada tahun 2030. Peraturan Presiden No. 98 Tahun 2021 telah mengatur secara garis besar implementasi komitmen tersebut, dimana *baseline* nasional yang digunakan sebagai dasar penurunan emisi GRK yaitu sebesar 2.869 juta ton CO₂-e yang akan diperoleh pada tahun 2030, dengan pelibatan seluruh sektor di tingkat nasional, sub nasional dan sektoral. Sektor kehutanan dan penggunaan lahan lainnya diharapkan tidak lagi menjadi sumber emisi GRK (*carbon sources*), tapi lebih banyak menjadi penyerap karbon (*carbon sink*) di tahun 2030.

Mangrove Indonesia sebagai ekosistem karbon biru, dengan cadangan karbon yang sangat besar dan areal yang sangat luas, sangat berpotensi dalam upaya mitigasi perubahan iklim jika emisi karbon ke atmosfer dapat dihindari (*avoided emission*) dengan menghindari deforestasi dan meningkatkan konservasi (Murdiyarso et al., 2015; Alongi et al., 2016; Macreadie et al., 2019). BRGM mengategorikan luasan 19% dari luasan mangrove yang ada (sesuai PMN tahun 2019), sebagai “mangrove potensial” yang akan direhabilitasi/direstorasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa mangrove hasil rehabilitasi/restorasi dengan pertumbuhan yang baik mempunyai kemampuan yang sama dengan mangrove alami dalam kapasitasnya menyerap emisi karbon (Cameron et al., 2019a), ini adalah bukti pendukung untuk mulai memikirkan mekanisme pendanaan rehabilitasi/restorasi mangrove dari hasil perdagangan karbon. Selanjutnya Kusumaningtyas et al. (2021) melaporkan bahwa mangrove hasil rehabilitasi/restorasi mempunyai cadangan karbon yang lebih tinggi dibandingkan mangrove alami, meskipun laju akumulasi karbon pada mangrove hasil restorasi masih lebih rendah dibandingkan pada mangrove alami.



Foto oleh Donny Iqbal/CIFOR-ICRAF



Gambar 1. Capaian rehabilitasi mangrove dengan dana publik selama 7 tahun terakhir sejak RPJMN 2015-2019 dimulai.

Hal ini kemungkinan disebabkan peran lingkungan dalam hal ini hidrologi yang diduga berperan penting dalam pencapaian hasil tersebut, sehingga modifikasi hidrologi menjadi alternatif teknik rehabilitasi mangrove yang dapat dilakukan untuk meningkatkan cadangan karbon dan laju akumulasinya pada sedimen mangrove yang direhabilitasi/direstorasi.

Laporan rehabilitasi selama RPJMN 2015-2019 hanya mencapai 3.600 ha (700 ha/tahun dari target 1000 ha/tahun). Sedang dalam RPJMN 2019-2024 (yang belum berakhir), capaian sementara adalah 6.000 ha atau 1.500 ha/tahun. Sementara itu dana dari APBN yang digunakan dalam kedua periode tersebut berturut-turut sekitar Rp 17 miliar dan Rp 9.5 miliar (sampai tahun 2021). Menarik untuk dicatat bahwa selama masa pandemi COVID-19 pemerintah juga menyediakan dana rehabilitasi mangrove melalui skema Pemulihan Ekonomi Nasional (PEN) sebesar Rp 71,6 miliar di tahun 2020 dan Rp 137,7 miliar di tahun 2021 dengan capaian masing-masing seluas 17.600 ha dan 34.000 ha.

Gambar 1 menunjukkan tren capaian rehabilitasi dengan meningkatnya dana rehabilitasi, dimana capaian luas areal rehabilitasi menggunakan dana APBN berbanding lurus dengan dana yang digunakan dengan biaya sekitar Rp 4 juta sampai Rp 5 juta per ha. Perlu ditekankan di sini bahwa angka luasan di atas adalah angka saat tanam. Kondisi tanaman saat ini tidak/belum dilaporkan, *survival rate* belum dikuantifikasi, sehingga capaian luas areal yang direhabilitasi belum dapat dipahami sebagai kesuksesan.

Sistem *monitoring, reporting* dan verifikasi (MRV) rehabilitasi/restorasi mangrove perlu dibangun dan diimplementasikan secara transparan sehingga masyarakat mengetahui efektivitas penggunaan dana publik. Dari pengalaman dua periode RPJMN ini juga dapat dibandingkan bahwa rencana percepatan rehabilitasi/restorasi lebih dari 600.000 ha hingga 2024 (150.000 ha/tahun) adalah target yang sangat besar (10x lipat dari capaian tahun 2021). Terlepas dari program dan teknologi yang digunakan perlu disertai dengan sistem MRV yang dilaksanakan secara terus-menerus (*continue*) baik dalam keberhasilan rehabilitasi/restorasi maupun biaya yang digunakan. Jumlah hari orang kerja (HOK) dan biaya penanaman belum mencerminkan keberhasilan rehabilitasi secara keseluruhan. Fungsi ekosistem menjadi salah satu kunci untuk melihat keberhasilan baik untuk rehabilitasi dan restorasi mangrove secara keseluruhan (Cadier et al., 2020).

4 Peluang dan Tantangan Rehabilitasi dan Restorasi Mangrove

4.1 Nilai ekonomi karbon biru

Restorasi ekosistem mangrove sama dengan restorasi ekosistem yang lain adalah bertujuan untuk mengembalikan fungsi ekosistem dengan kembalinya biodiversitas mendekati kondisi awal sehingga proses-proses ekologi dapat kembali berlangsung dan memberikan benefit langsung bagi masyarakat lokal, seperti meningkatkan ketahanan pangan dan kesejahteraannya melalui penciptaan sumber pendapatan alternatif. Sehingga evaluasi dan monitoring keberhasilan suatu proyek restorasi mangrove mencakup beberapa aspek, yaitu aspek ekologi (struktur vegetasi, keanekaragaman dan kelimpahan spesies yang berasosiasi, fungsi ekosistem), serta aspek sosial dan ekonomi (partisipasi masyarakat serta alternatif penghidupan dan pendapatan masyarakat) (Worthley et al., 2013, Biswas et al., 2009). Aspek sosial dan ekonomi sebagai indikator keberhasilan rehabilitasi/restorasi mangrove memerlukan waktu yang lebih lama untuk terlihat hasilnya dibandingkan dengan aspek ekologi.

Program rehabilitasi/restorasi mangrove di Indonesia tahun 2020 dan 2021 juga diselaraskan dengan program Pemulihan Ekonomi Nasional (PEN) dari Kementerian Keuangan untuk memberikan lapangan kerja bagi masyarakat yang kehilangan pekerjaan dengan adanya pandemik Covid-19, sehingga menjadikan proyek restorasi mangrove ini sebagai program padat karya. Adapun jumlah tenaga kerja yang terlibat pada penanaman mangrove seluas 15.200 ha di tahun 2020 sebanyak 17.226 orang. Pada tahun 2021, areal mangrove yang ditanami seluas 84.873 ha sehingga melibatkan lebih banyak lagi tenaga kerja. Adapun tujuan dan manfaat dari program rehabilitasi/restorasi mangrove yang dilakukan secara padat karya ini tetap sama tergantung dari kementerian/lembaga yang mengimplementasikan program, yaitu: (1) kawasan rehabilitasi/restorasi mangrove pada kawasan hutan lindung dan konservasi di bawah koordinasi KLHK dan BRGM harus kembali pulih, sehat, dan membawa manfaat konservasi dan



Foto oleh Aulia Erlangga/CIFOR-ICRAF

ekologi, menjadi tempat hidup dan berkembang biak satwa, penyerap dan penyimpan karbon, serta pencegah abrasi pantai, (2) kawasan mangrove yang direhabilitasi pada kawasan pesisir laut dan pulau-pulau kecil, di bawah koordinasi KKP, diharapkan menjadi kawasan mangrove yang membawa manfaat ekologi dan ekonomi, menjadi pencegah abrasi pantai di sekitar desa nelayan, dan menjadi wilayah penangkapan ikan dan kepiting bagi nelayan, (3) penanaman mangrove yang dilakukan oleh Kemendes PDDT difokuskan pada desa-desa tertinggal dengan target capaian yaitu kawasan mangrove yang mendatangkan manfaat ekonomi dan sosial, dimana terbangunnya ekowisata/eduwisata mangrove dapat menjadi sumber pendapatan BUMDes dan masyarakat desa (<https://anggaran.kemenkeu.go.id/in/post/program-pen-padat-karya-penanaman-mangrove-tahun-2020-dan-2021-dimana-bedanya>).

Beberapa proyek rehabilitasi/restorasi di beberapa tempat telah berhasil memperlihatkan keberhasilan proyek rehabilitasi/restorasi dengan kembalinya komposisi, fungsi dan formasi ekosistem seperti semula. Debrot et al. (2022) melaporkan terbangunnya areal penangkapan ikan dekat rehabilitasi/restorasi mangrove di daerah pesisir Kabupaten Demak, Jawa Tengah, mulai tahun 2015, dimana rehabilitasi/restorasi mangrove pada kawasan itu dilakukan di tahun 2005. Sehingga dapat dikatakan bahwa mangrove hasil rehabilitasi/restorasi sudah kembali fungsi ekologinya sebagai daerah hunian ikan setelah kurang lebih 10 tahun. Akan tetapi, aktivitas perikanan ini perlu dimonitor dan dikelola karena dari hasil observasi, kebanyakan ikan yang tertangkap berukuran juvenile sehingga sangat rentan menimbulkan *overfishing* dan penurunan populasi yang cepat, dan tentunya jika hal ini terjadi, manfaat langsung keberadaan mangrove (sebagai penyedia pangan dan sumber pendapatan) tidak akan dirasakan oleh masyarakat dalam waktu yang lama.

Dalam hal proyek rehabilitasi/restorasi mangrove bertujuan untuk mitigasi terhadap perubahan iklim melalui pengurangan emisi gas rumah kaca, proyek restorasi mangrove di Tiwoho, Taman Nasional Laut Bunaken telah menunjukkan hasil yang menggembirakan setelah 10 tahun (Cameron et al., 2019b). Proyek rehabilitasi/restorasi mangrove dilaksanakan pada areal pertambakan yang tidak digunakan lagi (yang asalnya merupakan areal mangrove) dengan mengimplementasikan perbaikan hidrologi untuk memfasilitasi rekrutmen mangrove, penambahan tanaman mangrove dalam jumlah kecil melalui penanaman juga dilakukan. Proyek ini dilaksanakan pada November 2004 dan Februari 2005 pada kawasan seluas 14 ha atas kerjasama masyarakat dan institusi pendidikan lokal, lembaga swadaya masyarakat dan mitra internasional.

Mangrove hasil rehabilitasi/restorasi ini diperkirakan sudah mengurangi emisi sebesar $27,6 \pm 1,7$ Mg CO₂-e per hektare per tahun, dengan asumsi perdagangan karbon sebesar USD \$8,1 per Mg CO₂-e per ha untuk proyek aforestasi/reforestasi, maka 76,2% biaya restorasi sudah kembali setelah 10 tahun. Keberhasilan program rehabilitasi/restorasi mangrove ini baru ditinjau dari aspek karbon saja, jika tinjauan juga dilakukan pada aspek jasa ekosistem lain yang sudah kembali seperti biodiversitas, penyediaan pangan, produksi perikanan, perbaikan kualitas perairan, maka hal ini tentunya akan dapat menarik investor baik dari swasta maupun pemerintah untuk menggalakkan program restorasi ini.

4.2 Tantangan kelembagaan

Sejak tahun 2021, pemerintah meluncurkan program restorasi dan rehabilitasi 600.000 ha kawasan mangrove sampai tahun 2024, berdasarkan data luasan mangrove yang rusak di tahun 2019. KLHK, KKP dan BRGM mendapatkan mandat utama untuk pelaksanaan program ini, dimana areal mangrove dengan kategori tutupan sedang dan jarang akan dilakukan rehabilitasi/restorasi, dan daerah mangrove yang mengalami deforestasi atau daerah kosong yang berpotensi akan dilakukan restorasi. KLHK bertugas untuk melakukan implementasi program di dalam kawasan hutan dengan porsi 14% dari dana APBN, KKP melakukan implementasi program di luar kawasan hutan dengan porsi 10% dari dana APBN, sedangkan BRGM melakukan implementasi program di dalam kawasan hutan pada 9 provinsi prioritas dengan porsi sebesar 76% dan menggunakan dana non-APBN (dari berbagai sumber dana baik nasional maupun internasional). Adapun besaran dana yang dibutuhkan khusus oleh BRGM saja diperkirakan

sebesar Rp 18,4 triliun untuk dana awal yaitu untuk kegiatan persiapan, pra-kondisi, perencanaan, dan membangun *database*, termasuk jika diperlukan akan digunakan untuk membangun penahan ombak dan abrasi sebagai pelindung bibit-bibit mangrove yang baru ditanam. Selanjutnya untuk kegiatan pendampingan dan penguatan ekonomi masyarakat diperlukan tambahan Rp 5,8 triliun. Program ini sudah mulai berjalan dengan target 33.000 ha kawasan mangrove yang rusak direhabilitasi/direstorasi pada tahun 2021. BRGM menyatakan sudah melampaui target restorasi tersebut di tahun 2021 yaitu sebesar 34.991 ha dengan melibatkan 34.596 tenaga kerja (BRGM, 2021). Rehabilitasi/restorasi mangrove yang ditetapkan selanjutnya adalah 150.000 ha per tahun sampai dengan 2024 adalah target yang besar.

Program ini tentunya harus direncanakan dengan matang dan mempertimbangkan banyak faktor selain faktor teknis rehabilitasi dan restorasi mangrove, faktor seperti status perubahan tata guna lahan serta banyaknya konflik kepentingan penggunaan lahan di kawasan mangrove selama ini juga menjadi faktor-faktor yang perlu mendapat perhatian. Menurut Sidik et al. (2018), hanya ada 22% areal mangrove di Indonesia terdapat pada areal yang dikonservasi, dan sebagian besar lainnya berada pada daerah pemanfaatan. Kondisi ini membuat program konservasi dan rehabilitasi/restorasi mangrove meskipun dengan tujuan untuk mitigasi perubahan iklim, akan mendapatkan tantangan berbagai isu sosial dan ekonomi terutama dari penggunaan lahan tersebut, sehingga diperlukan kerangka peraturan yang memadai, pelibatan berbagai pemangku kepentingan terutama masyarakat lokal dalam setiap program yang akan dijalankan. Febriano et al. (2015) menyatakan bahwa selama ini terlalu banyak aktor dan relasi kekuasaan yang berperan dalam pengelolaan mangrove di Indonesia, yang akhirnya memarginalkan masyarakat lokal. Kebijakan pemerintah lebih berpihak pada sektor yang meningkatkan Pendapatan Asli Daerah (PAD) dan kurang mempedulikan kelestarian lingkungan, contohnya konversi hutan mangrove secara besar-besaran menjadi tambak udang. Konversi mangrove menjadi tambak terjadi secara besar-besaran karena memberikan keuntungan yang besar (Armitage, 2002). Bahkan beberapa areal mangrove yang telah direstorasi dengan baik, dialihfungsikan kembali menjadi tambak udang (Brown, 2017). Untuk memberikan kesempatan bagi aktor lain yang ingin mengembangkan aspek ekonomi melalui perijinan tambak di kawasan Areal Penggunaan Lain (APL) mangrove perlu dilengkapi dengan kewajiban untuk mengalokasikan kawasan tambaknya untuk menanam mangrove.

Konflik kepentingan antara peningkatan sektor ekonomi jangka pendek atau menjaga kelestarian lingkungan yang juga akan memberikan keuntungan ekonomi namun dalam jangka panjang, tentunya merupakan tantangan tersendiri pada program-program lingkungan seperti proyek restorasi mangrove ini. Meskipun beberapa hasil kajian sudah menunjukkan kerugian ekonomi yang besar jika penebangan hutan termasuk mangrove tidak terkontrol dan terus menerus dilakukan. Ekosistem mangrove menyediakan jasa lingkungan yang besar bagi masyarakat seperti penyediaan hasil-hasil laut lewat fungsinya sebagai daerah hunian, asuhan dan pembesaran berbagai hewan-hewan laut bernilai ekonomis (Uddin et al., 2019); merupakan sumber kayu untuk bahan bangunan dan kayu bakar yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat, serta bahan baku obat-obatan tradisional (Sadeer et al., 2022; Palacios and Cantera, 2017; Alongi, 2002); melindungi daratan pantai dari bahaya lingkungan seperti kejadian abrasi, tsunami, gelombang tinggi, serta perubahan iklim global (Tagaki, 2019; Spalding et al., 2014; Alongi, 2008). Hilangnya hutan mangrove tentunya juga akan menghilangkan layanan ekosistemnya yang besar diantaranya seperti yang telah diuraikan di atas dan jika kehilangan ini dikonversi ke dalam rupiah maka kerugian ekonomi yang bisa dialami oleh masyarakat sangat besar dengan hilangnya mangrove. Nilai ekonomi mangrove di Indonesia diperkirakan sebesar 52 juta sampai dengan 384 juta per hektar per tahun (Rizal et al., 2018). Lebih lanjut, deforestasi hutan mangrove akan berkontribusi terhadap perubahan iklim karena emisi karbon yang dihasilkan dan hal ini akan memberikan dampak kerugian ekonomi sebesar 82 - 600 triliun rupiah per tahun (Pendleton et al., 2012).

Berdasarkan data KLHK luasan mangrove menurut PMN 2019 adalah 3,31 juta ha (Tabel 1), dimana 80,74% atau sebesar 2,67 juta ha dalam kondisi baik, sedangkan 19,26% atau sebesar 637.524 ha dalam kondisi kritis. Luasan mangrove kritis inilah yang dijadikan dasar dan target rehabilitasi mangrove hingga 2024. Adapun kondisi penutupan lahan mangrove menurut PMN 2021 dan status penggunaan

lahan yang ditempatinya adalah 4,12 juta ha (Tabel 3). Perbedaan luas yang sangat besar ini menjadi tantangan kelembagaan, terutama dalam kaitannya dengan akuntabilitas Lembaga, dalam hal ini KLHK yang menjadi walidata mangrove nasional.

Merujuk pada SNI: 7717/2020 tentang Spesifikasi Informasi Geospasial – Mangrove, kondisi mangrove lebat adalah mangrove dengan tutupan tajuk di atas 70%, mangrove sedang dengan tutupan tajuk 30-70%, dan mangrove jarang dengan tutupan tajuk kurang dari 30%. Dari Tabel 2 di atas juga menunjukkan bahwa 93% mangrove Indonesia berada dalam kondisi lebat, 5,6% dalam kondisi sedang, dan 1,6% dalam kondisi jarang. Kelebatan atau persen penutupan tajuk tidak serta merta menjadi indikasi tingkat kerusakan. Tegakan mangrove pioneer seperti *Avicennia* sp. boleh jadi memiliki kerapatan yang sedang atau jarang, namun karena sifat fisiognominya, besar kemungkinan tajuk tersebut sudah klimaks.

Terlepas dari kriteria yang digunakan untuk menentukan kekritisan mangrove, kawasan dengan tutupan kanopi jarang seluas 54.474 ha memang memerlukan perhatian, namun target rehabilitasi mangrove di lahan terbuka dan tanah timbul (sekitar 112.000 ha) dapat menimbulkan masalah ekologi terkait dengan habitat satwa liar, terutama burung air. Sedangkan rehabilitasi seluruh tambak yang mencapai lebih dari 630.000 ha juga dapat menimbulkan masalah sosial dan ekonomi masyarakat.

Berdasarkan kajian literatur terhadap pelaksanaan program restorasi mangrove yang pernah dilakukan di Indonesia tahun 2000 – 2020. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa luasan areal mangrove tahun 2000 sebesar 2.930.353 ha dan di tahun 2020 menjadi 2.736.986 ha, menunjukkan bahwa areal mangrove yang hilang hanya sebesar 193.367 ha. Oleh karena itu rehabilitasi/restorasi mangrove perlu memprioritaskan pada luasan ini saja. Dari segi penurunan emisi areal seluas ini memiliki potensi sebesar 12%. Ambisi merestorasi 637.524 ha akan mengalami banyak kendala terkait dengan status pemilikan lahan yang berpotensi konflik.

Data pada Tabel 1 di atas juga memperlihatkan bahwa sebanyak 22% mangrove di Indonesia berada pada kawasan Hutan Konservasi (HK); sebanyak 27% pada kawasan Hutan Lindung (HL), 30% di kawasan Hutan Produksi (HP), dan 21% berada pada Areal Penggunaan Lain (APL). Sehingga dapat dikatakan bahwa kegiatan konservasi dan rehabilitasi/restorasi mangrove hanya dapat dilakukan pada kawasan Hutan Konservasi dan kawasan Hutan Lindung tanpa menghadapi konflik yang berarti. Data di atas harus menjadi dasar pertimbangan dalam menentukan program rehabilitasi/restorasi mangrove yang tepat dalam pemilihan jenis yang akan ditanam, tepat pemilihan lokasi penanaman, dan tepat peruntukan programnya.

Pengembangan *roadmap* rehabilitasi/restorasi mangrove, perlu memperhatikan secara lebih detail daerah-daerah kritis. Dari keseluruhan areal mangrove kritis berdasarkan PMN Tahun 2021 (sebesar 54.474 ha), sebesar 29.910 ha (sekitar 55%) berada di luar kawasan, dan inilah yang menjadi tanggungjawab KKP untuk rehabilitasinya. Nilai ini tentunya sangat jauh dibandingkan 117.413 ha yang dilaporkan dalam PMN tahun 2019 sebagai areal mangrove kritis di luar kawasan hutan. Kalimantan Timur dan Kalimantan Utara merupakan daerah yang memiliki mangrove kritis yang paling banyak, sehingga pemerintah perlu memfokuskan program dan kegiatan restorasi mangrove pada daerah-daerah tersebut.

Dari hasil pemetaan mangrove oleh KLHK tahun 2019, diperoleh data bahwa kawasan kritis yang memerlukan rehabilitasi/restorasi yaitu sebesar 637.524 ha. Dari total luasan mangrove yang kritis tersebut sebanyak 460.211 ha berada dalam kawasan hutan, dan 117.413 ha berada di luar kawasan hutan. Implementasi program restorasi areal mangrove kritis pada kawasan hutan dipercayakan kepada KLHK, sedangkan implementasi program restorasi daerah mangrove kritis di luar kawasan hutan dilaksanakan oleh KKP. Dari informasi ini, terlihat juga bahwa terdapat banyak kesimpangsiuran informasi dari pelaksana program sendiri serta para pihak yang peduli dengan ekosistem penting ini, terutama mengenai data luasan mangrove yang memang masuk dalam program besar 600.000 ha tersebut. Tentunya diperlukan penyamaan informasi dan penyamaan persepsi pihak-pihak yang

terlibat dalam program besar ini karena minimal data luasan lahan yang masuk dalam program sangat menentukan besaran dana yang diperlukan, termasuk perencanaan teknis pelaksanaan pekerjaan. Rehabilitasi/restorasi ekosistem laut termasuk mangrove membutuhkan biaya besar serta padat karya, dana yang diperlukan dapat mencapai miliaran rupiah per hektare (Bayraktarov et al., 2016), sehingga semakin besar skala proyek maka akan memerlukan dukungan institusi dan finansial yang semakin besar (Eger et al., 2020).

Biaya rehabilitasi/restorasi mangrove pernah dilaporkan pada tahun 2001 sebesar 1,5 – 3 juta/ha jika hanya berupa proyek penanaman mangrove saja, namun tingkat keberhasilan proyek sangat rendah, dan jika pun ada yang berhasil namun karena penanaman dilakukan pada daerah padang lamun, maka keberhasilan ini justru mematikan ekosistem produktif lainnya yaitu padang lamun. Jadi proyek rehabilitasi/restorasi mangrove yang sudah berhasil baik dari segi tutupan yang meningkat dan pengembalian fungsi ekologi, membutuhkan biaya dengan range yang besar yaitu mulai dari Rp 3 juta/ha sampai dengan Rp 3 miliar/ha (Lewis III, 2001). Sebagai pembandingan, biaya rehabilitasi/restorasi mangrove seluas 1.411 ha di 11 provinsi di Indonesia yang telah dilakukan oleh Kementerian Kelautan dan Perikanan pada tahun 2021 adalah sebesar Rp 25.223.593.493 (atau lebih dari 25 miliar), sudah termasuk gaji 3.860 pekerja selama 64 hari kerja sebesar Rp 6.621.309.500. Menurut Susilo et al. (2017), program rehabilitasi/restorasi mangrove di Indonesia sesungguhnya sangat murah jika melibatkan masyarakat lokal karena tingkat gaji mereka sangat rendah, yaitu hanya sebesar Rp 400 ribu/bulan/orang. Hal ini dapat menekan biaya restorasi mangrove terutama pada negara-negara berkembang seperti Indonesia.

4.3 Tantangan ekologis

Lee et al. (2019) menegaskan pula bahwa pemilihan jenis, lokasi, dan peruntukan yang salah telah menyebabkan banyaknya program rehabilitasi/restorasi mangrove yang gagal padahal sudah menghabiskan anggaran yang sangat besar, dimana hal ini terutama disebabkan oleh kegagalan pengelola program dalam menyelesaikan konflik sosial di lapangan sehubungan dengan permasalahan penggunaan dan kepemilikan lahan, sehingga mengambil jalan pintas untuk menanami kawasan yang tidak ada konflik di dalamnya, namun di sisi lain kawasan tersebut secara ekologi tidak sesuai untuk pertumbuhan mangrove. Oleh karena itu, ukuran kinerja keberhasilan suatu program rehabilitasi/restorasi mangrove harus mencakup indikator keberlanjutan aspek sosial-ekonomi masyarakat, bukan hanya jumlah propagule mangrove yang tertanam atau luasan areal yang telah ditanami (Lovelock and Brown, 2019).

Kegagalan atau keberhasilan restorasi mangrove di daerah lain juga dapat menjadi bahan pembelajaran untuk mempersiapkan program rehabilitasi/restorasi mangrove di Indonesia, contoh program penanaman mangrove di Sri Lanka dari 23 proyek dengan luas total penanaman 1.000 – 1.200 ha, namun hanya 200 – 220 ha yang berhasil ditumbuhi mangrove (kurang lebih 18%). Rendahnya keberhasilan penanaman mangrove ini disebabkan oleh pemilihan lokasi penanaman yang kurang tepat dari segi aspek topografi dan hidrologi yang kurang mendukung pertumbuhan mangrove. Lebih lanjut diuraikan faktor kegagalan program penanaman mangrove tersebut karena perencanaan yang kurang matang, tidak adanya petunjuk teknis penanaman, pemilihan spesies mangrove yang dominan hanya satu spesies (97% *Rhizophora sp.*), pemilihan spesies yang tidak sesuai dengan kondisi hidrologi lokal dan kadar garam lokasi penanaman, pemilihan lokasi penanaman yang terlalu kering, tidak adanya pemeliharaan pasca-penanaman, dan kurangnya koordinasi antara lembaga pelaksana program dengan pemerintah daerah dan masyarakat lokal (Kodikara et al. 2017). Permasalahan yang sama juga dialami oleh berbagai proyek rehabilitasi/restorasi mangrove di Indonesia (Brown, 2017).

Klasifikasi kondisi hidrologi adalah hal yang penting dipertimbangkan dalam perencanaan rehabilitasi/restorasi mangrove, dimana akan memberikan petunjuk bagaimana memulihkan kondisi hidrologi yang sesuai untuk regenerasi alami mangrove, atau memberikan informasi dalam pemilihan spesies

mangrove yang sesuai untuk ditanam pada kondisi hidrologi tertentu (van Loon et al., 2016). Dalam paper ini juga diberikan contoh kegagalan program penanaman mangrove di Mahakam, Indonesia, karena pemilihan spesies mangrove yang kurang tepat dengan kondisi hidrologi daerah penanaman, dimana *Rhizophora sp.* ditanam pada lahan yang terlalu basah. Selanjutnya Qu et al. (2019) menyarankan untuk terlebih dahulu melakukan identifikasi daerah potensial yang akan direstorasi dengan mempelajari sejarah keberadaan biodiversitas mangrove yang tinggi karena daerah yang sebelumnya ditumbuhi oleh berbagai jenis mangrove merupakan indikasi yang baik untuk berhasilnya kegiatan restorasi yang akan dilakukan di daerah tersebut. Hal ini dapat dilakukan dengan menelusuri distribusi mangrove dari peta menggunakan teknologi penginderaan jauh dan *Geographical Information System (GIS)*. Selain pemilihan lokasi yang sesuai, metode restorasi mangrove juga perlu dikembangkan dari yang selama ini didominasi oleh kegiatan penanaman mangrove saja, menjadi restorasi mangrove secara ekologi yaitu dengan lebih berfokus kepada restorasi habitat mangrove itu sendiri yang nantinya akan memfasilitasi pertumbuhan mangrove secara alami, dan dengan metode kombinasi restorasi habitat mangrove dan penanaman (van Bijsterveldt et al., 2022). Tentunya pemilihan metode restorasi ini disesuaikan dengan kondisi lokasi rehabilitasi/restorasi. Dari segi peraturan, pemerintah juga sudah menentukan tatacara mengenai pelaksanaan rehabilitasi/restorasi hutan dan lahan yang ditetapkan melalui Permen LHK No. 23/2021 yang mencakup ketentuan pemilihan jenis, serta teknis penilaian keberhasilan tumbuh tanaman, teknis pelaksanaan prekondisi untuk meminimalisasi kegagalan.

5 Rekomendasi

Setelah melakukan sintesis dan merangkum informasi dari berbagai referensi khususnya terkait dengan program besar pemerintah Indonesia merehabilitasi 600.000 ha mangrove - yang mengalami degradasi atau dilaporkan berada dalam kondisi kritis, sampai tahun 2024, berikut beberapa rekomendasi:

- **MRV.** Perlu membangun sistem MRV yang handal dan transparan untuk meningkatkan kredibilitas dan akuntabilitas program rehabilitasi/restorasi mangrove. Sistem ini secara terus menerus diaktifkan agar kesuksesan rehabilitasi/restorasi mangrove dari segi luas penanaman pada saat rehabilitasi/restorasi dapat diikuti dengan kesuksesan vegetasi mangrove bertahan (*survive*) di habitatnya. Jangka waktu pemantauan selama 5 tahun dapat diusulkan mengingat tingginya risiko biofisik dan risiko lainnya terkait dengan keberhasilan pertumbuhan vegetasi hasil rehabilitasi/restorasi.
- **HOK.** Penyertaan Masyarakat yang dikuantifikasi dengan hari orang kerja (HOK) perlu dimasukkan dalam sistem MRV. Dengan demikian sasaran penyertaan masyarakat dapat dipantau dan dilaporkan secara transparan. HOK dapat pula diartikan sebagai tambahan pendapatan dalam rangka membangkitkan ekonomi masyarakat lokal, khususnya masyarakat pesisir dan nelayan yang terkena dampak negatif dari mangrove yang terdegradasi dan dampak positif ketika ekosistem mangrove direhabilitasi/direstorasi.
- **Biodiversitas.** Dalam pelaksanaan program rehabilitasi/restorasi mangrove diperlukan studi kelayakan di setiap lokasi yang akan direhabilitasi/direstorasi. Studi ini menyangkut kecocokan (*suitability*) lokasi dan jenis yang akan ditanam, metode rehabilitasi/restorasi yang akan digunakan yang mempertimbangkan risiko alam dan tingkat keberhasilan bertahan (*survival rate*), keberagaman jenis untuk menjaga biodiversitas kawasan yang direhabilitasi/direstorasi, dan melibatkan pemerintah dan masyarakat setempat.
- **Sains.** Dukungan ilmu pengetahuan sangat diperlukan untuk memberi saran dan pertimbangan restorasi/rehabilitasi skala besar ini. Temuan dan kajian ilmu terbaru perlu diakomodasikan untuk diuji dan diterapkan sesuai dengan kaidah ilmiah. Sains yang dimaksud meliputi aspek biofisik, sosial/antropologi, budaya dan ekonomi.
- **Konservasi.** Mangrove yang masih utuh dan berada dalam kawasan konservasi perlu mendapat perhatian yang seimbang mengingat tingginya cadangan karbon pada ekosistem tersebut serta tantangan yang dihadapi program rehabilitasi untuk mencapai kondisi ekosistem seperti itu.



Foto oleh Kate Evans/CIFOR

6 Penutup

Dalam rangka mendukung pelaksanaan tugas pokok dan fungsi Kementerian/Lembaga serta memperkuat kolaborasinya dalam pengelolaan kawasan pesisir dan ekosistem mangrove, perlu dilakukan sinkronisasi dan harmonisasi program/kegiatan dan anggaran sehingga pencapaian target akan lebih efektif, efisien, kredibel, dan akuntabel. Secara spesifik, lembaga pemerintah yang memiliki kapasitas mengkoordinasikan (Kemenkomarves) dan memberi arahan strategis (Bappenas) perlu mengawal lembaga-lembaga pelaksana, dimana program dirancang dan dana dialokasikan (KLHK, BRGM, dan KKP).

Pendanaan APBN dan non-APBN (bilateral, multilateral) yang merupakan ranah Kemenkeu serta dana masyarakat pelaku bisnis perlu diramu (*blended*) untuk kepentingan yang lebih besar, misalnya mitigasi perubahan iklim yang bukan hanya merupakan agenda nasional seperti LCD dan NDC, tetapi juga agenda global, termasuk SDG.

Mitigasi perubahan iklim melalui ekosistem mangrove karbon biru di kawasan pesisir memiliki potensi besar dalam membawa kepemimpinan Indonesia di kancah global.



Foto oleh Mokhamad Edliadi/CIFOR

Daftar Pustaka

- Alongi, D. M. (2002). Present state and future of the world's mangrove forests. *Environmental Conservation*, 29(3), 331-349. <https://doi.org/10.1017/S0376892902000231>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2007.08.024>
- Alongi, D. M. (2014). Carbon cycling and storage in mangrove forests. *Annual Review of Marine Science*, 6, 195-219. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010213-135020>
- Alongi, D. M., Murdiyarso, D., Fourqurean, J. W., Kauffman, J. B., Hutahaean, A., Crooks, S., ... & Wagey, T. (2016). Indonesia's blue carbon: a globally significant and vulnerable sink for seagrass and mangrove carbon. *Wetlands Ecology and Management*, 24(1), 3-13. <https://doi.org/10.1007/s11273-015-9446-y>
- Arifanti, V. B., Kauffman, J. B., Hadriyanto, D., Murdiyarso, D., & Diana, R. (2019). Carbon dynamics and land use carbon footprints in mangrove-converted aquaculture: The case of the Mahakam Delta, Indonesia. *Forest Ecology and Management*, 432, 17-29. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.08.047>
- Armitage, D. (2002). Socio-institutional dynamics and the political ecology of mangrove forest conservation in Central Sulawesi, Indonesia. *Global Environmental Change*, 12(3), 203-217. [https://doi.org/10.1016/S0959-3780\(02\)00023-7](https://doi.org/10.1016/S0959-3780(02)00023-7)
- Bappenas, (2020). 7 Proyek Implementasi Pembangunan Rendah Karbon Indonesia. Sekretariat Pembangunan Rendah Karbon Indonesia, Kementerian Perencanaan dan Pembangunan Nasional, Jakarta.
- Bayraktarov, E., Saunders, M. I., Abdullah, S., Mills, M., Beher, J., Possingham, H. P., Mumby, P.J., Lovelock, K.E. (2016). The cost and feasibility of marine coastal restoration. *Ecological Application*, 26, 1055–1074. doi: 10.1890/15-1077
- Biswas, S.R., Mallik, A.U., Choudhury, J.K. et al.(2009). A unified framework for the restoration of Southeast Asian mangroves—bridging ecology, society and economics. *Wetlands Ecology and Management*, 17:365-383. <https://doi.org/10.1007/s11273-008-9113-7>.
- Boden, T.A., Marland, G., & Andres, R.J. (2017). Global, Regional, and National Fossil-Fuel CO₂Emissions. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. doi: 10.3334/CDIAC/00001_V2017.
- BRGM. (2021). Laporan Kinerja 2021: Kelestarian Gambut dan Mangrove untuk Kesejahteraan Masyarakat. BRGM, Jakarta.
- Brown, B. (2017). "Ecological rehabilitation of mangrove ecosystems." In *Routledge Handbook of Ecological and Environmental Restoration*, edited by SK Allison and SD Murphy, 295-310. Taylor and Francis.
- Cadier, C., Bayraktarov, E., Piccolo, R., Adame, MF.(2020). Indicators of coastal wetlands restoration success: A systematic review. *Frontiers in Marine Science*, 7:600220. doi: 10.3389/fmars.2020.600220.
- Cameron, C., Hutley, L. B., & Friess, D. A. (2019a). Estimating the full greenhouse gas emissions offset potential and profile between rehabilitating and established mangroves. *Science of the Total Environment*, 665, 419-431. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.104>
- Cameron, C., Hutley, L. B., Friess, D. A., & Brown, B. (2019b). High greenhouse gas emissions mitigation benefits from mangrove rehabilitation in Sulawesi, Indonesia. *Ecosystem Services*, 40, 101035. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2019.101035>
- Choong, E. T., Wirakusumah, R. S., & Achmadi, S. S. (1990). Mangrove forest resources in Indonesia. *Forest Ecology and Management*, 33, 45-57.

- Cragg, S. M., Friess, D. A., Gillis, L. G., Trevathan-Tackett, S. M., Terrett, O. M., Watts, J. E., ... & Dupree, P. (2020). Vascular plants are globally significant contributors to marine carbon fluxes and sinks. *Annual Review of Marine Science*, 12, 469-497. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010318-095333>
- Debrot, A. O., Plas, A., Boesono, H., Prihantoko, K., Baptist, M. J., Murk, A. J., & Tonneijck, F. H. (2022). Early increases in artisanal shore-based fisheries in a Nature-based Solutions mangrove rehabilitation project on the north coast of Java. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 267, 107761. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2022.107761>
- Eger, A.M., Vergés, A., Choi, C.G., Christie, H., Coleman, M.A., Fagerli, C.W., Fujita, D., Hasegawa, M., Kim, J.H., Mayer-Pinto, M., Reed, D.C., Steinberg, P.D. & Marzinelli, E.M. (2020). Financial and institutional support are important for large-scale kelp forest restoration. *Frontiers in Marine Science*, 7: 535277. doi: 10.3389/fmars.2020.535277
- FAO, (2007). The World's Mangroves 1980-2005. FAO Forestry Paper. Rome, Italy, p.153.
- Febriano, I. G., Suhardjito, D., Darusman, D., Kusmana, C., & Hidayat, A. (2015). Aktor dan Relasi Kekuasaan dalam Pengelolaan Mangrove. *Jurnal Analisis Kebijakan Kehutanan*, 12(2), 125-142. DOI: 10.20886/jakk.2015.12.2.125-142
- Giri, C., Ochieng, E., Tieszen, L. L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T., Masek, J. & Duke, N. (2011). Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, 20(1), 154-159. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00584.x>
- Goldberg, L., Lagomasino, D., Thomas, N., & Fatoyinbo, T. (2020). Global declines in human-driven mangrove loss. *Global Change Biology*, 26(10), 5844-5855. <https://doi.org/10.1111/gcb.15275>
- Ilman, M., Dargusch, P., & Dart, P. (2016). A historical analysis of the drivers of loss and degradation of Indonesia's mangroves. *Land Use Policy*, 54, 448-459. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.03.010>
- IPCC, (2014). Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- IPCC, (2018). An IPCC Special Report: Global Warming of 1.5°C. Summary for Policymaker. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp.
- Kelleway, J. J., Serrano, O., Baldock, J. A., Burgess, R., Cannard, T., Lavery, P. S., ... & Steven, A. D. (2020). A national approach to greenhouse gas abatement through blue carbon management. *Global Environmental Change*, 63, 102083. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2020.102083>
- KLHK, (2019). Peta Mangrove Nasional Tahun 2019. Direktorat Jenderal Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Hutan Lindung (Ditjen PDASHL), Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) Republik Indonesia. Jakarta.
- KLHK, (2021). Peta Mangrove Nasional Tahun 2021. Direktorat Jenderal Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan Rehabilitasi Hutan (Ditjen PDASRH), Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) Republik Indonesia. Jakarta.
- Kodikara, K. A. S., Mukherjee, N., Jayatissa, L. P., Dahdouh-Guebas, F., & Koedam, N. (2017). Have mangrove restoration projects worked? An in-depth study in Sri Lanka. *Restoration Ecology*, 25(5), 705-716. <https://doi.org/10.1111/rec.12492>
- Kurniawan, R., & Managi, S. (2018). Coal consumption, urbanization, and trade openness linkage in Indonesia. *Energy Policy*, 121, 576-583. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2018.07.023>
- Kusmana, C. (2014). Distribution and current status of mangrove forests in Indonesia. In: Faridah-Hanum, I., Latiff, A., Hakeem, K.R., Ozturk, M. (eds). *Mangrove ecosystems of Asia* (pp. 37-60). Springer, New York, NY.
- Kusumaningtyas, M. A., Kepel, T. L., Solihuddin, T., Lubis, A. A., Putra, A. D. P., Sugiharto, U., ... & Rustam, A. (2022). Carbon sequestration potential in the rehabilitated mangroves in Indonesia. *Ecological Research*, 37(1), 80-91. <https://doi.org/10.1111/1440-1703.12279>
- Lee, S.Y., Hamilton, S., Barbier, E.B. et al. (2019). Better restoration policies are needed to conserve mangrove ecosystems. *Nature Ecology & Evolution* 3, 870-872. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-0861-y>

- Lewis III, R. R. (2001). Mangrove restoration-costs and benefits of successful ecological restoration. In *Proceedings of the Mangrove Valuation Workshop, Universiti Sains Malaysia, Penang* (Vol. 4, No. 8).
- Lovelock, C.E., Brown, B.M. (2019). Land tenure considerations are key to successful mangrove restoration. *Nature Ecology & Evolution* 3, 1135. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-0942-y>
- Macreadie, P. I., Anton, A., Raven, J. A., Beaumont, N., Connolly, R. M., Friess, D. A., ... & Duarte, C. M. (2019). The future of blue carbon science. *Nature Communications*, 10(1), 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11693-w>
- Murdiyarso, D., Sukara, E., Supriatna, J., Koropitan, A., Mumbunan, S., Juliandi, B., & Jompa, J. (2018). Creating blue carbon opportunities in the maritime archipelago Indonesia. *Policy Brief* 3. DOI: 10.17528/cifor/007058.
- Murdiyarso, D., Purbopuspito, J., Kauffman, J. B., Warren, M. W., Sasmito, S. D., Donato, D. C., ... & Kurnianto, S. (2015). The potential of Indonesian mangrove forests for global climate change mitigation. *Nature Climate Change*, 5(12), 1089-1092. <https://doi.org/10.1038/nclimate2734>
- Palacios, M.L., & Cantera, J.R. (2017). Mangrove timber use as an ecosystem service in the Colombian Pacific. *Hydrobiologia* 803, 345–358. <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3309-x>
- Pendleton, L., Donato, D. C., Murray, B. C., Crooks, S., Jenkins, W. A., Sifleet, S.,... & Baldera, (2012). Estimating global “blue carbon” emissions from conversion and degradation of vegetated coastal ecosystems. *Plos One* 7(9): e43542. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043542>
- Prastiyo, S.E., Irham, Hardyastuti, S., Jamhari. (2020). How agriculture, manufacture, and urbanization induced carbon emission? The case of Indonesia. *Environmental Science and Pollution Research* 27: 42092–42103. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10148-w>
- Qu, Y., Sun, G., Luo, C., Zeng, X., Zhang, H., Murray, N. J., & Xu, N. (2019). Identifying restoration priorities for wetlands based on historical distributions of biodiversity features and restoration suitability. *Journal of Environmental Management*, 231, 1222-1231. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.10.057>
- Republic of Indonesia, (2016). First Nationally Determined Contribution. Government of Indonesia, Jakarta.
- Republic of Indonesia, (2021). Updated Nationally Determined Contribution. Government of Indonesia, Jakarta.
- Rizal, A., Sahidin, A., & Herawati, H. (2018). Economic value estimation of mangrove ecosystems in Indonesia. *Biodiversity International Journal*, 2(1), 98-100.
- Sadeer, N.B., Zengin, G., & Mahomoodally, M.F. (2022). Biotechnological applications of mangrove plants and their isolated compounds in medicine-a mechanistic overview, *Critical Reviews in Biotechnology*, doi: 10.1080/07388551.2022.2033682
- Sidik, F., Supriyanto, B., Krisnawati, H., & Muttaqin, M. Z. (2018). Mangrove conservation for climate change mitigation in Indonesia. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 9(5), e529. <https://doi.org/10.1002/wcc.529>
- Spalding, M. D., Ruffo, S., Lacambra, C., Meliane, I., Hale, L. Z., Shepard, C. C., & Beck, M. W. (2014). The role of ecosystems in coastal protection: Adapting to climate change and coastal hazards. *Ocean & Coastal Management*, 90, 50-57. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2013.09.007>
- Susilo, H., Takahashi, Y., & Yabe, M. (2017). The opportunity cost of labor for valuing mangrove restoration in Mahakam Delta, Indonesia. *Sustainability*, 9(12), 2169. <https://doi.org/10.3390/su9122169>
- Takagi, H. (2019). “Adapted mangrove on hybrid platform”—coupling of ecological and engineering principles against coastal hazards. *Results in Engineering*, 4, 100067. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2019.100067>
- Thomas, N., Lucas, R., Bunting, P., Hardy, A., Rosenqvist, A., & Simard, M. (2017). Distribution and drivers of global mangrove forest change, 1996–2010. *Plos One*, 12(6), e0179302. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0179302>
- Uddin, M. S., van Steveninck, E. D. R., Stuij, M., & Shah, M. A. R. (2013). Economic valuation of provisioning and cultural services of a protected mangrove ecosystem: A case study on Sundarbans Reserve Forest, Bangladesh. *Ecosystem Services*, 5, 88-93.

- Valiela, I., Bowen, J. L., & York, J. K. (2001). Mangrove Forests: One of the World's Threatened Major Tropical Environments: At least 35% of the area of mangrove forests has been lost in the past two decades, losses that exceed those for tropical rain forests and coral reefs, two other well-known threatened environments. *Bioscience*, 51(10), 807-815. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0807:MFOOTW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0807:MFOOTW]2.0.CO;2)
- Van Bijsterveldt, C. E., Debrot, A. O., Bouma, T. J., Maulana, M. B., Pribadi, R., Schop, J., ... & van Wesenbeeck, B. K. (2022). To plant or not to plant: When can planting facilitate mangrove restoration?. *Frontiers in Environmental Science*, 9:690011. doi: 10.3389/fenvs.2021.690011
- Van Loon AF, Te Brake B, Van Huijgevoort MHJ, Dijkma R (2016) Hydrological Classification, a Practical Tool for Mangrove Restoration. *Plos One* 11(3): e0150302. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150302>
- Wortley, L., Hero, Jean-Marc., & Howes, M., (2013). Evaluating ecological restoration success: A review of the literature. *Restoration Ecology*, 21(5), 537–543. doi:10.1111/rec.12028

DOI: 10.17528/cifor-icraf/008791

Working Papers CIFOR-ICRAF berisi hasil penelitian tahap awal atau lanjut, yang merupakan isu penting terkait hutan tropis, dan perlu dipublikasikan pada waktu yang tepat. Makalah tersebut dibuat untuk menginformasikan sekaligus mendorong dilakukannya pembahasan. Isinya telah ditinjau secara internal, tetapi belum melewati proses tinjauan sesama rekan dari luar yang memakan waktu lebih lama.

Rehabilitasi/restorasi kawasan pesisir yang melibatkan ekosistem mangrove untuk mitigasi perubahan iklim merupakan perjalanan panjang yang penuh risiko. Upaya ini memerlukan tatakelola dan kebijakan yang kuat dan menyeluruh yang melibatkan pemangku kepentingan dari tingkat nasional sampai sub-nasional.

Kompleksitas kelembagaan dapat menjadi kendala birokrasi yang menghambat alur informasi dan pendanaan. Rehabilitasi/restorasi kawasan pesisir dan mangrove di dalam maupun di luar kawasan, khususnya yang terkait dengan tambak dan tanah timbul merupakan tantangan baru yang akan dihadapi dalam implementasi program ini. Karena itu perlu disederhanakan dengan mengedepankan akuntabilitas dan kredibilitas pihak yang terkait.

Mangrove blue carbon memiliki potensi yang besar dalam upaya mitigasi perubahan iklim karena ekosistem ini memiliki cadangan karbon (carbon stocks) 3-5 kali lebih besar dari cadangan karbon hutan tropis yang dilindungi. Namun demikian tersimpannya karbon dalam jumlah yang besar ini merupakan proses yang kompleks dan panjang. Oleh karena itu mitigasi emisi harus lebih difokuskan pada konservasi hutan mangrove yang masih utuh. Upaya ini memiliki *benefit-cost ratio* nya yang tinggi dan jaminan mencapai tujuan penurunan emisi yang lebih baik. Selain itu, konservasi mangrove dapat membangkitkan kegiatan ekonomi yang berorientasi pada pemanfaatan jasa lingkungan yang diberikan mangrove.



cifor-icraf.org

cifor.org | worldagroforestry.org

CIFOR-ICRAF

Pusat Penelitian Kehutanan Internasional (CIFOR) dan Pusat Penelitian Agroforestri Dunia (ICRAF) mendambakan dunia yang lebih lestari dengan berbagai jenis pohon tumbuh di hampir semua jenis bentang alam, mulai dari lahan kering hingga daerah tropis yang lembab untuk menopang lingkungan hidup dan kesejahteraan bagi semua. CIFOR-ICRAF merupakan salah satu Pusat Penelitian di bawah organisasi CGIAR.

