

Sosialisasi dan Edukasi Governansi Karbon Biru Berbasis Mangrove untuk Penguatan Mitigasi Iklim di Kabupaten Bintan

Nur Ilmiah Rivai¹, Alfiandri Alfiandri², Imam Yudhi Prastya³

Magister Administrasi Publik, Pascasarjana, Universitas Maritim Raja Ali Haji¹

Program Studi Ilmu Administrasi Negara, Universitas Maritim Raja Ali Haji^{2,3}

Email Korespondensi: lamidi@umrah.ac.id

Abstrak

Mangrove memiliki peranan strategis dalam penyimpanan karbon biru dan perlindungan wilayah pesisir, tetapi pemanfaatannya sebagai instrumen mitigasi iklim membutuhkan pemahaman kebijakan serta koordinasi antaraktor. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan menyosialisasikan konsep karbon biru dan mengedukasi pemangku kepentingan mengenai governansi kolaboratif berbasis mangrove di Kabupaten Bintan. Kegiatan didokumentasikan sebagai diskusi kelompok terarah di lingkungan DPMPSTP Kabupaten Bintan pada 2026. Pendekatan yang digunakan ialah edukatif-partisipatif dengan paparan materi, diskusi tematik, dan penelaahan dokumen kegiatan. Bahan analisis mencakup dua presentasi mengenai potensi karbon mangrove, kebijakan mitigasi iklim, kelembagaan kolaboratif, serta dokumentasi foto pelaksanaan. Hasil yang dapat diverifikasi ialah terselenggaranya forum edukasi dan tersedianya substansi pembelajaran yang menghubungkan data karbon lokal, pembagian peran kelembagaan, perlindungan ekosistem, serta kebutuhan pemantauan dan evaluasi. Sintesis pembahasan menghasilkan usulan tindak lanjut berupa pemetaan aktor, penguatan basis data, penyusunan agenda kolaborasi, pelibatan masyarakat pesisir, dan pengembangan indikator pengelolaan. Bukti yang tersedia belum memungkinkan pengukuran peningkatan pengetahuan, perubahan perilaku, ataupun dampak penurunan emisi. Kegiatan ini menunjukkan relevansi forum sosialisasi sebagai tahap awal membangun bahasa kebijakan bersama mengenai karbon biru, dengan kebutuhan evaluasi terukur dan pendampingan lanjutan.

Catatan Artikel

Dikirim: 28 Mei 2026

Direvisi: 10 Juni 2026

Diterima: 30 Juni 2026

Kata Kunci

Karbon Biru, Mangrove, Governansi Kolaboratif, Sosialisasi, Mitigasi iklim

 <https://doi.org/10.69812/jpn.v3i2.272>

Artikel akses terbuka di bawah [CC-BY-SA License](#).



Pendahuluan

Mangrove merupakan ekosistem pesisir yang menghubungkan proses ekologis daratan dan perairan serta menyediakan berbagai jasa lingkungan, mulai dari perlindungan garis pantai, habitat biota, penyediaan sumber penghidupan, hingga penyimpanan karbon. Dalam konteks perubahan iklim, kemampuan menyimpan karbon pada biomassa dan sedimen menjadikan mangrove salah satu ekosistem utama karbon biru. Persediaan karbon tersebut terbentuk melalui proses ekologis jangka panjang; karena itu, perlindungan tegakan dan kondisi tanah sama pentingnya dengan penanaman kembali pada lokasi yang terdegradasi. Hilangnya kawasan mangrove dapat mengurangi cadangan karbon sekaligus mengganggu fungsi ekologis bagi masyarakat pesisir (Alongi, 2020; Hamilton & Friess, 2018; Friess et al., 2019).

Pengelolaan mangrove tidak hanya menyangkut persoalan ekologi, tetapi juga berkaitan dengan tata ruang, perizinan, kewenangan kelembagaan, ekonomi masyarakat, dan penegakan aturan. Fragmentasi tutupan mangrove serta berbagai bentuk tekanan pembangunan menunjukkan bahwa tindakan konservasi membutuhkan kerja sama lintas sektor. Pendekatan yang hanya bertumpu pada rehabilitasi fisik berisiko mengabaikan penyebab kerusakan dan keberlanjutan pemeliharaan. Penelitian terdahulu menekankan pentingnya desain kebijakan yang mempertimbangkan kondisi tapak,

perlindungan kawasan yang masih utuh, dan proses pengelolaan yang melibatkan masyarakat secara bermakna (Bryan-Brown et al., 2020; Goldberg et al., 2020; Lee et al., 2019; Lovelock et al., 2024).

Kabupaten Bintan di Provinsi Kepulauan Riau menjadi wilayah yang relevan untuk penguatan edukasi karbon biru karena memiliki kawasan mangrove dengan fungsi lingkungan dan pemanfaatan pesisir yang beragam. Kajian di Desa Pengudang, Kecamatan Teluk Sebong, melaporkan biomassa mangrove sebesar 498,77 ton/ha dan stok karbon 1.203,27 ton C/ha berdasarkan pengukuran pada lokasi dan rancangan penelitian tertentu. Kajian lain di Muara Sungai Kawal mencatat stok karbon total pada empat stasiun berkisar 289,24–645,82 ton C/ha dengan rerata 424,94 ton C/ha; karbon organik sedimen merupakan komponen terbesar pada lokasi tersebut. Perbedaan angka tidak dapat dibaca sebagai perbandingan mutu pengelolaan secara langsung karena lokasi, intensitas gangguan, dan pendekatan pengukuran tidak identik (Alviana et al., 2023; Zulfikar et al., 2026).

Data biofisik tersebut perlu diterjemahkan menjadi pemahaman yang dapat digunakan dalam proses pengambilan keputusan daerah. Besarnya stok karbon pada satu petak tidak serta-merta berarti tersedianya kredit karbon yang dapat diperdagangkan. Pemanfaatan nilai ekonomi karbon memerlukan dasar hukum, kejelasan penguasaan dan hak atas manfaat, batas proyek, data dasar yang dapat diaudit, perhitungan tambahan manfaat, pengendalian risiko kebocoran, serta sistem pengukuran, pelaporan, dan verifikasi. Karena itu, komunikasi publik harus membedakan cadangan karbon eksisting, kemampuan serapan, potensi pengurangan emisi, dan nilai ekonomi karbon agar tidak menimbulkan ekspektasi yang keliru (Taillardat et al., 2018; Wylie et al., 2016).

Pada tingkat nasional, landasan kebijakan iklim Indonesia dalam lintasan historis berkembang melalui Peraturan Presiden Nomor 98 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan nilai ekonomi karbon dan Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2025 tentang perlindungan dan pengelolaan ekosistem mangrove. Indonesia juga menyerahkan dokumen Second Nationally Determined Contribution pada 2025 sebagai pembaruan komitmen iklimnya. Namun, keberadaan regulasi tidak otomatis menghadirkan keseragaman pemahaman di tingkat lokal. Pelaku kebijakan perlu menafsirkan hubungan antara konservasi, pemanfaatan ruang, hak masyarakat, pembiayaan, dan akuntabilitas dalam satu kerangka kerja yang dapat dilaksanakan (Republik Indonesia, 2021, 2025; United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC], 2025).

Literatur governansi mangrove menggarisbawahi kebutuhan akan aturan yang jelas, keterbukaan informasi, keadilan distribusi manfaat, dan integrasi keputusan antaraktor. Telaah atas berbagai kasus menunjukkan bahwa legitimasi, keadilan, dan koordinasi merupakan prinsip penting bagi konservasi yang berkelanjutan. Sementara itu, penekanan berlebihan pada karbon sebagai komoditas dapat mengabaikan kepentingan serta akses masyarakat pesisir terhadap sumber daya. Oleh sebab itu, diskusi tentang karbon biru harus meletakkan manfaat ekologis dan sosial secara beriringan dengan sasaran mitigasi iklim (Golebie et al., 2022; Song et al., 2021).

Kegiatan pengabdian ini diarahkan untuk menyosialisasikan signifikansi karbon biru dan membangun kerangka pemahaman awal mengenai penguatan governansi kolaboratif berbasis mangrove di Kabupaten Bintan. Kontribusi praktisnya terletak pada penyusunan bahan edukasi yang mengaitkan bukti karbon lokal dengan regulasi serta agenda koordinasi lintas pihak. Artikel ini mendeskripsikan bentuk kegiatan yang terdokumentasi, substansi edukasi yang tersedia, dan rekomendasi tindak lanjut yang diturunkan dari materi. Artikel tidak mengklaim terjadinya peningkatan pengetahuan atau perubahan perilaku karena tidak tersedia data pengukuran sebelum dan sesudah kegiatan.

Metode Pengabdian

Pengabdian dilaksanakan melalui kegiatan sosialisasi dan edukasi yang dikemas dalam Focus Group Discussion (FGD) bertema “Governansi Karbon Biru: Kebijakan Mitigasi Iklim Berbasis Mangrove di Kepulauan Riau (Studi di Kabupaten Bintan)”. Foto kegiatan dan spanduk menunjukkan pelaksanaan pada skema Penelitian Internasional FISIP UMRH Tahun 2026 dengan tempat yang tertulis sebagai DPMPSTP Kabupaten Bintan. Dokumentasi memperlihatkan forum bersama sejumlah orang dari unsur

yang berbeda, tetapi foto tidak dapat dijadikan dasar untuk menetapkan identitas, jumlah resmi, atau komposisi kelembagaan peserta. Hari pelaksanaan, daftar hadir, dan notula tidak tersedia dalam bahan yang diserahkan.

Pendekatan pengabdian bersifat edukatif-partisipatif, sedangkan penyusunan artikel menggunakan deskripsi analitis atas bukti yang dapat diverifikasi. Sumber primer dokumenter berupa satu foto kegiatan; sumber materi berupa dua berkas presentasi berjudul “Governansi Karbon Biru: Kebijakan Mitigasi Iklim Berbasis Mangrove di Kepulauan Riau (Studi di Kabupaten Bintan)” dan “Tata Kelola Kolaboratif dalam Penguatan Kebijakan Karbon Biru Berbasis Mangrove”. Materi tersebut memuat paparan kebijakan, sintesis kajian ilmiah, skema aktor, dan alternatif strategi. Untuk menjaga ketepatan interpretasi, angka biofisik dihubungkan kembali dengan publikasi akademik yang relevan.

Tahapan pengabdian direkonstruksi dari perangkat kegiatan yang tersedia, yakni penyusunan materi edukasi berbasis studi ilmiah dan kebijakan; penyampaian atau pemanfaatan materi dalam forum FGD; pembahasan tema konservasi mangrove dan governansi lintas aktor; serta perumusan agenda tindak lanjut yang bersifat usulan. Uraian tahapan tersebut menggambarkan desain substansi kegiatan, bukan kronologi rinci setiap sesi. Bukti tentang bentuk respons individual, pernyataan peserta, hasil kesepakatan, dan penugasan formal tidak tersedia sehingga tidak disajikan sebagai temuan lapangan.

Analisis dilakukan melalui pengkodean isi presentasi ke dalam empat kelompok tema: pemahaman ekologi dan stok karbon mangrove Bintan; kebijakan dan instrumen mitigasi iklim; pengaturan kewenangan serta kerja sama kelembagaan; dan langkah tindak lanjut berupa data dasar, pelibatan masyarakat, serta pemantauan. Foto digunakan semata-mata untuk memverifikasi keberadaan forum dan konteks penyelenggaraannya. Literatur digunakan sebagai pembanding konseptual, bukan sebagai pengganti data evaluasi peserta. Indikator keluaran yang dapat dilaporkan secara sah terbatas pada terlaksananya forum yang terdokumentasi, ketersediaan dua perangkat materi, dan teridentifikasinya tema-tema edukasi. Evaluasi perubahan pengetahuan, kepuasan, komitmen kelembagaan, perubahan praktik pengelolaan, serta besaran mitigasi emisi memerlukan instrumen tersendiri dan tidak disimpulkan dari bahan yang tersedia. Pembatasan tersebut digunakan agar pemisahan antara keluaran kegiatan, analisis dokumen, dan rencana tindak lanjut tetap terjaga.

Hasil dan Pembahasan

1. Pelaksanaan Forum Sosialisasi dan Edukasi Karbon Biru

Kegiatan yang terdokumentasi menampilkan forum tatap muka bertema governansi karbon biru dengan latar spanduk yang memuat judul penelitian, skema Penelitian Internasional FISIP UMRAH Tahun 2026, dan lokasi DPMTSP Kabupaten Bintan. Foto kelompok memperlihatkan suasana pertemuan bersama di ruang rapat. Keberadaan dokumentasi tersebut mendukung pernyataan bahwa kegiatan forum telah berlangsung, tetapi tidak cukup untuk menyimpulkan kedalaman partisipasi, dinamika diskusi, atau tanggapan perorangan.



Gambar 1. Dokumentasi forum sosialisasi dan edukasi governansi karbon biru di Kabupaten Bintan
Sumber: Dokumentasi kegiatan yang diserahkan, 2026.

Kedua presentasi memperlihatkan fokus pendidikan yang saling melengkapi. Materi pertama menempatkan mangrove Bintan dalam konteks krisis iklim, data stok karbon, instrumen konservasi, serta kebijakan nasional. Materi kedua mengembangkan pendekatan kolaboratif melalui identifikasi kondisi awal, rancangan kelembagaan, kepemimpinan fasilitatif, keterlibatan pemangku kepentingan, dan evaluasi. Perpaduan ini relevan bagi kegiatan pengabdian sebab informasi teknis tentang ekosistem menjadi lebih mudah ditindaklanjuti ketika dihubungkan dengan mandat dan pilihan tindakan kelembagaan. Forum edukasi karbon biru memiliki arti praktis sebagai ruang penerjemahan istilah ilmiah ke dalam bahasa kebijakan. Konsep stok karbon, karbon organik sedimen, perlindungan tegakan, dan nilai ekonomi karbon sering berhubungan, tetapi bukan hal yang sama. Menjelaskan perbedaannya dapat membantu mencegah penyederhanaan bahwa setiap penanaman mangrove pasti menghasilkan manfaat mitigasi yang langsung dapat dijual. Hasil yang dapat disebut dari kegiatan ini ialah ketersediaan perangkat komunikasi dan ruang pertemuan; dampak pembelajarannya masih memerlukan pembuktian melalui evaluasi lanjutan.

2. Edukasi Potensi Karbon Biru Berbasis Bukti Lokal Bintan

Substansi edukasi pertama menekankan bahwa perlindungan mangrove merupakan strategi mitigasi yang bergantung pada kondisi ekosistem. Karbon tersimpan pada biomassa di atas dan bawah tanah, bahan organik mati, serta sedimen. Pada banyak ekosistem mangrove, sedimen menyimpan bagian substansial cadangan karbon sehingga kerusakan hidrologi dan gangguan tanah menjadi perhatian yang tidak dapat digantikan oleh penanaman bibit. Pemahaman ini memperluas perspektif peserta dari sekadar jumlah pohon menuju keberlanjutan fungsi ekologi dan kemampuan kawasan mempertahankan cadangan karbon (Alongi, 2020; Carugati et al., 2018).

Data ilmiah dari Pengudang dan Muara Sungai Kawal berfungsi sebagai contoh konkret untuk menunjukkan bahwa Kabupaten Bintan mempunyai basis pengetahuan lokal yang dapat dipakai dalam perencanaan. Temuan Pengudang melaporkan stok karbon 1.203,27 ton C/ha, sedangkan kajian Kawal menemukan rerata 424,94 ton C/ha dengan variasi antarstasiun. Nilai tersebut berasal dari dua penelitian berbeda dan tidak tepat digunakan sebagai satu angka baku untuk seluruh Bintan. Demikian pula, nilai stok karbon tidak boleh langsung diperlakukan sebagai emisi yang berhasil dihindari atau volume kredit karbon yang siap ditransaksikan (Alviana et al., 2023; Zulfikar et al., 2026).

Penerjemahan bukti ilmiah ke dalam materi edukasi menuntut penjelasan yang sederhana tanpa menghilangkan ketelitian satuan. Ton karbon per hektare menyatakan persediaan karbon pada suatu waktu, sedangkan ton CO₂ ekuivalen per tahun menggambarkan besaran aliran atau perubahan emisi dalam periode tertentu. Perbedaan antara cadangan, tambahan penyerapan, dan emisi yang dicegah harus dinyatakan tegas. Cara penyajian tersebut penting supaya kebijakan pengelolaan mangrove tidak bergantung pada estimasi ekonomi yang belum memenuhi prasyarat pengukuran serta verifikasi (Hamilton & Friess, 2018; Taillardat et al., 2018).

Tabel 1. Materi inti edukasi karbon biru dan pesan kebijakan untuk Kabupaten Bintan

Pokok materi	Bukti atau konsep yang digunakan	Pesan edukasi yang ditekankan
Fungsi mangrove	Cadangan karbon dalam biomassa dan sedimen; perlindungan pesisir	Mitigasi iklim dan manfaat sosial-ekologi perlu dipahami sebagai satu kesatuan.
Bukti lokal Pengudang	Stok karbon 1.203,27 ton C/ha pada lokasi kajian Alviana et al. (2023)	Hasil satu lokasi bukan nilai baku seluruh kawasan mangrove Bintan.
Bukti lokal Muara Kawal	Rentang 289,24–645,82 ton C/ha; rerata 424,94 ton C/ha (Zulfikar et al., 2026)	Perbedaan antarlokasi mendorong kebutuhan basis data dan perlindungan berbasis tapak.

Pokok materi	Bukti atau konsep yang digunakan	Pesan edukasi yang ditekankan
Kebijakan mitigasi	Perpres 98/2021 dan PP 27/2025 serta Second NDC 2025	Konservasi harus dihubungkan dengan kewenangan dan pemantauan yang sah.
Ekonomi karbon	Kebutuhan data dasar, tambahan manfaat, hak, dan sistem verifikasi	Stok karbon tidak dapat langsung disamakan dengan kredit karbon.

Sumber: Penulis, 2026

Penyajian contoh-contoh lokal membantu menghindari pemahaman generik bahwa semua mangrove mempunyai nilai karbon seragam. Kondisi tegakan, tipe substrat, kedalaman pengamatan sedimen, penggunaan lahan sekitar, dan tekanan antropogenik dapat memengaruhi hasil pengukuran. Untuk kepentingan pengabdian, penting pula menekankan kebutuhan perlindungan mangrove yang masih baik karena efektivitas restorasi dipengaruhi kesesuaian kondisi lokasi serta pemeliharaan jangka panjang. Program yang terlalu bertumpu pada jumlah bibit tanpa mempertimbangkan dinamika hidrologi dapat menghasilkan keluaran administratif tetapi tidak menjamin pemulihan fungsi ekosistem (Kodikara et al., 2017; Lee et al., 2019).

3. Penguatan Pemahaman Governansi Kolaboratif dan Peran Aktor

Materi kedua memperkenalkan kerangka tata kelola kolaboratif yang menempatkan persoalan karbon biru sebagai tanggung jawab lintas kewenangan. Pendekatan tersebut penting karena mangrove berada di wilayah peralihan darat dan laut sehingga kebijakan kehutanan, kelautan, lingkungan hidup, tata ruang, investasi, dan pembangunan daerah dapat beririsan. Ketika batas peran tidak dijelaskan, perlindungan kawasan berisiko terhambat oleh duplikasi program atau kekosongan koordinasi. Telaah literatur menunjukkan bahwa integrasi kebijakan, transparansi, dan legitimasi partisipasi masyarakat turut menentukan kualitas pengelolaan mangrove (Arifanti et al., 2022; Golebie et al., 2022).

Keberpihakan terhadap masyarakat pesisir menjadi isu substantif di dalam model tersebut. Perlindungan dan nilai ekonomi karbon tidak seharusnya menutup akses yang sah terhadap ruang hidup serta sumber mata pencaharian. Bentuk partisipasi perlu memberi ruang untuk mengemukakan pengetahuan lokal, risiko penghidupan, dan pembagian manfaat yang adil. Penelitian tentang proyek karbon biru dan pengelolaan berbasis masyarakat memperlihatkan perlunya dukungan kapasitas, kejelasan hak, dan keterlibatan warga sejak perencanaan sampai pemantauan (Damastuti & de Groot, 2017; Song et al., 2021; Valenzuela et al., 2020).

Matriks pada Tabel 2 dimaksudkan sebagai perangkat edukasi agar peserta diskusi dapat melihat hubungan antarperan secara operasional. Pembagian fungsi yang jelas berpotensi mengurangi anggapan bahwa urusan karbon biru hanya merupakan tanggung jawab satu dinas atau kegiatan penanaman musiman. Peran akademisi dan komunitas tidak diposisikan sebagai pelengkap seremonial, tetapi sebagai sumber pengetahuan, verifikasi sosial, dan penghubung data dengan kebutuhan pengelolaan. Prinsip komunikasi yang terbuka perlu dipertahankan karena keberhasilan konservasi sering dipengaruhi proses pengambilan keputusan dan distribusi manfaat, bukan hanya pencapaian teknis (Golebie et al., 2022; Qurniati et al., 2024).

Tabel 2. Matriks peran yang diusulkan dalam tindak lanjut governansi karbon biru

Kelompok aktor	Peran potensial	Bukti atau keluaran yang perlu disiapkan
Pemerintah daerah dan instansi teknis	Koordinasi kebijakan, perlindungan kawasan, pengintegrasian program	Peta kewenangan, rencana kerja, penanggung jawab, dan prosedur pelaporan.

Kelompok aktor	Peran potensial	Bukti atau keluaran yang perlu disiapkan
Perguruan tinggi dan peneliti	Pendampingan edukasi, standardisasi data, penilaian kebutuhan MRV	Materi edukasi, protokol kajian, dan basis data yang menjelaskan metode.
Pemerintah desa dan komunitas pesisir	Pengamatan partisipatif, pelaporan tekanan, penyampaian kebutuhan sosial	Pemetaan partisipatif, catatan perubahan kawasan, aspirasi masyarakat.
Pelaku usaha dan pengelola ruang pesisir	Pemenuhan kepatuhan lingkungan serta dukungan pemulihan berbasis tapak	Informasi kegiatan di kawasan, dukungan terverifikasi, dan laporan kepatuhan.
Organisasi masyarakat dan media	Komunikasi publik, pengawasan sosial, diseminasi informasi yang akurat	Materi komunikasi berimbang dan kanal laporan publik.

Sumber: Penulis, 2026

Konsep nilai ekonomi karbon diperkenalkan dalam materi sebagai kemungkinan instrumen pendukung perlindungan ekosistem, bukan sebagai hasil langsung pengabdian. Penyusunan proyek karbon membutuhkan prosedur pengakuan, pemenuhan persyaratan teknis, penghindaran perhitungan ganda, dan kepastian pihak yang berhak memperoleh manfaat. Karena itu, pendidikan publik perlu mengutamakan transparansi proses dan perlindungan kepentingan masyarakat ketimbang mengedepankan prediksi pendapatan karbon yang belum mempunyai dasar verifikasi.

4. Kontekstualisasi Wilayah Pesisir Bintan dalam Materi Edukasi

Kekhasan Kabupaten Bintan perlu menjadi titik masuk penjelasan karbon biru karena persebaran mangrove berada pada bentang pesisir yang mempertemukan permukiman, perikanan, pariwisata, kegiatan pelabuhan, dan pemanfaatan lahan. Berbeda dari pendekatan yang memperlakukan tegakan mangrove sebagai unit terpisah, materi edukasi menempatkan wilayah pesisir sebagai satu kesatuan hubungan ekologis dan administrasi. Aktivitas di daerah tangkapan air dapat memengaruhi aliran sedimen dan kualitas perairan, sementara aktivitas di garis pantai dapat mengubah hidrologi serta kondisi habitat. Namun, pembahasan tersebut merupakan substansi pembelajaran yang teridentifikasi dalam materi, bukan bukti bahwa seluruh kelompok kepentingan telah menyepakati pendekatan pengelolaan tertentu (Romañach et al., 2018; Worthington et al., 2020).

Dua bahan presentasi menggunakan data tentang kawasan mangrove Bintan untuk memperlihatkan keterkaitan skala lokal dengan kebijakan mitigasi nasional. Angka 8.552,63 hektare yang ditampilkan sebagai luas mangrove dalam Peta Mangrove Nasional 2021 memberi gambaran kuantitatif mengenai pentingnya sumber daya pesisir tersebut. Presentasi juga menyajikan perkiraan luasan sekitar 9.701 hektare dari sumber bertahun 2017. Kedua angka tidak boleh secara otomatis dikurangkan untuk memperoleh laju deforestasi tahunan karena metode pemetaan, batas delineasi, serta klasifikasi tutupan mungkin berbeda. Dalam kegiatan edukasi, perbedaan tersebut justru berguna untuk memperkenalkan literasi sumber data: setiap angka memerlukan keterangan asal, tahun, tingkat ketelitian, dan ruang lingkup pengukuran. Pesan ini menjadi relevan ketika suatu instansi ingin menyusun sasaran program berdasarkan peta atau melakukan evaluasi atas perubahan tutupan kawasan secara periodik (Bunting et al., 2018; Bunting et al., 2022).

Bahan pertama memanfaatkan contoh Desa Pengudang, kawasan Muara Sungai Kawal, Pulau Poto, serta Desa Berakit untuk memperlihatkan bahwa keadaan vegetasi dan potensi karbon tidak seragam. Data pada lokasi tertentu tidak dapat dinyatakan sebagai hasil pengukuran seluruh Kabupaten Bintan. Perbedaan kondisi tutupan, pengaruh salinitas, pasang surut, tipe sedimen, riwayat gangguan, dan penggunaan lahan mengakibatkan karakteristik mangrove berbeda antarwilayah. Dalam kerangka

edukasi, penggunaan beberapa lokasi ilustratif lebih bermanfaat apabila dibarengi penjelasan mengenai batas inferensi daripada apabila angka tertinggi digunakan sebagai gambaran mutlak semua kawasan. Kajian Sasmito et al. (2020) menunjukkan bahwa pengaturan hidrogeomorfik dan perubahan penggunaan lahan berkaitan dengan variasi cadangan serta dinamika karbon mangrove. Oleh karena itu, pengambilan keputusan perlu menggabungkan peta tutupan dengan pemahaman kondisi tapak dan kebutuhan verifikasi lapangan.

Bagi perangkat daerah, pemilihan satuan wilayah untuk perencanaan juga perlu dijelaskan dengan cermat. Wilayah administrasi kabupaten berguna bagi penyusunan program dan pembiayaan, tetapi proses ekologis berjalan melintasi garis kewenangan pemerintahan. Satu muara dapat menerima dampak dari kegiatan di hulunya dan secara bersamaan berhubungan dengan kawasan perairan yang tata kelolanya melibatkan provinsi atau institusi nasional. Karena itu, materi sosialisasi dapat mengarahkan peserta pada dua lapis peta yang berbeda, yakni peta ekosistem untuk mengidentifikasi fungsi dan ancaman serta peta kewenangan untuk memastikan siapa dapat memutuskan, memfasilitasi, dan mengawasi tindakan. Keterhubungan tersebut merupakan alasan mendasar mengapa governansi karbon biru perlu dikembangkan secara kolaboratif, bukan melalui penggabungan seluruh fungsi ke satu organisasi (Bodin, 2017).

5. Pembedaan Stok, Serapan, dan Pengurangan Emisi sebagai Literasi Dasar

Salah satu tantangan komunikasi karbon biru adalah penggunaan istilah stok karbon, laju penyerapan, karbon organik tanah, dan potensi kredit karbon secara bergantian seolah-olah mempunyai makna yang sama. Padahal, stok menunjuk pada jumlah karbon yang tersimpan pada waktu tertentu, sementara serapan atau sekuestrasi mengacu pada aliran penambahan karbon selama suatu periode. Emisi berkaitan dengan pelepasan gas rumah kaca, sedangkan pengurangan emisi menuntut perbandingan terhadap kondisi acuan dan metode penilaian tertentu. Kesalahan membedakan kategori tersebut dapat menghasilkan tafsir kebijakan yang tidak tepat. Oleh sebab itu, sosialisasi perlu menyediakan latihan membaca satuan seperti ton karbon per hektare dan ton karbon dioksida ekuivalen per tahun. Perbedaan satuan memiliki konsekuensi bagi pemilihan indikator program, pelaporan pemerintah, serta komunikasi potensi pembiayaan karbon (Alongi, 2020; Macreadie et al., 2021).

Penjelasan mengenai karbon di atas permukaan tanah, biomassa akar, bahan organik mati, dan karbon sedimen dapat membantu peserta memahami mengapa penghijauan biasa tidak secara otomatis menyamai manfaat perlindungan mangrove. Kandungan karbon tanah terbentuk melalui akumulasi organik dalam jangka panjang dan dipengaruhi kondisi pengendapan serta hidrologi kawasan. Dengan demikian, kerusakan sedimen atau perubahan aliran air perlu diperhitungkan ketika membahas ancaman terhadap stok karbon, meskipun sebagian tegakan tampak masih berdiri. Penelitian lintas lokasi menunjukkan bahwa karbon mangrove sensitif terhadap konfigurasi hidrogeomorfik dan sejarah pemanfaatan. Implikasi praktisnya adalah perlindungan kawasan utuh harus dinilai bersama kegiatan pemulihan dan tidak disamakan dengan capaian jumlah bibit yang ditanam dalam satu periode anggaran (Sasmito et al., 2020; Taillardat et al., 2018).

Pendidikan mengenai konversi satuan juga perlu dilakukan secara proporsional. Karbon dalam satuan ton C secara stoikiometri dapat dikonversi menjadi nilai ekuivalen karbon dioksida dengan rasio massa molekul 44/12. Akan tetapi, hasil perkalian tersebut menunjukkan kesetaraan satuan untuk suatu jumlah karbon, bukan dengan sendirinya jumlah pengurangan emisi yang layak diklaim. Klaim mitigasi memerlukan informasi tambahan tentang keadaan tanpa intervensi, perubahan aktual, durasi penyimpanan, kebocoran emisi, ketidakpastian pengukuran, dan risiko hilangnya kembali stok karbon. Pemisahan konsep ini penting karena besarnya potensi simpanan karbon Bintan dapat menimbulkan harapan ekonomi yang berlebihan apabila dijelaskan tanpa batasan metodologis. Tata kelola yang akuntabel seharusnya mengutamakan pemahaman atas kewajiban pembuktian daripada memberikan angka manfaat finansial yang belum mempunyai dasar verifikasi (Wylie et al., 2016).

Dalam kegiatan pengabdian, penjelasan ilmiah dapat dibangun melalui contoh ilustratif, misalnya membandingkan kawasan yang berhasil mempertahankan tutupan dengan kawasan yang mengalami

tekanan penggunaan lahan. Contoh tidak perlu langsung menghasilkan angka kredit karbon, tetapi cukup memperlihatkan rantai sebab-akibat antara perlindungan kawasan, terjaganya fungsi sedimen, berkurangnya risiko pelepasan stok, dan tersedianya manfaat sosial lain. Rantai penjelasan tersebut relevan bagi pejabat teknis maupun komunitas pesisir karena menunjukkan bahwa tujuan perlindungan tidak hanya ditentukan oleh pasar karbon. Kajian mengenai solusi iklim berbasis alam menekankan adanya manfaat tambahan, tetapi juga menjelaskan kendala metode, pendanaan, dan tata kelola yang harus diselesaikan sebelum proyek karbon dapat diperluas (Macreadie et al., 2021; Golebie et al., 2022).

Tabel 3. Perbedaan istilah karbon biru dalam materi edukasi dan implikasinya

Istilah	Makna operasional	Implikasi pengelolaan
Stok karbon	Jumlah karbon tersimpan pada biomassa, nekromassa, dan tanah dalam waktu pengukuran.	Membutuhkan satuan, batas lokasi, jenis kumpulan karbon, dan metode pengukuran.
Serapan atau sekuestrasi	Proses penambahan simpanan karbon selama satuan waktu tertentu.	Tidak dapat disamakan dengan stok tanpa pengukuran perubahan dan periode.
Emisi yang dihindari	Perbedaan emisi aktual dengan skenario acuan yang valid.	Memerlukan garis dasar, asumsi, verifikasi, dan pengendalian perhitungan ganda.
Pemulihan ekosistem	Upaya memperbaiki kondisi hidrologi, habitat, dan fungsi mangrove yang terganggu.	Memerlukan kesesuaian lokasi, pengendalian tekanan, pemeliharaan, serta pemantauan.
Nilai ekonomi karbon	Instrumen ekonomi yang pelaksanaannya tunduk pada aturan dan persyaratan teknis.	Tidak semua stok karbon langsung menjadi kredit atau penerimaan daerah.

Sumber: Sintesis Penulis, 2026

Tabel 3 merangkum kategori dasar yang dapat digunakan dalam lembar edukasi lanjutan. Penyederhanaan dilakukan pada sisi istilah, bukan pada persyaratan ilmiahnya. Pengelola program dapat menggunakan matriks tersebut untuk meninjau konsistensi dokumen perencanaan: istilah stok ditempatkan pada kegiatan inventarisasi, istilah serapan pada pemantauan perubahan, istilah emisi pada penghitungan berbasis metode yang dapat diperiksa, sedangkan nilai ekonomi karbon pada penilaian kelayakan instrumen. Perbedaan tersebut mencegah indikator keberhasilan penyuluhan digunakan secara keliru sebagai indikator langsung tercapainya target mitigasi daerah. Hasil pendidikan baru dapat diukur melalui perubahan pemahaman atau kapasitas peserta, sedangkan dampak karbon memerlukan pengukuran ekologis dan administratif yang berbeda.

6. Perkembangan Kerangka Regulasi dan Relevansinya bagi Pemerintah Daerah

Rangkaian kebijakan nasional merupakan bagian penting dari substansi kedua materi karena karbon biru tidak dapat dikelola sebagai persoalan ekologi yang terpisah dari tata administrasi publik. Komitmen Indonesia dalam pengendalian perubahan iklim memberi konteks bagi upaya perlindungan mangrove, sedangkan kebijakan lingkungan, kehutanan, kelautan, dan tata ruang menyediakan instrumen pelaksanaan. PP Nomor 27 Tahun 2025 secara khusus mengatur perlindungan dan pengelolaan ekosistem mangrove pada kawasan hutan dan di luar kawasan hutan. Cakupan lintas wilayah tersebut menguatkan pesan bahwa penyusunan langkah pengelolaan perlu berangkat dari identifikasi status ruang dan mandat kelembagaan yang berlaku. Materi pengabdian dapat menjadikan perkembangan regulasi sebagai perangkat orientasi kewenangan, bukan sekadar daftar undang-undang yang harus dihafal oleh peserta (Republik Indonesia, 2025a).

Terdapat pembaruan hukum yang penting dicatat pada penyusunan artikel ini. Peraturan Presiden Nomor 98 Tahun 2021 memang digunakan sebagai salah satu penanda sejarah kebijakan nilai ekonomi karbon di Indonesia, tetapi keberlakuannya telah berakhir setelah dicabut oleh Peraturan Presiden Nomor 110 Tahun 2025 tentang Penyelenggaraan Instrumen Nilai Ekonomi Karbon dan Pengendalian Emisi Gas Rumah Kaca Nasional. Dengan demikian, penyampaian materi pada masa berikutnya perlu membedakan peraturan lama sebagai konteks perkembangan kebijakan dari peraturan baru sebagai acuan normatif yang berlaku. Perbedaan status hukum ini penting untuk menghindari penggunaan landasan yang sudah dicabut dalam penyusunan rencana program, pembahasan proyek, ataupun komunikasi publik. Revisi substansi edukasi bukan berarti forum 2026 telah mengambil keputusan berdasarkan ketentuan baru; yang dapat dipastikan adalah perlunya pemutakhiran bahan pembelajaran (Republik Indonesia, 2021, 2025b).

Peran lembaga pemerintah yang berbeda juga perlu dikaitkan dengan kebutuhan data dan keputusan. Informasi tutupan, kondisi kawasan, sumber tekanan, dan perizinan dapat berada pada lembaga yang berlainan; begitu pula kewenangan penindakan, rehabilitasi, dan perencanaan pembangunan. Pada situasi semacam ini, forum kolaboratif yang efektif bukanlah forum yang sekadar mengumpulkan banyak instansi, melainkan forum yang mampu menghasilkan pengertian bersama mengenai data yang dipakai dan pembagian tanggung jawab yang dapat ditelusuri. Literatur governansi lingkungan menggambarkan bahwa kerja kolektif bergantung pada kesesuaian jaringan koordinasi dengan sifat persoalan sosial-ekologis. Karena itu, penguatan kapasitas kelembagaan dan protokol pertukaran informasi menjadi keluaran antara yang logis untuk dirancang setelah kegiatan edukasi (Bodin, 2017).

Perubahan instrumen nasional juga mengharuskan materi sosialisasi diperbarui secara berkala. Hal tersebut dapat dilakukan dengan mencantumkan tanggal penelusuran, nomor peraturan, status keberlakuan, instansi penerbit, dan tautan sumber hukum resmi pada setiap bahan ajar. Apabila suatu kebijakan telah diubah, dicabut, atau diganti, catatan peralihan seharusnya dinyatakan secara eksplisit. Praktik ini merupakan komponen literasi kebijakan dan akan membantu aparaturnya serta masyarakat menilai apakah informasi yang digunakan masih sesuai dengan kerangka hukum terkini. Relevansinya bagi karbon biru tinggi karena pengelolaan ekosistem dan pelaksanaan instrumen ekonomi dapat berkembang dengan kecepatan berbeda. Pemeriksaan regulasi tidak dapat digantikan oleh kutipan media ataupun ringkasan presentasi yang belum diperiksa kembali pada portal hukum resmi.

7. Rancangan Evaluasi Pembelajaran dan Pengukuran Ketercapaian PKM

Kegiatan yang telah didokumentasikan belum menyediakan *prates* dan *pascates* maupun catatan tertulis mengenai hasil diskusi peserta. Oleh karena itu, perlu dirancang instrumen evaluasi yang proporsional untuk pelaksanaan berikutnya. Evaluasi jangka pendek dapat diarahkan pada pemahaman definisi karbon biru, fungsi penyimpanan karbon dalam sedimen, perbedaan stok dan serapan, penyebab degradasi, dasar kewenangan pengelolaan, dan bentuk keterlibatan warga. Pemilihan aspek tersebut berkaitan langsung dengan substansi dua presentasi. Sebaliknya, pengukuran kepuasan peserta saja tidak cukup untuk menunjukkan apakah peserta memahami materi inti. Instrumen perlu memuat soal atau pertanyaan yang jawabannya dapat dinilai secara konsisten serta dilaksanakan pada awal dan akhir sesi dengan tingkat kesulitan yang sebanding.

Tabel 5. Rencana indikator evaluasi sosialisasi pada kegiatan berikutnya

Tingkat evaluasi	Indikator yang disarankan	Metode pembuktian
Pelaksanaan	Terlaksananya sesi dan tersedianya bahan pembelajaran.	Agenda, materi, dokumentasi, dan berita acara kegiatan.
Pemahaman awal	Kemampuan membedakan stok, serapan, dan manfaat ekosistem.	Prates-pascates terpasangkan dan rubrik jawaban singkat.

Tingkat evaluasi	Indikator yang disarankan	Metode pembuktian
Kemampuan aplikatif	Kemampuan memetakan aktor, sumber data, dan rujukan regulasi.	Penilaian skenario, matriks aktor, dan lembar latihan.
Tindak lanjut	Adanya penugasan, jadwal koordinasi, dan pertukaran data.	Notula resmi, daftar tugas, serta bukti tindak lanjut.
Dampak ekologis jangka panjang	Perubahan fungsi ekosistem atau emisi yang diukur terpisah.	Desain pemantauan ilmiah dengan data dasar dan metode terverifikasi.

Sumber: Penulis, 2026

Tabel 5 juga menunjukkan bahwa jenis bukti harus disesuaikan dengan klaim yang ingin dinyatakan. Foto forum cukup membantu memverifikasi keberadaan kegiatan, tetapi tidak cukup untuk mengukur peningkatan pemahaman. Bahan presentasi membuktikan tersedianya substansi edukasi, tetapi tidak memastikan bahwa semua gagasan sudah dibahas sampai tuntas oleh peserta. Notula yang disahkan dapat memperkuat bukti pembahasan dan penugasan, namun belum menunjukkan efektivitas pelaksanaan. Sementara itu, peta dan pengukuran karbon dibutuhkan bila tim ingin melaporkan dampak ekologis. Perbedaan ini memungkinkan pelaporan PKM lebih objektif dan menyediakan dasar perbaikan prosedur dokumentasi kegiatan berikutnya.

Prinsip kebermanfaatan pengabdian menuntut tindak lanjut yang terukur namun tetap sepadan dengan sumber daya. Tim pengabdian dapat terlebih dahulu menyiapkan lembar penilaian singkat, panduan fasilitator, dan format notula standar. Setelah tersedia data dasar, capaian berikutnya dapat ditelusuri melalui pendampingan atau kerja sama kelembagaan yang mempunyai jadwal. Cara ini lebih realistis daripada menuntut satu kali sosialisasi menghasilkan perubahan kebijakan maupun penurunan emisi dalam waktu singkat. Pengalaman konservasi mangrove menunjukkan bahwa keberlanjutan hasil bergantung pada dukungan institusi dan mekanisme perawatan yang tidak berhenti setelah aktivitas awal (Kodikara et al., 2017; Valenzuela et al., 2020).

8. Peta Jalan Edukasi dan Pendampingan Kolaboratif Berkelanjutan

Penyusunan waktu perlu memperhitungkan kalender kerja instansi, musim dan kondisi pasang surut, aksesibilitas desa pesisir, serta ketersediaan pendamping teknis. Penetapan satu lokasi percontohan lebih mudah dievaluasi apabila alasan pemilihannya transparan, misalnya karena ancaman yang jelas, kesiapan data dasar, keterwakilan pemangku kepentingan, dan kesesuaian mandat pengelola. Namun, fokus percontohan tidak boleh membuat hasilnya digeneralisasi untuk seluruh kawasan mangrove Bintan. Perbedaan geofisik antarwilayah berarti rekomendasi pada satu muara perlu diuji kembali pada lokasi lain. Kebutuhan pendekatan spesifik tapak sejalan dengan penelitian yang memperlihatkan keragaman tipe mangrove serta variasi cadangan karbon menurut kondisi hidrogeomorfik dan penggunaan lahan (Sasmito et al., 2020; Worthington et al., 2020).

Pendampingan keberlanjutan perlu menghindari ketergantungan pada figur perseorangan. Mekanisme penyimpanan bahan, penanggung jawab pembaruan data, jadwal pemeriksaan regulasi, dan prosedur penyerahan informasi antarlembaga harus diatur secara sederhana. Salah satu pilihan ialah menyusun daftar kendali yang memuat sumber peta, status validasi, kontak lembaga penanggung jawab, serta tanggal evaluasi. Prosedur tersebut memungkinkan komunikasi dilanjutkan ketika terdapat pergantian personel. Di sisi lain, keterlibatan masyarakat perlu dipelihara melalui saluran masukan dan umpan balik yang mudah diakses. Keberlanjutan hubungan kelembagaan merupakan kondisi penting untuk mendukung pengelolaan kolaboratif dalam sistem sosial-ekologis yang kompleks (Bodin, 2017).

Tabel 6 memberikan contoh penahapan agar rekomendasi tidak berhenti pada gagasan umum. Waktu yang tercantum bersifat indikatif dan dapat berubah sesuai keputusan lembaga, kemampuan pembiayaan, dan kesiapan data. Tidak ada informasi dalam dokumentasi yang memperlihatkan bahwa peta jalan ini telah disahkan atau memiliki sumber pendanaan tertentu. Kegiatan tindak lanjut perlu

ditempatkan pada program yang berwenang dan tidak boleh otomatis dikaitkan dengan penerbitan kredit karbon. Jika fase awal hanya mampu menghasilkan basis data dan prosedur komunikasi, capaian tersebut tetap dapat dilaporkan secara jelas tanpa dinyatakan sebagai keberhasilan mitigasi yang belum diukur.

Tabel 6. Usulan tahapan pendampingan setelah sosialisasi

Rentang indikatif	Fokus kegiatan	Keluaran yang direncanakan
Bulan 1–3	Pemutakhiran regulasi, audit data, penyusunan instrumen evaluasi.	Daftar dokumen, peta masalah awal, prates-pascates yang siap diuji.
Bulan 4–6	Pertemuan teknis lintas pihak dan pemilihan isu atau lokasi percontohan.	Notula keputusan sesuai kewenangan, matriks peran, rancangan intervensi.
Bulan 7–9	Uji pelaporan tekanan kawasan dan pemantauan sederhana.	Catatan terverifikasi, umpan balik warga, daftar tindakan korektif.
Bulan 10–12	Peninjauan hasil antara, pelaporan pembelajaran, dan revisi rencana.	Laporan evaluasi, daftar keterbatasan, keputusan tindak lanjut.

Sumber: Penulis, 2026

Pembiayaan kegiatan lanjutan perlu mengikuti jenis keluaran yang ingin dicapai. Edukasi menuntut materi, fasilitator, dan perangkat penilaian; pemantauan memerlukan metode, pelatihan, serta pemeriksaan data; pemulihan membutuhkan analisis kondisi tapak, rancangan teknis, pemeliharaan, dan pemantauan yang lebih lama. Perbedaan kebutuhan tersebut penting bagi proses perencanaan anggaran karena tiap tindakan mempunyai risiko dan horizon hasil berbeda. Kajian tentang biaya restorasi pesisir menunjukkan bahwa kelayakan intervensi tidak dapat diukur dari biaya tanam awal saja, sebab hasil dipengaruhi kesesuaian lokasi, teknik, serta biaya pengawasan setelah tindakan. Oleh karena itu, diskusi pembiayaan sebaiknya dibangun di atas rencana kegiatan yang dapat diperiksa dan tidak hanya berdasarkan target luasan (Bayraktarov et al., 2016).

9. Komunikasi Risiko, Etika Informasi, dan Perlindungan Kepentingan Masyarakat

Dalam edukasi karbon biru, keberhasilan komunikasi publik tidak hanya ditentukan oleh kemampuan menjelaskan manfaat lingkungan, tetapi juga oleh keterbukaan mengenai ketidakpastian data dan konsekuensi tindakan. Angka cadangan karbon yang tinggi dapat menumbuhkan harapan bahwa setiap kawasan mangrove dapat segera menghasilkan pendapatan dari transaksi karbon. Harapan tersebut perlu diimbangi informasi bahwa perlindungan ekosistem memiliki manfaat publik yang luas, sedangkan pemanfaatan instrumen ekonomi mengikuti persyaratan yang tidak otomatis terpenuhi oleh keberadaan tegakan. Penyampaian yang terlalu menonjolkan potensi finansial dapat menggeser perhatian dari pencegahan kerusakan, kepastian hak, dan kebutuhan pendampingan teknis. Karena itu, perangkat edukasi sebaiknya menyajikan potensi dan batasan secara berimbang: peluang mitigasi, kebutuhan data, risiko pemanfaatan ruang, standar pembuktian, dan mekanisme pembagian manfaat yang sah. Prinsip kehati-hatian ini relevan bagi pengelolaan ekosistem yang sekaligus mempunyai nilai ekologis, sosial, dan ekonomi (Macreadie et al., 2021; Song et al., 2021).

Perlindungan kepentingan masyarakat pesisir memerlukan penjelasan bahwa nilai karbon tidak serta-merta mengubah status kepemilikan, penguasaan, atau akses yang telah diatur oleh hukum. Pembatasan kegiatan di kawasan tertentu harus didasarkan pada kewenangan dan proses keputusan yang sah, bukan hanya pada hasil sosialisasi atau usulan dalam artikel pengabdian. Selain itu, rencana program perlu menilai potensi dampak terhadap nelayan, pelaku usaha skala kecil, pemanfaat hasil hutan nonkayu, dan kelompok lain yang berkaitan dengan ruang pesisir. Jika pengelolaan difokuskan

hanya pada indikator karbon, sebagian manfaat dan biaya sosial dapat terabaikan. Studi pengelolaan berbasis masyarakat menunjukkan bahwa keikutsertaan yang bermakna memerlukan kesempatan mengemukakan kebutuhan serta hubungan yang dapat dipercaya antara warga dan institusi pengelola. Oleh sebab itu, materi edukasi yang inklusif perlu menghubungkan perlindungan ekosistem dengan kepastian prosedur, keterbukaan informasi, serta pengakuan terhadap mata pencaharian setempat.

Kesimpulan

Kegiatan sosialisasi dan edukasi governansi karbon biru berbasis mangrove di Kabupaten Bintan mempertemukan isu mitigasi iklim dengan kebutuhan penguatan tata kelola pesisir. Berdasarkan dokumentasi yang diserahkan, kegiatan diwujudkan dalam forum diskusi kelompok terarah pada skema Penelitian Internasional FISIP UMRAH Tahun 2026 di lingkungan DPMPTSP Kabupaten Bintan. Dua materi edukasi yang tersedia mencakup fungsi karbon biru, temuan stok karbon lokal, instrumen kebijakan nasional, pendekatan kolaboratif, dan agenda pengelolaan yang dapat ditindaklanjuti. Sintesis materi menunjukkan bahwa pemahaman governansi karbon biru perlu diarahkan pada integrasi perlindungan mangrove, penguatan data, kejelasan peran instansi, pelibatan masyarakat, dan sistem pemantauan. Langkah yang dipandang relevan bagi tindak lanjut adalah pemetaan aktor, pengembangan basis data berbasis tapak, forum pembelajaran berkelanjutan, dan penyusunan indikator evaluasi. Usulan tersebut bukan hasil perjanjian resmi yang telah dibuktikan dalam dokumen kegiatan. Keterbatasan utama terletak pada belum tersedianya data penilaian peserta dan catatan proses FGD secara lengkap. Karena itu, hasil pengabdian belum dapat dipakai untuk menyimpulkan perubahan pengetahuan, perilaku, kebijakan, ataupun besaran mitigasi emisi. Kegiatan lanjutan perlu menggabungkan instrumen evaluasi terukur, dokumentasi kesepakatan, serta pendampingan kolaboratif agar manfaat edukasi dapat ditelusuri secara lebih meyakinkan.

Ucapan terima kasih

Tim penulis menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang memfasilitasi penyelenggaraan kegiatan diskusi governansi karbon biru di Kabupaten Bintan, termasuk lingkungan DPMPTSP Kabupaten Bintan sebagai lokasi kegiatan, serta pihak yang mendukung penyediaan bahan presentasi dan dokumentasi. Keterangan mengenai dukungan kelembagaan dan pendanaan perlu dilengkapi apabila tersedia dokumen pendukung yang dapat diverifikasi.

Daftar Pustaka

- Alongi, D. M. (2020). Global significance of mangrove blue carbon in climate change mitigation. *Sci*, 2(3), Article 67. <https://doi.org/10.3390/sci2030067>
- Alviana, D., Anggraini, R., Hidayati, J. R., Karlina, I., Lestari, F., Apdillah, D., Syakti, A. D., & Sihite, D. (2023). Estimasi cadangan karbon pada ekosistem mangrove di Desa Pengudang Kecamatan Teluk Sebong Kabupaten Bintan. *Jurnal Kelautan Tropis*, 26(3), 464–472. <https://doi.org/10.14710/jkt.v26i3.18326>
- Arifanti, V. B., Sidik, F., Mulyanto, B., Susilowati, A., Wahyuni, T., Yuniarti, N., Aminah, A., Suits, E., Karlina, E., Suharti, S., Pratiwi, Turjaman, M., Hidayat, A., Rachmat, H. H., Imanuddin, R., Yeny, I., Darwati, W., Sari, N., Hakim, S. S., & Novita, N. (2022). Challenges and strategies for sustainable mangrove management in Indonesia: A review. *Forests*, 13(5), Article 695. <https://doi.org/10.3390/f13050695>
- Bayraktarov, E., Saunders, M. I., Abdullah, S., Mills, M., Beher, J., Possingham, H. P., Mumby, P. J., & Lovelock, C. E. (2016). The cost and feasibility of marine coastal restoration. *Ecological Applications*, 26(4), 1055–1074. <https://doi.org/10.1890/15-1077>
- Bodin, Ö. (2017). Collaborative environmental governance: Achieving collective action in social-ecological systems. *Science*, 357(6352), eaan1114. <https://doi.org/10.1126/science.aan1114>

- Bryan-Brown, D. N., Connolly, R. M., Richards, D. R., Adame, F., Friess, D. A., & Brown, C. J. (2020). Global trends in mangrove forest fragmentation. *Scientific Reports*, 10, Article 7117. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63880-1>
- Bunting, P., Rosenqvist, A., Lucas, R. M., Rebelo, L.-M., Hilarides, L., Thomas, N., Hardy, A., Itoh, T., Shimada, M., & Finlayson, C. M. (2018). The Global Mangrove Watch—A new 2010 global baseline of mangrove extent. *Remote Sensing*, 10(10), Article 1669. <https://doi.org/10.3390/rs10101669>
- Bunting, P., Rosenqvist, A., Hilarides, L., Lucas, R. M., & Thomas, N. (2022). Global Mangrove Watch: Updated 2010 mangrove forest extent (v2.5). *Remote Sensing*, 14(4), Article 1034. <https://doi.org/10.3390/rs14041034>
- Carugati, L., Gatto, B., Rastelli, E., Lo Martire, M., Coral, C., Greco, S., & Danovaro, R. (2018). Impact of mangrove forests degradation on biodiversity and ecosystem functioning. *Scientific Reports*, 8, Article 13298. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-31683-0>
- Damastuti, E., & de Groot, R. (2017). Effectiveness of community-based mangrove management for sustainable resource use and livelihood support: A case study of four villages in Central Java, Indonesia. *Journal of Environmental Management*, 203, 510–521. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.07.025>
- Damastuti, E., & de Groot, R. (2019). Participatory ecosystem service mapping to enhance community-based mangrove rehabilitation and management in Demak, Indonesia. *Regional Environmental Change*, 19, 65–78. <https://doi.org/10.1007/s10113-018-1378-7>
- Duncan, C., Owen, H. J. F., Thompson, J. R., Koldewey, H. J., Primavera, J. H., & Pettoirelli, N. (2018). Satellite remote sensing to monitor mangrove forest resilience and resistance to sea level rise. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(8), 1837–1852. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12923>
- Friess, D. A., Rogers, K., Lovelock, C. E., Krauss, K. W., Hamilton, S. E., Lee, S. Y., Lucas, R., Primavera, J., Rajkaran, A., & Shi, S. (2019). The state of the world's mangrove forests: Past, present, and future. *Annual Review of Environment and Resources*, 44, 89–115. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-101718-033302>
- 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>
- Golebie, E. J., Aczel, M., Bukoski, J. J., Chau, S., Ramirez-Bullon, N., Gong, M., & Teller, N. (2022). A qualitative systematic review of governance principles for mangrove conservation. *Conservation Biology*, 36(5), e13850. <https://doi.org/10.1111/cobi.13850>
- Hamilton, S. E., & Friess, D. A. (2018). Global carbon stocks and potential emissions due to mangrove deforestation from 2000 to 2012. *Nature Climate Change*, 8, 240–244. <https://doi.org/10.1038/s41558-018-0090-4>
- 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>
- Lee, S. Y., Hamilton, S., Barbier, E. B., Primavera, J., & Lewis, R. R., III. (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>
- Lovelock, C. E., Bennion, V., de Oliveira, M., Hagger, V., Hill, J. W., Kwan, V., Pearse, A. L., Rossini, R. A., & Twomey, A. J. (2024). Mangrove ecology guiding the use of mangroves as nature-based solutions. *Journal of Ecology*, 112, 2510–2521. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.14383>
- Macreadie, P. I., Costa, M. D. P., Atwood, T. B., Friess, D. A., Kelleway, J. J., Kennedy, H., Lovelock, C. E., Serrano, O., & Duarte, C. M. (2021). Blue carbon as a natural climate solution. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2, 826–839. <https://doi.org/10.1038/s43017-021-00224-1>
- Menéndez, P., Losada, I. J., Torres-Ortega, S., Narayan, S., & Beck, M. W. (2020). The global flood protection benefits of mangroves. *Scientific Reports*, 10, Article 4404. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61136-6>

- Qurniati, R., Duryat, D., Darmawan, A., & Inoue, M. (2024). Ecological perspective, perception, and attitude of local communities toward managing and utilizing the mangrove ecosystem in Lampung Province, Indonesia. *Small-scale Forestry*, 23(3), 471–491. <https://doi.org/10.1007/s11842-024-09572-4>
- Republik Indonesia. (2021). *Peraturan Presiden Nomor 98 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Nilai Ekonomi Karbon untuk Pencapaian Target Kontribusi yang Ditetapkan Secara Nasional dan Pengendalian Emisi Gas Rumah Kaca dalam Pembangunan Nasional*. <https://www.jdi.h.kemenkeu.go.id/dok/perpres-98-tahun-2021/overview>
- Republik Indonesia. (2025a). *Peraturan Pemerintah Nomor 27 Tahun 2025 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Ekosistem Mangrove*. <https://peraturan.go.id/files/pp-no-27-tahun-2025.pdf>
- Republik Indonesia. (2025b). *Peraturan Presiden Nomor 110 Tahun 2025 tentang Penyelenggaraan Instrumen Nilai Ekonomi Karbon dan Pengendalian Emisi Gas Rumah Kaca Nasional*. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/334733/perpres-no-110-tahun-2025>
- Romafnach, S. S., DeAngelis, D. L., Koh, H. L., Li, Y., Teh, S. Y., Barizan, R. S. R., & Zhai, L. (2018). Conservation and restoration of mangroves: Global status, perspectives, and prognosis. *Ocean & Coastal Management*, 154, 72–82. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2018.01.009>
- Sasmito, S. D., Sillanpää, M., Hayes, M. A., Bachri, S., Saragi-Sasmito, M. F., Sidik, F., Hanggara, B. B., Mofu, W. Y., Rumbiak, V. I., Hendri, H., Taberima, S., Suhaemi, S., Nugroho, J. D., Pattiasina, T. F., Widagti, N., Barakalla, B., Rahajoe, J. S., Hartantri, H., Nikijuluw, V., ... Murdiyarso, D. (2020). Mangrove blue carbon stocks and dynamics are controlled by hydrogeomorphic settings and land-use change. *Global Change Biology*, 26(5), 3028–3039. <https://doi.org/10.1111/gcb.15056>
- Sathiyamoorthy, S., & Sakurai, T. (2024). Effectiveness of community participation in mangrove restoration: The evidence from northern Sri Lanka. *Environmental Economics and Policy Studies*, 26, 759–779. <https://doi.org/10.1007/s10018-024-00397-1>
- Song, A. M., Dressler, W. H., Satizábal, P., & Fabinyi, M. (2021). From conversion to conservation to carbon: The changing policy discourse on mangrove governance and use in the Philippines. *Journal of Rural Studies*, 82, 184–195. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.01.008>
- Taillardat, P., Friess, D. A., & Lupascu, M. (2018). Mangrove blue carbon strategies for climate change mitigation are most effective at the national scale. *Biology Letters*, 14(10), Article 20180251. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2018.0251>
- United Nations Framework Convention on Climate Change. (2025). *Republic of Indonesia Second NDC*. https://unfccc.int/sites/default/files/2025-10/Indonesia_Second%20NDC_2025.10.24.pdf
- Valenzuela, R. B., Yeo-Chang, Y., Park, M. S., & Chun, J.-N. (2020). Local people's participation in mangrove restoration projects and impacts on social capital and livelihood: A case study in the Philippines. *Forests*, 11(5), Article 580. <https://doi.org/10.3390/f11050580>
- Worthington, T. A., zu Ermgassen, P. S. E., Friess, D. A., Krauss, K. W., Lovelock, C. E., Thorley, J., Tingey, R., Woodroffe, C. D., Bunting, P., Cormier, N., Lagomasino, D., Lucas, R., Murray, N. J., & Spalding, M. (2020). A global biophysical typology of mangroves and its relevance for ecosystem structure and deforestation. *Scientific Reports*, 10, Article 14652. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71194-5>
- Wylie, L., Sutton-Grier, A. E., & Moore, A. (2016). Keys to successful blue carbon projects: Lessons learned from global case studies. *Marine Policy*, 65, 76–84. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.12.020>
- Zulfikar, Z., Krisanti, M., & Kurniawan, F. (2026). Potensi stok karbon mangrove di Muara Sungai Kawal, Kabupaten Bintan. *Jurnal Akuatiklestari*, 9(2), 219–228. <https://doi.org/10.31629/akuatiklestari.v9i2.8021>