

Edukasi Perubahan Iklim dan Perhitungan Karbon Biomassa Mangrove bagi Kelompok TEGAS di Desa Anak Setatah

Eno Suwarno¹, Sri Rahayu Prastyaningsih², Azwin³

^{1,2,3} Program Studi Kehutanan, Fakultas Kehutanan dan Sains, Universitas Lancang Kuning, Indonesia

Received : 20 September 2026, Revised : 15 Oktober 2026, Published : 21 Oktober 2026

Corresponding Author

Nama Penulis: Eno Suwarno

E-mail: enosuwarno@unilak.ac.id

Abstrak

Kelompok Pengelola Mangrove TEGAS di Desa Anak Setatah, Kabupaten Kepulauan Meranti, telah lama melakukan pembibitan, penanaman, dan pemeliharaan mangrove untuk menghadapi abrasi, tetapi belum memiliki prosedur yang sistematis untuk memahami perubahan iklim serta mengukur dan menghitung karbon biomassa tegakan yang mereka kelola. Kegiatan pengabdian ini bertujuan meningkatkan literasi iklim dan memperkenalkan keterampilan dasar pengukuran serta perhitungan karbon biomassa mangrove kepada enam anggota kelompok. Kegiatan dilaksanakan pada 19 September 2026 dengan metode partisipatif melalui enam tahap: pre-test, edukasi perubahan iklim, demonstrasi pengukuran, praktik lapangan, latihan perhitungan bertahap, serta diskusi dan post-test. Pengetahuan dievaluasi dengan 10 soal pilihan ganda yang sama pada pre-test dan post-test. Rata-rata skor pengetahuan meningkat dari 25,0% menjadi 76,7% (51,7 poin persentase; N-gain 0,69, kategori sedang), dan seluruh peserta mencapai skor post-test minimal 70%. Peningkatan terbesar terjadi pada aspek biomassa dan pengukuran diameter (11,1% menjadi 83,3%), sedangkan aspek fraksi karbon dan konversi CO₂ masih paling rendah pada post-test (55,6%). Keterampilan pengukuran dan perhitungan diperkenalkan melalui demonstrasi dan praktik terbimbing, tetapi belum dinilai dengan instrumen terstruktur. Luaran kegiatan berupa materi edukasi, instrumen evaluasi, lembar kerja pengukuran, dan panduan perhitungan sederhana yang dapat digunakan kelompok untuk pembelajaran dan pemantauan berkala.

Kata kunci - biomassa, karbon mangrove, literasi iklim, masyarakat pesisir

Abstract

The TEGAS Mangrove Management Group in Anak Setatah Village, Meranti Islands Regency, has long carried out mangrove nursery development, planting, and maintenance to reduce coastal abrasion; however, it has not had a systematic procedure for understanding climate change or for measuring and calculating the biomass carbon of the stands it manages. This community service activity aimed to strengthen climate literacy and introduce basic skills in mangrove tree measurement and biomass carbon calculation to six group members. The activity was conducted on 19 September 2026 using a participatory method in six stages: pre-test, climate change education, measurement demonstration, field practice, stepwise calculation exercises, and discussion followed by a post-test. Knowledge was evaluated with the same 10 multiple-choice items in the pre-test and post-test. The average knowledge score increased from 25.0% to 76.7% (51.7 percentage points; N-gain 0.69, medium category), and all participants achieved a post-test score of at least 70%. The largest gain occurred in biomass and diameter measurement (11.1% to 83.3%), whereas carbon fraction and CO₂ conversion remained the lowest at post-test (55.6%). Measurement and calculation skills were introduced through demonstration and guided practice but were not assessed with a structured instrument. The outputs included educational materials, an evaluation instrument, a field worksheet, and a simple calculation guide for repeated learning and periodic monitoring.

Keywords - biomass, climate literacy, coastal community, mangrove carbon

How To Cite : Suwarno, E., Prastyaningsih, S. R., & Azwin, A. (2026). Edukasi Perubahan Iklim dan Perhitungan Karbon Biomassa Mangrove bagi Kelompok TEGAS di Desa Anak Setatah . *Jurnal Pengabdian Masyarakat Bangsa*, 4(8), 4947 - 4956. <https://doi.org/10.59837/jpmba.v4i8.5306>

Copyright ©2026 Eno Suwarno, Sri Rahayu Prastyaningsih, Azwin Azwin

PENDAHULUAN

Perubahan iklim merupakan persoalan global yang dampaknya dirasakan secara lokal melalui kenaikan suhu, perubahan pola hujan, kejadian ekstrem, serta gangguan terhadap sumber daya air, pangan, mata pencaharian, ekosistem, dan infrastruktur pesisir (IPCC, 2022). Kenaikan konsentrasi CO₂ dan suhu juga memengaruhi fotosintesis, respirasi, dan akumulasi biomassa tumbuhan, tetapi responsnya tidak selalu linear dan dapat melemah pada pemanasan jangka panjang (Dusenge et al., 2019; Terror et al., 2021; Dang et al., 2025). Dalam konteks ini, ekosistem mangrove memiliki posisi strategis karena sekaligus berfungsi sebagai pelindung pesisir, habitat biota, penopang mata pencaharian, dan penyimpan karbon pada biomassa serta tanah atau sedimen (IPCC, 2014). Indonesia memiliki kawasan mangrove terluas di dunia dengan cadangan karbon yang sangat besar, sehingga keberhasilan rehabilitasi mangrove berkontribusi langsung pada agenda mitigasi nasional (Murdiyarso et al., 2015; Sasmito et al., 2023).

Desa Anak Setatah, Kecamatan Rangsang Barat, Kabupaten Kepulauan Meranti, merupakan desa pesisir di Pulau Rangsang yang telah lama menghadapi abrasi. Dokumentasi lokal menunjukkan bahwa pembibitan dan penanaman mangrove di desa ini berkembang sejak pertengahan 2000-an melalui inisiatif Kadarsiono dan Kelompok TEGAS, yang terus melakukan penanaman, penyulaman, dan pemeliharaan secara swadaya (Suryadi, 2018). Pengalaman hampir dua dekade tersebut merupakan modal sosial dan pengetahuan lokal yang kuat. Namun, wawancara awal dengan pengurus dan penelusuran dokumen kegiatan kelompok menunjukkan bahwa seluruh catatan yang dimiliki kelompok berkaitan dengan jumlah bibit dan luas penanaman; belum ada pencatatan jenis, diameter, dan kondisi pohon yang memungkinkan kelompok menilai pertumbuhan tegakan maupun jumlah karbon yang tersimpan di dalamnya.

Kesenjangan kemampuan mitra dapat dirumuskan secara lebih spesifik. Anggota kelompok terampil menanam dan memelihara mangrove serta memahami manfaatnya untuk menahan abrasi, tetapi belum dapat menjelaskan keterkaitan mangrove dengan perubahan iklim, belum mengetahui titik ukur diameter yang benar—terutama pada *Rhizophora* yang berakar tunjang—dan belum mengenal rantai perhitungan dari diameter menuju biomassa, karbon, dan CO₂ ekuivalen. Kondisi ini dikonfirmasi oleh skor pre-test rata-rata peserta yang hanya 25,0%. Akibatnya, kelompok belum mampu menunjukkan capaian rehabilitasi dalam bentuk data yang dapat dikomunikasikan kepada pemerintah desa, perguruan tinggi, maupun program rehabilitasi. Padahal, kajian pengelolaan mangrove di Indonesia menekankan bahwa peran masyarakat serta pemantauan dan evaluasi yang berkelanjutan merupakan penentu keberhasilan rehabilitasi (Arifanti et al., 2022; Sasmito et al., 2023).

Program pengabdian bertema mangrove di Indonesia telah banyak dilakukan, tetapi umumnya berfokus pada penanaman, sosialisasi fungsi ekologis, penguatan regulasi desa, dan pengembangan ekowisata. Program di Kampung Nipah, Serdang Bedagai, misalnya, memadukan reboisasi mangrove dengan eduwisata dan ekonomi kreatif serta melaporkan peningkatan pengetahuan masyarakat tentang ekosistem mangrove (Irwadi et al., 2026). Program di Desa Kuala Simbur, Jambi, menguatkan konservasi berbasis masyarakat melalui edukasi regulasi lingkungan, perencanaan aksi, dan penanaman bersama (Putra et al., 2025). Kedua program tersebut berhasil membangun kesadaran dan partisipasi, tetapi tidak membekali masyarakat dengan keterampilan mengukur pohon dan menghitung karbon. Sebaliknya, kajian pendugaan biomassa dan karbon umumnya disusun sebagai penelitian teknis yang berorientasi pada ketepatan model alometrik, misalnya perbandingan model, peran berat jenis kayu, dan penyusunan persamaan spesifik jenis atau

lokasi (Fradette et al., 2021; Salunkhe et al., 2023; Gaui et al., 2024; Darcha et al., 2025), bukan pada cara mengajarkannya kepada pengelola lokal.

Dari sisi pembelajaran, penguatan literasi iklim tidak cukup dilakukan melalui ceramah satu arah. Pemahaman iklim lebih efektif ketika materi dikaitkan dengan persoalan nyata dan pengalaman langsung; pendidikan sains berpengaruh kuat terhadap pengetahuan dan sikap, sedangkan perubahan tindakan memerlukan proses yang lebih berkelanjutan (Kumar et al., 2023; Anderson, 2024; Chen et al., 2026). Tingkat literasi iklim juga berbeda menurut konteks dan pengalaman belajar peserta (Gebeyehu et al., 2024; Rohmawati, 2024), dan penggunaan data atau pengamatan lokal membantu peserta melihat hubungan antara perubahan tutupan vegetasi dan jasa ekosistem (Richards & Belcher, 2020; Puplampu & Bofo, 2021). Prinsip yang sama berlaku bagi pembelajaran orang dewasa di kelompok masyarakat: pengalaman lokal perlu dijadikan titik awal untuk memahami konsep ilmiah yang baru.

Berdasarkan uraian tersebut, terdapat celah antara program mangrove berbasis masyarakat yang kuat pada aspek penanaman dan kesadaran, dengan kajian karbon yang kuat pada aspek teknis tetapi jarang diterjemahkan menjadi keterampilan masyarakat. Kebaruan kegiatan ini terletak pada tiga hal: (1) pengalaman konservasi Kelompok TEGAS dijadikan pintu masuk untuk memahami perubahan iklim; (2) rantai pengukuran dan perhitungan karbon disederhanakan menjadi langkah bertahap yang transparan, mulai dari titik ukur DBH hingga CO₂ ekuivalen, menggunakan persamaan alometrik umum mangrove yang bersifat non-destruktif (Komiya et al., 2005); dan (3) batas metodologis ditekankan secara eksplisit, yaitu perbedaan karbon biomassa pohon dengan karbon ekosistem serta syarat konversi hasil per pohon menjadi per hektar. Dengan demikian, kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman perubahan iklim dan fungsi mangrove, melatih pengukuran diameter pohon, memperkenalkan perhitungan biomassa–karbon–CO₂ ekuivalen, serta menyediakan instrumen sederhana yang dapat digunakan kelompok untuk pembelajaran dan pemantauan berkala.

METODE

Kegiatan dilaksanakan bersama Kelompok Pengelola Mangrove TEGAS di Dusun Karet, Desa Anak Setatah, Kecamatan Rangsang Barat, Kabupaten Kepulauan Meranti, Riau, pada 19 September 2026. Sasaran kegiatan adalah enam anggota kelompok yang aktif dalam pembibitan dan penanaman. Tim pelaksana terdiri atas tiga dosen Fakultas Kehutanan dan Sains Universitas Lancang Kuning. Kegiatan berlangsung selama satu hari (pukul 09.00–17.00 WIB, waktu efektif ± 6 jam) di rumah ketua kelompok dan areal mangrove yang dikelola mitra. Pendekatan yang digunakan adalah partisipatif, yaitu pengalaman peserta dalam pembibitan, penanaman, penyulaman, dan perlindungan pesisir dijadikan konteks awal untuk menjelaskan perubahan iklim dan karbon biomassa.

Permasalahan mitra dikelompokkan menjadi empat hal, yaitu literasi perubahan iklim dan fungsi mangrove yang belum sistematis, belum terbiasanya pencatatan jenis dan diameter pohon, belum dikuasainya rantai hitung karbon, serta belum tersedianya prinsip pencatatan plot atau transek untuk konversi satuan per hektar. Bentuk intervensi, luaran, dan indikator keberhasilan untuk setiap permasalahan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Permasalahan mitra, intervensi, luaran, dan indikator keberhasilan

Permasalahan	Intervensi	Luaran	Indikator keberhasilan
Literasi iklim dan fungsi mangrove belum sistematis	Penyuluhan interaktif berbasis konteks lokal	Peningkatan pengetahuan	Rata-rata post-test $\geq 70\%$ dan N-gain $\geq 0,3$
Pencatatan data pohon belum terstruktur	Demonstrasi jenis, keliling/DBH, titik ukur,	Keterampilan dasar pengukuran dan	Peserta mempraktikkan penentuan titik ukur dan

Permasalahan	Intervensi	Luaran	Indikator keberhasilan
Rantai hitung karbon belum dikuasai	kondisi pohon, dan berat jenis kayu Latihan AGB → BGB → biomassa total → C → CO ₂ e	lembar kerja lapangan Lembar kerja perhitungan	pencatatan data dengan pendampingan Peserta mengikuti contoh hitung bertahap hingga CO ₂ e
Belum ada dasar konversi per hektar	Pengenalan plot/transek dan luas sampel	Format monitoring awal	Syarat konversi per hektar dibahas dalam diskusi dan soal post-test

Pelaksanaan kegiatan mengikuti enam tahap (Gambar 1). Tahap pertama adalah pre-test (±15 menit). Tahap kedua adalah edukasi perubahan iklim dan peran mangrove (±60 menit) melalui paparan bergambar dan tanya jawab yang mengaitkan materi dengan pengalaman abrasi peserta. Tahap ketiga adalah demonstrasi teknik pengukuran (±45 menit), meliputi pengenalan jenis, penentuan titik ukur DBH, pengukuran keliling dengan pita ukur, dan konversi keliling menjadi diameter. Tahap keempat adalah praktik lapangan (±120 menit), ketika peserta secara bergiliran mengukur dan mencatat data pohon contoh pada lembar kerja. Tahap kelima adalah latihan perhitungan biomassa, karbon, dan CO₂ ekuivalen secara bertahap (±90 menit) menggunakan lembar kerja dan kalkulator. Tahap keenam adalah diskusi, refleksi, dan post-test (±30 menit).



Gambar 1. Alur pelaksanaan kegiatan

Data lapangan yang diperkenalkan meliputi nama jenis, berat jenis kayu (ρ), keliling atau diameter batang, kondisi dan titik pengukuran, serta luas plot atau transek apabila hasil akan dinyatakan per hektar. Diameter setinggi dada pada batang normal diukur sekitar 1,3 m dari permukaan tanah. Pada *Rhizophora* berakar tunjang, titik ukur ditempatkan sekitar 30 cm di atas akar tunjang tertinggi yang masih menempel pada batang. Jika yang diukur adalah keliling, diameter dihitung dengan $D = \text{keliling} / \pi$ ($\pi \approx 3,1416$) (Komiya et al., 2005).

Perhitungan latihan menggunakan persamaan alometrik umum mangrove, yaitu $AGB = 0,251 \times \rho \times D^{2,46}$ dan $BGB = 0,199 \times \rho^{0,899} \times D^{2,22}$, dengan AGB dan BGB dalam kg, ρ dalam g/cm³, dan D dalam cm; biomassa total dihitung sebagai AGB + BGB (Komiya et al., 2005). Kandungan karbon dihitung menggunakan fraksi karbon default 0,47 dari biomassa kering, kemudian dikonversi menjadi CO₂ ekuivalen melalui $C \times 44/12$ atau $C \times 3,667$ (IPCC, 2006).

Evaluasi pengetahuan menggunakan 10 soal pilihan ganda yang mencakup konsep perubahan iklim, gas rumah kaca, dampak perubahan iklim, fungsi mangrove, biomassa, diameter batang, fraksi karbon, serta konversi karbon menjadi CO₂. Soal yang sama diberikan secara tertulis dan dikerjakan secara individu tanpa diskusi pada awal kegiatan (pre-test) dan akhir kegiatan (post-test) dengan waktu ±15 menit; soal dibacakan oleh tim bila diperlukan. Setiap jawaban benar bernilai 1, dan skor dinyatakan sebagai persentase jawaban benar (jumlah benar/10 × 100%). Analisis dilakukan secara deskriptif dengan menghitung rata-rata pre-test, rata-rata post-test, selisih poin persentase, persentase jawaban benar per aspek, dan normalized gain (N-gain) = (skor post-test – skor pre-test)/(100 – skor

This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license

pre-test). Nilai N-gain dikategorikan tinggi ($g \geq 0,7$), sedang ($0,3 \leq g < 0,7$), atau rendah ($g < 0,3$) (Hake, 1998).

Keterampilan peserta diamati secara informal oleh tim pelaksana selama praktik lapangan dan latihan perhitungan, terutama dalam menentukan titik ukur DBH, mengonversi keliling menjadi diameter, mencatat data pohon, dan mengikuti contoh perhitungan. Observasi tersebut tidak menggunakan rubrik terstruktur sehingga hanya diperlakukan sebagai catatan proses, bukan sebagai ukuran capaian. Oleh karena itu, kriteria keberhasilan kegiatan ditetapkan pada aspek pengetahuan, yaitu rata-rata skor post-test $\geq 70\%$ dengan N-gain minimal kategori sedang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan pengabdian mempertemukan dua sumber pengetahuan yang sebelumnya berjalan relatif terpisah, yaitu pengalaman konservasi masyarakat dan kerangka ilmiah pengukuran karbon. Keenam peserta mengikuti seluruh rangkaian kegiatan dari pre-test hingga post-test. Pada sesi awal, pengalaman peserta mengenai abrasi, pembibitan, penanaman, penyulaman, dan pemeliharaan mangrove digunakan sebagai titik masuk untuk menjelaskan bahwa perubahan iklim tidak hanya berkaitan dengan kenaikan suhu, tetapi juga berdampak pada air, pangan, kesehatan, mata pencaharian, ekosistem, dan wilayah pesisir. Pendekatan ini membantu memindahkan pembahasan dari isu global yang abstrak menuju pengalaman lokal yang telah lama dihadapi peserta (Gambar 2).



Gambar 2. Edukasi perubahan iklim dan perhitungan karbon bersama Kelompok TEGAS
(Sumber: Dokumentasi Eno Suwarno, 2026)

Pada sesi berikutnya, fungsi mangrove dibahas dalam empat dimensi: adaptasi pesisir, fungsi ekologis, manfaat sosial-ekonomi, dan mitigasi melalui penyimpanan karbon. Penekanan diberikan pada perbedaan antara karbon biomassa pohon dan total karbon ekosistem mangrove. Peserta diperkenalkan bahwa sebagian besar karbon ekosistem mangrove berada pada tanah atau sedimen (Murdiyarso et al., 2015), sedangkan kegiatan ini sengaja membatasi latihan pada biomassa pohon hidup agar metode dapat dipahami dan dipraktikkan tanpa pengambilan sampel tanah yang lebih kompleks. Pembatasan ruang lingkup ini penting agar peserta memahami apa yang diukur dan apa yang belum diukur, sehingga tidak terjadi klaim berlebihan atas hasil latihan.

Demonstrasi pengukuran memperlihatkan bahwa kesalahan kecil pada titik DBH dapat memengaruhi hasil estimasi biomassa karena diameter masuk ke dalam persamaan dalam bentuk pangkat. Sebagai ilustrasi, dengan persamaan AGB di atas, kesalahan pengukuran diameter sebesar 10% menghasilkan perbedaan AGB sekitar 26%. Peserta diperkenalkan pada perbedaan titik ukur batang normal dan *Rhizophora* berakar tunjang, serta cara mengubah keliling menjadi diameter. Penekanan pada ketelitian ini sejalan dengan literatur biomassa yang menunjukkan bahwa pilihan variabel dan model alometrik berpengaruh langsung terhadap hasil estimasi (Fradette et al., 2021;

Salunkhe et al., 2023; Gaui et al., 2024; Darcha et al., 2025). Dengan demikian, latihan tidak hanya menekankan kemampuan memasukkan angka ke dalam rumus, tetapi juga kualitas data sebelum perhitungan dilakukan.

Pada latihan perhitungan, peserta mengikuti rantai data dari diameter dan berat jenis kayu menuju AGB, BGB, biomassa total, karbon, dan CO₂ ekuivalen. Sebagai contoh pembelajaran digunakan *Avicennia alba* dengan DBH 15 cm dan $\rho = 0,506 \text{ g/cm}^3$. Perhitungan menghasilkan AGB sekitar 99,3 kg, BGB 44,0 kg, biomassa total 143,3 kg, karbon sekitar 67,4 kg C, dan ekuivalen sekitar 247,0 kg CO₂e. Angka tersebut merupakan contoh latihan dari materi penyuluhan, bukan hasil inventarisasi tegakan Kelompok TEGAS. Penjelasan ini disampaikan secara eksplisit agar peserta memahami perbedaan antara contoh matematis, data pohon aktual, dan estimasi stok karbon suatu areal.

Batas interpretasi lain yang ditekankan adalah konversi per hektar. Hasil beberapa pohon contoh dapat dinyatakan sebagai kg biomassa, kg C, atau kg CO₂e per pohon, tetapi tidak otomatis dapat diubah menjadi Mg C/ha. Konversi areal memerlukan luas plot atau transek yang diketahui, jumlah pohon yang masuk dalam area sampel, dan desain pengukuran yang dapat dipertanggungjawabkan. Prinsip ini menjadi salah satu nilai tambah kegiatan karena literasi karbon tidak berhenti pada memperoleh angka, tetapi juga memahami kapan suatu angka layak dibandingkan, dijumlahkan, atau diekstrapolasi.

Hasil evaluasi pengetahuan disajikan pada Tabel 2. Seluruh peserta mengalami peningkatan skor dengan rentang kenaikan 40–60 poin persentase.

Tabel 2. Hasil pre-test dan post-test peserta

Peserta	Benar pre-test	Pre-test (%)	Benar post-test	Post-test (%)	Selisih (poin %)	N-gain	Kategori
P1	2	20	7	70	50	0,63	Sedang
P2	3	30	8	80	50	0,71	Tinggi
P3	2	20	8	80	60	0,75	Tinggi
P4	3	30	7	70	40	0,57	Sedang
P5	3	30	8	80	50	0,71	Tinggi
P6	2	20	8	80	60	0,75	Tinggi
Rata-rata	2,5	25,0	7,7	76,7	51,7	0,69	Sedang

Rata-rata skor meningkat dari 25,0% pada pre-test menjadi 76,7% pada post-test, atau bertambah 51,7 poin persentase dengan N-gain 0,69 (kategori sedang, mendekati batas tinggi). Empat peserta berada pada kategori N-gain tinggi dan dua peserta pada kategori sedang, sedangkan tidak ada peserta pada kategori rendah. Skor pre-test yang seragam rendah (20–30%) menunjukkan bahwa sebelum kegiatan peserta umumnya baru menguasai dua sampai tiga konsep, sejalan dengan hasil wawancara awal. Setelah kegiatan, seluruh peserta mencapai skor minimal 70%, sehingga kriteria keberhasilan aspek pengetahuan terpenuhi. Namun, tidak ada peserta yang mencapai skor 100%; setiap peserta masih keliru pada dua sampai tiga soal, yang menandakan bahwa sebagian konsep belum sepenuhnya dikuasai. Dari 14 jawaban keliru pada post-test, delapan berada pada aspek fraksi karbon dan konversi CO₂ (Tabel 3).

Rincian perubahan per aspek pengetahuan disajikan pada Tabel 3. Pada pre-test, aspek yang paling banyak dijawab benar adalah fungsi mangrove (66,7%) dan dampak perubahan iklim (50,0%), sesuai dengan pengalaman panjang peserta menghadapi abrasi dan merehabilitasi pesisir. Sebaliknya, aspek biomassa dan pengukuran diameter serta aspek fraksi karbon dan konversi CO₂ masing-masing hanya dijawab benar 11,1%, yang mengonfirmasi kesenjangan kemampuan teknis yang menjadi sasaran kegiatan. Peningkatan terbesar terjadi pada aspek biomassa dan pengukuran diameter, yaitu

dari 11,1% menjadi 83,3% (+72,2 poin), yang berkaitan langsung dengan demonstrasi dan praktik pengukuran. Aspek fungsi mangrove mencapai 100% pada post-test. Sebaliknya, aspek fraksi karbon dan konversi CO₂ masih menjadi bagian dengan capaian terendah pada post-test (55,6%). Pola ini dapat dipahami karena konsep yang dipraktikkan langsung lebih mudah diingat daripada konsep numerik yang lebih abstrak, seperti fraksi karbon 0,47 dan rasio 44/12, yang hanya dilatih melalui contoh hitung. Temuan tersebut sejalan dengan literatur pendidikan iklim yang menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis pengalaman dan konteks lokal memperkuat pemahaman, terutama pada dimensi pengetahuan (Kumar et al., 2023; Anderson, 2024; Chen et al., 2026).

Tabel 3. Persentase jawaban benar per aspek pengetahuan

Aspek pengetahuan	Nomor soal	Pre-test (%)	Post-test (%)	Perubahan (poin %)
Konsep perubahan iklim dan gas rumah kaca	1–2	33,3	83,3	50,0
Dampak perubahan iklim	3	50,0	83,3	33,3
Fungsi mangrove	4	66,7	100,0	33,3
Biomassa dan pengukuran diameter	5–7	11,1	83,3	72,2
Fraksi karbon dan konversi CO ₂	8–10	11,1	55,6	44,4
Keseluruhan	1–10	25,0	76,7	51,7

Peningkatan skor tersebut perlu dibaca secara hati-hati. Pre-test dan post-test menggunakan soal yang sama dengan jeda yang pendek pada hari yang sama, sehingga sebagian kenaikan dapat dipengaruhi oleh efek pengenalan soal. Jumlah peserta yang hanya enam orang dan ketiadaan kelompok pembanding juga membuat hasil ini tidak dapat digeneralisasi secara statistik. Oleh karena itu, kenaikan skor dimaknai sebagai indikasi peningkatan pemahaman jangka pendek pada kelompok sasaran, bukan bukti retensi pengetahuan jangka panjang.

Keterampilan pengukuran dan perhitungan dalam kegiatan ini ditempatkan sebagai pengenalan awal melalui praktik terbimbing. Oleh karena itu, artikel ini tidak mengklaim peningkatan keterampilan secara kuantitatif, melainkan menempatkan capaian tersebut sebagai bahan evaluasi untuk kegiatan lanjutan. Catatan lapangan tim menunjukkan bahwa langkah yang paling sering memerlukan bantuan peserta adalah pembacaan skala pada alat ukur, konversi satuan, serta penjumlahan dan perataan data antarplot, sementara peserta umumnya lebih cepat menguasai pencatatan dan penandaan plot. Penguasaan keterampilan secara mandiri perlu dinilai pada kegiatan lanjutan menggunakan lembar observasi berindikator, misalnya pada saat pengukuran ulang plot contoh.

Dari sisi proses, peserta diarahkan untuk tidak sekadar menghafal faktor 0,47 atau 44/12, tetapi memahami maknanya. Faktor 0,47 diposisikan sebagai fraksi karbon default biomassa kering, sedangkan 44/12 menjelaskan perbandingan massa molekul CO₂ dengan massa atom C. Pemahaman terhadap makna satuan dan asumsi tersebut penting karena penyederhanaan rumus tanpa penjelasan dapat mendorong salah tafsir, misalnya menyamakan massa CO₂ ekuivalen yang tersimpan dengan laju serapan tahunan. Kesadaran terhadap keterbatasan metode merupakan bagian dari literasi ilmiah yang diperlukan apabila kelompok kelak terlibat dalam inventarisasi yang lebih formal. Capaian aspek ini yang baru 55,6% pada post-test menunjukkan bahwa satu sesi latihan belum cukup; kegiatan lanjutan perlu memberi porsi latihan hitung yang lebih banyak, misalnya menggunakan data pohon yang diukur sendiri oleh kelompok.

Nilai tambah program ini bukan terletak pada penggunaan teknologi yang rumit, melainkan pada penyusunan rantai belajar yang dapat direplikasi oleh kelompok: memahami isu iklim, mengukur

pohon secara benar, menghitung secara transparan, mencatat asumsi, lalu mengulangi pengukuran dari waktu ke waktu. Berbeda dengan program mangrove berbasis masyarakat yang berfokus pada penanaman, regulasi, atau ekowisata (Putra et al., 2025; Irwadi et al., 2026), kegiatan ini membekali kelompok dengan dasar untuk menghasilkan data tegakannya sendiri. Kemampuan tersebut relevan dengan kebutuhan pemantauan dan evaluasi rehabilitasi mangrove yang selama ini menjadi titik lemah program rehabilitasi di Indonesia (Arifanti et al., 2022; Sasmito et al., 2023).

Kegiatan ini memiliki beberapa keterbatasan. Jumlah peserta hanya enam orang sehingga evaluasi ditujukan untuk menilai perubahan pada kelompok sasaran, bukan untuk generalisasi. Evaluasi dilakukan segera setelah kegiatan sehingga retensi pengetahuan dan keterampilan dalam jangka panjang belum diketahui. Selain itu, belum tersedia data plot atau transek untuk menghitung stok karbon per hektar pada areal yang dikelola kelompok. Oleh sebab itu, tindak lanjut kegiatan diarahkan pada penetapan plot contoh permanen, pencatatan jenis dan DBH secara konsisten, penggunaan berat jenis kayu yang tervalidasi, serta pengukuran ulang berkala yang sekaligus dapat menjadi sarana evaluasi retensi keterampilan peserta.

KESIMPULAN

Kegiatan edukasi perubahan iklim dan perhitungan karbon biomassa mangrove berhasil meningkatkan pengetahuan anggota Kelompok Pengelola Mangrove TEGAS. Rata-rata skor meningkat dari 25,0% menjadi 76,7% dengan N-gain 0,69 (kategori sedang), dan seluruh peserta mencapai skor post-test minimal 70%. Peningkatan terbesar terjadi pada aspek biomassa dan pengukuran diameter (11,1% menjadi 83,3%), sedangkan pemahaman fraksi karbon dan konversi CO₂ (55,6%) masih perlu diperkuat. Keterampilan pengukuran diameter dan perhitungan karbon telah diperkenalkan melalui praktik terbimbing, tetapi penguasaannya belum diukur secara terstruktur sehingga perlu dinilai pada kegiatan lanjutan. Kegiatan juga menghasilkan materi edukasi, instrumen evaluasi, lembar kerja pengukuran, dan panduan perhitungan sederhana. Agar kemampuan tersebut berkembang menjadi praktik pemantauan yang mandiri, kelompok perlu didampingi dalam penetapan plot contoh permanen dan pengukuran ulang secara berkala.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis menyampaikan terima kasih kepada Fakultas Kehutanan dan Sains Universitas Lancang Kuning atas dukungan pelaksanaan Pengabdian kepada Masyarakat tahun 2026, kepada Kelompok Pengelola Mangrove TEGAS di Desa Anak Setatah atas partisipasi dan kesediaan berbagi pengalaman konservasi, serta kepada pihak-pihak yang membantu koordinasi dan pelaksanaan kegiatan di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, A. (2024). Climate change and sustainability literacy: A mixed-methods study of attitudes to climate education in secondary schools. *Climatic Change*, 177, 169. <https://doi.org/10.1007/s10584-024-03815-1>
- Arifanti, V. B., Sidik, F., Mulyanto, B., Susilowati, A., Wahyuni, T., Subarno, Yulianti, Yuniarti, N., Aminah, A., Suita, E., Karlina, E., Suharti, S., Pratiwi, Turjaman, M., Hidayat, A., Rachmat, H. H., Imanuddin, R., Yeny, I., Darwiati, W., ... Novita, N. (2022). Challenges and strategies for sustainable mangrove management in Indonesia: A review. *Forests*, 13(5), 695. <https://doi.org/10.3390/f13050695>
- Chen, J., Ren, Y., & Yang, Y. (2026). The effect of school science education on students' climate literacy: A three-level meta-analysis. *Frontiers in Psychology*, 17, 1769772. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2026.1769772>

- Dang, P., Ciais, P., Gao, J., Zhu, Y., Xue, J., Qin, X., & Ros, G. H. (2025). Long-term climate warming weakens positive plant biomass responses globally. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 122(34), e2420397122. <https://doi.org/10.1073/pnas.2420397122>
- Darcha, G., Birhane, E., Kassa, H., & Gebrewahid, Y. (2025). Allometric equations to predict aboveground biomass and carbon stock of *Faidherbia albida* in parkland agroforestry. *Forest Science and Technology*, 21(3), 221–232. <https://doi.org/10.1080/21580103.2025.2497246>
- Dusenge, M. E., Duarte, A. G., & Way, D. A. (2019). Plant carbon metabolism and climate change: Elevated CO₂ and temperature impacts on photosynthesis, photorespiration and respiration. *New Phytologist*, 221(1), 32–49. <https://doi.org/10.1111/nph.15283>
- Fradette, O., Marty, C., Tremblay, P., Lord, D., & Boucher, J.-F. (2021). Allometric equations for estimating biomass and carbon stocks in afforested open woodlands with black spruce and jack pine, in the eastern Canadian boreal forest. *Forests*, 12(1), 59. <https://doi.org/10.3390/f12010059>
- Gauí, T. D., Cysneiros, V. C., de Souza, F. C., de Souza, H. J., Silveira Filho, T. B., Carvalho, D. C. d., Pace, J. H. C., Vidaurre, G. B., & Miguel, E. P. (2024). Biomass equations and carbon stock estimates for the southeastern Brazilian Atlantic Forest. *Forests*, 15(9), 1568. <https://doi.org/10.3390/f15091568>
- Gebeyehu, D., Dalelo, A., Eshetu, F., & Hagos, M. (2024). Energy-, environmental-, and climate change literacy among primary and middle school students. *International Journal of Research in Education and Science*, 10(1), 100–124. <https://doi.org/10.46328/ijres.3330>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2006). Introduction. In *2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories* (Vol. 4: Agriculture, forestry and other land use, Ch. 1). Institute for Global Environmental Strategies. <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). *2013 supplement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Wetlands* (T. Hiraishi, T. Krug, K. Tanabe, N. Srivastava, J. Baasansuren, M. Fukuda, & T. G. Troxler, Eds.). IPCC. <https://www.ipcc.ch/publication/2013-supplement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories-wetlands/>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). Summary for policymakers. In H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, & B. Rama (Eds.), *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 3–33). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.001>
- Irwadi, I., Marviana, R. D., Pratama, I., Zulkarnain, M., Atrizka, D., Zulyadi, R., Ritonga, S., & Frensh, W. (2026). Optimalisasi reboisasi mangrove dan eduwisata Kampung Nipah untuk peningkatan ekonomi masyarakat pesisir. *JPM: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(3), 560–572. <https://doi.org/10.47065/jpm.v6i3.2605>
- Komiyama, A., Pongparn, S., & Kato, S. (2005). Common allometric equations for estimating the tree weight of mangroves. *Journal of Tropical Ecology*, 21(4), 471–477. <https://doi.org/10.1017/S0266467405002476>
- Kumar, P., Sahani, J., Rawat, N., Debele, S., Tiwari, A., Emygdio, A. P. M., Abhijith, K. V., Kukadia, V., Holmes, K., & Pfautsch, S. (2023). Using empirical science education in schools to improve climate change literacy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 178, 113232. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113232>
- Murdiyarso, D., Purbopuspito, J., Kauffman, J. B., Warren, M. W., Sasmito, S. D., Donato, D. C., Manuri, S., Krisnawati, H., Taberima, S., & 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>
- Puplampu, D. A., & Bofo, Y. A. (2021). Exploring the impacts of urban expansion on green spaces availability and delivery of ecosystem services in the Accra metropolis. *Environmental Challenges*, 5, 100283. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100283>
- Putra, D. S., Yusuf, M., Hapsa, Rizal, A. N., Kausar, J. A., Rahmadani, S., & Maielayuska. (2025). Strengthening coastal resilience through community-based mangrove conservation. *Community Empowerment*, 10(12), 2367–2375. <https://doi.org/10.31603/ce.15510>
- Richards, D. R., & Belcher, R. N. (2020). Global changes in urban vegetation cover. *Remote Sensing*, 12(1), 23. <https://doi.org/10.3390/rs12010023>
- Rohmawati, F. Y. (2024). High school student's climate change literacy: Evidence from Bogor, Indonesia. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences*, 22(2). <https://doi.org/10.57239/PJLSS-2024-22.2.000863>
- Salunkhe, O. R., Valvi, G. R., Singh, S., et al. (2023). Forest carbon stock and biomass estimation in West Central India using two allometric models. *Carbon Research*, 2, 9. <https://doi.org/10.1007/s44246-023-00039-3>
- Sasmito, S. D., Basyuni, M., Kridalaksana, A., et al. (2023). Challenges and opportunities for achieving Sustainable Development Goals through restoration of Indonesia's mangroves. *Nature Ecology & Evolution*, 7, 62–70. <https://doi.org/10.1038/s41559-022-01926-5>
- Suryadi. (2018, May 13). *Jaga Pulau Rangsang dari abrasi ala Kadar dan Farida*. Mongabay Indonesia. <https://mongabay.co.id/2018/05/13/jaga-pulau-rangsang-dari-abrasi-ala-kadar-dan-farida/>
- Terrer, C., Phillips, R. P., Hungate, B. A., et al. (2021). A trade-off between plant and soil carbon storage under elevated CO₂. *Nature*, 591, 599–603. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03306-8>