

PENGUATAN LITERASI HUTAN DAN KARBON MELALUI PROGRAM EDUKASI DI SMA UNIMUDA PULAU ARAR

Try Danuwijaya ¹⁾, Nur Afni Khairunisa ²⁾, Henraman ³⁾, Ichsan Muhamamd Abduh ⁴⁾, Agfajrina Cindra Pamungkas ⁵⁾, Hendra Sudirman ⁶⁾, Kristian Kornelius ⁷⁾

^{1,2,3,4,5,7} Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong, Papua Barat Daya, Indonesia.

Korespondensi Penulis. E-mail: o.omdanu@gmail.com

ABSTRAK

Hutan berperan strategis sebagai penyerap karbon dioksida yang mendukung mitigasi perubahan iklim, termasuk melalui mekanisme perdagangan karbon internasional seperti Internationally Transferred Mitigation Outcomes (ITMO) dalam implementasi Article 6.2 Paris Agreement. Namun, keberhasilan kebijakan tersebut memerlukan dukungan masyarakat, termasuk pemahaman generasi muda mengenai fungsi hutan, khususnya siswa SMA di wilayah Pulau Arar, Kabupaten Sorong. Kegiatan pengabdian ini bertujuan memberikan edukasi mengenai fungsi hutan dan peran karbon dalam menjaga keseimbangan ekosistem kepada 65 siswa SMA UNIMUDA Pulau Arar. Kegiatan dilaksanakan melalui metode sosialisasi dan edukasi tatap muka dalam tiga tahap: persiapan, pelaksanaan (penyampaian materi, tanya jawab, dan diskusi), serta evaluasi menggunakan *pre-test* dan *post-test*. Hasil evaluasi menunjukkan peningkatan pemahaman siswa dari 43% (*pre-test*) menjadi 86% (*post-test*), dengan nilai N-Gain sebesar 0,75 (kategori tinggi). Siswa juga menunjukkan antusiasme dan partisipasi aktif selama sesi diskusi. Kegiatan ini dapat dijadikan model edukasi lingkungan berkelanjutan yang dapat direplikasi di sekolah lain, dengan rekomendasi tindak lanjut berupa kegiatan praktik langsung seperti penanaman pohon.

Kata Kunci: Hutan; Karbon; Edukasi Lingkungan; Kesadaran Lingkungan; Siswa.

ABSTRACT

Forests play a strategic role in absorbing carbon dioxide and supporting climate change mitigation, including through international carbon trading mechanisms such as Internationally Transferred Mitigation Outcomes (ITMO) under the implementation of Article 6.2 of the Paris Agreement. However, the success of such policies requires public support, including young people's understanding of forest functions, particularly among senior high school students in the Pulau Arar area, Sorong Regency. This community service activity aimed to provide education on forest functions and the role of carbon in maintaining ecosystem balance to 65 students of SMA UNIMUDA Pulau Arar. The activity was carried out through direct face-to-face socialization and education in three stages: preparation, implementation (material delivery, question-and-answer, and discussion), and evaluation using a *pre-test* and *post-test*. The evaluation showed an increase in students' understanding from 43% (*pre-test*) to 86% (*post-test*), with an N-Gain score of 0.75 (high category). Students also showed high enthusiasm and active participation during the discussion session. This activity can serve as a model for sustainable environmental education that can be replicated in other schools, with a recommendation for follow-up activities such as tree planting.

Keywords: Forest; Carbon; Environmental Education; Environmental Awareness; Students.

Article History:

Received : 2026-05-1

Revised : 2026-05-20

Accepted : 2026-07-1

PENDAHULUAN

Hutan merupakan ekosistem yang memiliki peran strategis dalam menjaga keseimbangan lingkungan melalui kemampuannya menyerap karbon dioksida (CO₂) dari atmosfer dan menyimpannya dalam biomassa serta tanah. Fungsi tersebut menjadikan hutan sebagai salah satu penyerap karbon (carbon sink) utama yang berkontribusi terhadap pengurangan emisi gas rumah kaca dan mitigasi perubahan iklim global (Putri et al., 2024; FAO, 2020; Pan et al., 2011). Selain memberikan manfaat ekologis, hutan juga memiliki nilai ekonomi dalam mendukung pembangunan rendah karbon melalui mekanisme perdagangan karbon yang berkembang sejak disepakatinya Paris Agreement tahun 2015 (UNFCCC, 2015).

Indonesia sebagai negara yang memiliki hutan tropis terbesar ketiga di dunia memiliki posisi strategis dalam mendukung pencapaian target pengurangan emisi gas rumah kaca. Melalui implementasi Article 6.2 Paris Agreement, Indonesia mulai mengembangkan kerja sama internasional berbasis perdagangan karbon untuk mendukung pencapaian Nationally Determined Contribution (NDC). Mekanisme tersebut memungkinkan terjadinya pertukaran hasil mitigasi antarnegara melalui Internationally Transferred Mitigation Outcomes (ITMO) dengan tetap memperhatikan prinsip transparansi, akuntabilitas, dan integritas lingkungan (Danuwijaya & Ongom, 2025a). Kebijakan ini

membuka peluang bagi sektor kehutanan untuk memberikan kontribusi yang lebih besar terhadap pembangunan berkelanjutan sekaligus meningkatkan nilai ekonomi jasa lingkungan.

Meskipun demikian, keberhasilan implementasi kebijakan karbon tidak hanya bergantung pada regulasi pemerintah, tetapi juga memerlukan dukungan masyarakat melalui peningkatan pengetahuan dan kesadaran lingkungan. (Danuwijaya dan Ongom 2025b) menjelaskan bahwa tata kelola implementasi ITMO di Indonesia masih didominasi oleh pemerintah, dunia usaha, dan akademisi, sedangkan keterlibatan masyarakat serta organisasi nonpemerintah dalam proses pengambilan keputusan masih relatif terbatas. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan literasi lingkungan dan pemahaman mengenai fungsi hutan sebagai penyerap karbon menjadi faktor penting dalam mendukung keberhasilan kebijakan mitigasi perubahan iklim.

Pulau Arar, Kabupaten Sorong, merupakan salah satu wilayah yang memiliki ekosistem hutan yang berpotensi mendukung penyimpanan karbon sekaligus menjadi lokasi SMA UNIMUDA Pulau Arar. Berdasarkan hasil observasi awal tim pengabdian, sebagian besar siswa belum memperoleh materi secara khusus mengenai hubungan antara hutan, karbon, dan perubahan iklim. Padahal, pemahaman mengenai fungsi ekologis hutan sangat penting untuk membangun kesadaran generasi muda dalam menjaga kelestarian lingkungan sejak dini (Khoiri et al., 2024; Seymour & Busch, 2016).

Permasalahan utama yang dihadapi siswa SMA UNIMUDA Pulau Arar adalah minimnya wawasan mengenai peran hutan dalam siklus karbon serta dampak kerusakan hutan terhadap keseimbangan lingkungan dan perubahan iklim. Rendahnya pemahaman tersebut berpotensi menghambat tumbuhnya perilaku peduli lingkungan pada generasi muda. Selain itu, meningkatnya perhatian dunia terhadap perdagangan karbon menjadikan pemahaman mengenai fungsi hutan semakin penting karena sektor kehutanan merupakan salah satu penyumbang utama penurunan emisi karbon di Indonesia (World Bank, 2022; Danuwijaya & Ongom, 2025a).

Berdasarkan kondisi tersebut, Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong melalui program pengabdian kepada masyarakat berinisiatif menyelenggarakan edukasi mengenai hutan dan karbon bagi siswa SMA UNIMUDA Pulau Arar. Kegiatan dilaksanakan melalui metode sosialisasi, diskusi interaktif, dan sesi tanya jawab sehingga peserta tidak hanya memperoleh pengetahuan secara teoritis, tetapi juga memahami pentingnya menjaga kelestarian hutan sebagai bagian dari upaya mitigasi perubahan iklim. Pendekatan partisipatif seperti ini diharapkan mampu meningkatkan literasi lingkungan sekaligus mendorong keterlibatan generasi muda dalam mendukung pembangunan rendah karbon (UNEP, 2023).

Kegiatan ini diharapkan dapat meningkatkan pengetahuan siswa mengenai fungsi hutan sebagai penyerap karbon, menumbuhkan kepedulian terhadap pelestarian lingkungan, serta membentuk perilaku yang mendukung pengelolaan hutan secara berkelanjutan. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pendidikan lingkungan sejak usia sekolah mampu meningkatkan pengetahuan, sikap, dan perilaku peduli lingkungan peserta didik (Khoiri et al., 2024; Daniati, 2026). Sejalan dengan hal tersebut, Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan menegaskan bahwa pengelolaan hutan harus dilaksanakan secara berkelanjutan demi menjamin keseimbangan lingkungan dan kesejahteraan masyarakat. Oleh karena itu, edukasi mengenai hutan dan karbon menjadi langkah strategis dalam mendukung pelestarian lingkungan sekaligus memperkenalkan perkembangan kebijakan perubahan iklim, termasuk implementasi Article 6.2 dan mekanisme ITMO sebagai bagian dari komitmen Indonesia dalam menurunkan emisi gas rumah kaca (Danuwijaya & Ongom, 2025a; Danuwijaya & Ongom, 2025b).

METODE PELAKSANAAN

Lokasi dan Waktu Kegiatan

Kegiatan pengabdian ini dilaksanakan di SMA UNIMUDA, Pulau Arar, Kabupaten Sorong, Provinsi Papua Barat Daya, pada hari Senin, 20 Oktober 2025. Lokasi ini dipilih karena berada di wilayah yang memiliki ekosistem hutan sekaligus menjadi salah satu sekolah mitra Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong dalam pelaksanaan program pengabdian kepada masyarakat. Kegiatan ini menjadi bagian dari upaya peningkatan literasi lingkungan dan penguatan kesadaran generasi muda terhadap pentingnya pelestarian hutan serta mitigasi perubahan iklim di wilayah Papua Barat Daya.

Sasaran dan Mitra Pengabdian

Sasaran utama kegiatan pengabdian ini adalah 65 siswa-siswi SMA UNIMUDA Pulau Arar yang menjadi peserta kegiatan edukasi lingkungan. Pemilihan sasaran ini didasarkan pada pentingnya menanamkan pemahaman sejak dini mengenai pelestarian hutan, mitigasi perubahan iklim, serta peran generasi muda dalam mendukung pembangunan berkelanjutan.

Mitra pelaksanaan kegiatan adalah pihak sekolah, yang meliputi Kepala Sekolah dan dewan guru SMA UNIMUDA Pulau Arar. Mitra berperan dalam memfasilitasi koordinasi pelaksanaan kegiatan, penyediaan tempat, penjadwalan kegiatan, serta pengorganisasian 65 peserta didik selama

kegiatan edukasi berlangsung sehingga seluruh rangkaian pengabdian dapat terlaksana secara efektif dan kondusif.

Tahapan Pelaksanaan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan melalui empat tahapan utama, yaitu:

1. Tahap Persiapan

Pada tahap ini dilakukan koordinasi dengan pihak SMA UNIMUDA Pulau Arar untuk menentukan waktu dan tempat pelaksanaan kegiatan, menyusun materi edukasi mengenai hutan dan karbon, menyiapkan media pembelajaran, serta menyusun instrumen evaluasi berupa *pre-test* dan *post-test*.

2. Tahap Pelaksanaan

Kegiatan diawali dengan pemberian *pre-test* kepada 65 siswa untuk mengukur tingkat pengetahuan awal mengenai fungsi hutan, siklus karbon, serta peran hutan dalam mitigasi perubahan iklim. Hasil *pre-test* menunjukkan bahwa tingkat pemahaman awal peserta sebesar 43%, sehingga masih diperlukan penguatan materi melalui kegiatan edukasi. Selanjutnya, tim pengabdian menyampaikan materi secara interaktif melalui presentasi, diskusi, tanya jawab, serta penyampaian contoh-contoh kontekstual mengenai kondisi hutan di Papua Barat Daya dan pentingnya menjaga kelestariannya.

3. Tahap Evaluasi

Setelah penyampaian materi, peserta diberikan *post-test* menggunakan instrumen yang setara dengan *pre-test* untuk mengukur peningkatan pemahaman. Selain itu, dilakukan observasi terhadap keaktifan peserta selama diskusi dan sesi tanya jawab. Hasil *post-test* menunjukkan bahwa tingkat pemahaman peserta meningkat menjadi 86%, atau mengalami peningkatan sebesar 43 poin persentase dibandingkan hasil *pre-test*. Peningkatan ini menunjukkan bahwa kegiatan edukasi yang dilaksanakan efektif dalam meningkatkan pengetahuan siswa mengenai fungsi hutan sebagai penyerap karbon (*carbon sink*), siklus karbon, dan peran hutan dalam mitigasi perubahan iklim.

4. Tahap Refleksi dan Tindak Lanjut

Berdasarkan hasil evaluasi, tim pengabdian bersama pihak sekolah merekomendasikan agar materi mengenai pelestarian hutan, karbon, dan perubahan iklim diintegrasikan ke dalam kegiatan pembelajaran maupun program ekstrakurikuler. Tindak lanjut ini diharapkan dapat memperkuat literasi lingkungan dan mendorong partisipasi aktif siswa dalam upaya pelestarian hutan secara berkelanjutan.

Metode dan Pendekatan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menggunakan metode penyuluhan (edukasi) dengan pendekatan partisipatif yang dipadukan dengan presentasi, diskusi interaktif, dan sesi tanya jawab. Pendekatan ini dipilih untuk mendorong keterlibatan aktif siswa dalam memahami materi mengenai fungsi hutan, siklus karbon, serta peran hutan dalam mitigasi perubahan iklim. Penyampaian materi dilakukan secara komunikatif dan kontekstual dengan mengaitkan kondisi lingkungan di Papua Barat Daya sehingga peserta lebih mudah memahami dan menghubungkan materi dengan kehidupan sehari-hari.

Untuk mengukur efektivitas kegiatan, dilakukan evaluasi melalui *pre-test* dan *post-test* terhadap 65 peserta. *Pre-test* diberikan sebelum penyampaian materi untuk mengetahui tingkat pengetahuan awal siswa, sedangkan *post-test* diberikan setelah kegiatan edukasi selesai untuk mengukur peningkatan pemahaman. Hasil evaluasi dianalisis menggunakan N-Gain Score dengan membandingkan skor *pre-test* dan *post-test*. Pendekatan ini memberikan gambaran yang objektif mengenai keberhasilan kegiatan dalam meningkatkan pengetahuan siswa tentang hutan dan karbon serta efektivitas metode edukasi yang diterapkan.

Teknik Evaluasi

Evaluasi keberhasilan kegiatan dilakukan melalui *pre-test*, *post-test*, observasi, dan dokumentasi. *Pre-test* diberikan sebelum penyampaian materi untuk mengidentifikasi tingkat pengetahuan awal siswa mengenai hutan, karbon, dan perubahan iklim, sedangkan *post-test* diberikan setelah kegiatan edukasi untuk mengukur peningkatan pemahaman peserta. Selain itu, observasi dilakukan selama kegiatan berlangsung untuk menilai tingkat partisipasi, antusiasme, dan keaktifan siswa dalam mengikuti presentasi, diskusi, serta sesi tanya jawab.

Data hasil evaluasi dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan hasil *pre-test* dan *post-test*, kemudian dihitung menggunakan N-Gain Score untuk mengetahui efektivitas kegiatan edukasi. Indikator keberhasilan kegiatan ditentukan berdasarkan peningkatan pemahaman peserta terhadap materi yang disampaikan, tingkat partisipasi aktif selama proses pembelajaran, serta meningkatnya kesadaran siswa mengenai pentingnya pelestarian hutan dan peran karbon dalam mitigasi perubahan iklim. Dengan pendekatan evaluasi tersebut, efektivitas pelaksanaan kegiatan dapat diukur secara objektif dan sistematis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelaksanaan Program

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan pada Senin, 20 Oktober 2025 di SMA UNIMUDA Pulau Arar, Kabupaten Sorong, Provinsi Papua Barat Daya dengan melibatkan 65 siswa sebagai peserta. Program diawali dengan pelaksanaan *pre-test* untuk mengidentifikasi tingkat pengetahuan awal peserta mengenai fungsi hutan, karbon, dan perubahan iklim. Selanjutnya, tim pengabdian menyampaikan materi melalui metode penyuluhan yang dipadukan dengan presentasi, diskusi interaktif, dan sesi tanya jawab. Materi yang disampaikan meliputi konsep dasar hutan sebagai penyerap karbon (*carbon sink*), siklus karbon, manfaat ekosistem hutan bagi kehidupan, serta peran masyarakat dalam mitigasi perubahan iklim.

Pelaksanaan kegiatan berlangsung sesuai dengan rencana dan memperoleh dukungan dari pihak sekolah, terutama kepala sekolah dan dewan guru yang membantu koordinasi peserta serta penyediaan sarana kegiatan. Penyampaian materi dilakukan secara komunikatif dengan mengaitkan contoh-contoh nyata yang terdapat di lingkungan Papua Barat Daya sehingga peserta lebih mudah memahami materi yang disampaikan.

Tingkat Partisipasi Peserta

Tingkat partisipasi siswa selama kegiatan tergolong sangat baik. Seluruh peserta mengikuti rangkaian kegiatan mulai dari *pre-test*, penyampaian materi, diskusi, hingga *post-test*. Selama sesi diskusi, siswa menunjukkan antusiasme yang tinggi melalui pertanyaan, tanggapan, dan berbagi pengalaman mengenai kondisi lingkungan di sekitar tempat tinggal mereka. Keterlibatan aktif peserta menunjukkan bahwa metode penyuluhan yang dikombinasikan dengan diskusi interaktif mampu menciptakan suasana belajar yang partisipatif dan meningkatkan minat siswa terhadap isu lingkungan.

Dampak Kegiatan

Hasil pelaksanaan kegiatan menunjukkan dampak positif terhadap peningkatan pengetahuan dan kesadaran lingkungan siswa. Setelah mengikuti kegiatan, peserta memiliki pemahaman yang lebih baik mengenai hubungan antara hutan, karbon, dan perubahan iklim, serta pentingnya menjaga kelestarian hutan sebagai salah satu upaya mitigasi perubahan iklim. Selain meningkatkan aspek pengetahuan, kegiatan ini juga menumbuhkan kepedulian siswa terhadap lingkungan serta mendorong mereka untuk berpartisipasi dalam berbagai aktivitas pelestarian lingkungan, baik di lingkungan sekolah maupun di masyarakat.

Peningkatan Kapasitas Peserta

Peningkatan kapasitas peserta diukur melalui hasil *pre-test* dan *post-test* yang dianalisis menggunakan metode Normalized Gain (N-Gain). Analisis ini digunakan untuk mengetahui tingkat efektivitas kegiatan edukasi dalam meningkatkan pemahaman siswa mengenai fungsi hutan, karbon, dan perubahan iklim. Perhitungan N-Gain mengacu pada rumus yang dikemukakan oleh Hake (1999), yaitu: $\text{"N-Gain"} = (\text{"Skor Post-test"} - \text{"Skor Pre-test"}) / (\text{"Skor Maksimum"} - \text{"Skor Pre-test"})$.

Berdasarkan hasil evaluasi, diperoleh rata-rata nilai *pre-test* sebesar 43% dan *post-test* sebesar 86%. Dengan menggunakan rumus N-Gain, diperoleh hasil sebagai berikut:

$$\text{"N-Gain"} = (86 - 43) / (100 - 43) = 43 / 57 = 0,75.$$

Nilai N-Gain sebesar 0,75 termasuk dalam kategori tinggi, yang menunjukkan bahwa kegiatan edukasi yang dilaksanakan efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa. Peningkatan ini mengindikasikan bahwa metode penyuluhan yang dipadukan dengan presentasi, diskusi interaktif, dan sesi tanya jawab mampu memperkuat kapasitas pengetahuan peserta mengenai fungsi hutan sebagai penyerap karbon (*carbon sink*), siklus karbon, serta pentingnya pelestarian hutan dalam mitigasi perubahan iklim.

Hasil peningkatan kapasitas peserta tersebut juga didukung oleh tingginya partisipasi siswa selama kegiatan berlangsung. Peserta tidak hanya menunjukkan peningkatan pada aspek kognitif yang tercermin dari hasil *post-test*, tetapi juga memperlihatkan peningkatan kesadaran terhadap pentingnya menjaga kelestarian hutan dan lingkungan. Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan edukasi partisipatif efektif dalam meningkatkan literasi lingkungan sekaligus membangun kepedulian siswa terhadap isu perubahan iklim dan konservasi hutan.

Kendala dan Solusi

Selama pelaksanaan kegiatan terdapat beberapa kendala, antara lain keterbatasan waktu pelaksanaan sehingga sesi diskusi belum dapat mengakomodasi seluruh pertanyaan peserta secara mendalam. Selain itu, tingkat pengetahuan awal siswa yang beragam menyebabkan perbedaan kecepatan dalam memahami materi yang disampaikan.

Untuk mengatasi kendala tersebut, tim pengabdian menggunakan bahasa yang sederhana, memberikan contoh-contoh yang relevan dengan kondisi lingkungan sekitar peserta, serta memperbanyak interaksi melalui sesi tanya jawab. Tim juga merekomendasikan agar kegiatan

edukasi lingkungan dilaksanakan secara berkala melalui kolaborasi antara sekolah dan perguruan tinggi sehingga materi dapat diperdalam pada kegiatan berikutnya

Evaluasi Keberhasilan Program

Keberhasilan program dievaluasi berdasarkan hasil *pre-test*, *post-test*, observasi partisipasi peserta, serta analisis N-Gain. Hasil evaluasi menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan pada tingkat pemahaman siswa setelah mengikuti kegiatan edukasi. Selain itu, observasi selama kegiatan menunjukkan tingginya antusiasme dan keterlibatan aktif peserta dalam proses pembelajaran. Nilai N-Gain sebesar 0,75 mengindikasikan bahwa program berada pada kategori tinggi, sehingga metode edukasi yang diterapkan dinilai efektif dalam meningkatkan literasi lingkungan siswa mengenai hutan dan karbon.



Gambar 1. Dokumentasi Pelaksanaan Kegiatan Pengabdian



Gambar 2. Dokumentasi Pelaksanaan Kegiatan Pengabdian

KESIMPULAN

Pelaksanaan program pengabdian kepada masyarakat di SMA UNIMUDA Pulau Arar berjalan dengan baik dan memperoleh respons positif dari peserta maupun pihak sekolah. Pendekatan penyuluhan yang dipadukan dengan presentasi dan diskusi interaktif terbukti mampu meningkatkan

partisipasi serta pemahaman siswa mengenai fungsi hutan dan karbon. Peningkatan hasil belajar yang ditunjukkan oleh nilai *pre-test* dan *post-test*, serta didukung oleh nilai N-Gain berkategori tinggi, menunjukkan bahwa program ini efektif dalam meningkatkan kapasitas pengetahuan siswa. Oleh karena itu, kegiatan serupa layak untuk dilaksanakan secara berkelanjutan dan direplikasi pada sekolah-sekolah lain sebagai bagian dari penguatan pendidikan lingkungan dan mitigasi perubahan iklim di Papua Barat Daya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim pengabdian mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah mendukung pelaksanaan kegiatan edukasi hutan dan karbon di SMA UNIMUDA Pulau Arar.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada:

1. Kepala sekolah dan dewan guru SMA UNIMUDA Pulau Arar
2. Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong
3. Perkumpulan Mandala Katalika (MANKA)
4. Pemerintah Kabupaten Sorong
5. Siswa-siswi peserta kegiatan
6. Tim pelaksana pengabdian

DAFTAR PUSTAKA

- Daniati, L. M. (2026). Peningkatan kesadaran lingkungan bagi siswa sekolah dasar. *Jurnal Integrasi Pengabdian kepada Masyarakat*, 2(2), 45–50.
- Danuwijaya, T., & Ongom, T. G. (2025a). Carbon credits and compliance: Assessing Indonesia's progress on Article 6.2 implementation (2019–2023). *JOSH: Journal of Sharia*, 4(1). <https://ejournal.unsuda.ac.id/index.php/josh/article/view/2106>
- Danuwijaya, T., & Ongom, T. G. (2025b). Climate commitments: Analyzing the application of ITMO in Indonesia–South Korea bilateral relations. *Journal of Paradiplomacy and City Networks*, 4(2), 167–178.
- Food and Agriculture Organization. (2020). *Global Forest Resources Assessment 2020: Main Report*. FAO. <https://doi.org/10.4060/ca9825en>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.
- Khoiri, M. A., Fardan, F. S., Azzahrah, N., Kalam, A., Fahira, A. P., & Silaban, A. N. (2024). Pendampingan pendidikan lingkungan hidup pada siswa sekolah dasar. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Hutan*, 2(2), 51–55. <https://doi.org/10.33387/kehutanan.v2i2.261>
- Pan, Y., Birdsey, R. A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P. E., Kurz, W. A., Phillips, O. L., Shvidenko, A., Lewis, S. L., Canadell, J. G., Ciais, P., Jackson, R. B., Pacala, S. W., McGuire, A. D., Piao, S., Rautiainen, A., Sitch, S., & Hayes, D. (2011). A large and persistent carbon sink in the world's forests. *Science*, 333(6045), 988–993. <https://doi.org/10.1126/science.1201609>
- Putri, E. F. S., Murdjoko, A., & Raharjo, S. (2024). Dinamika deforestasi dan degradasi hutan di Provinsi Papua. *Cassowary*, 7(2), 30–41.
- Hake, R. R. (1999, February). Analyzing change/gain scores.
- Republik Indonesia. (1999). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 tentang Kehutanan*. Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Seymour, F., & Busch, J. (2016). *Why Forests? Why Now? The Science, Economics, and Politics of Tropical Forests and Climate Change*. Center for Global Development.
- United Nations Environment Programme. (2023). *Emissions Gap Report 2023*. UNEP. <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2023>
- United Nations Framework Convention on Climate Change. (2015). *Paris Agreement*. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>
- World Bank. (2022). *State and Trends of Carbon Pricing 2022*. World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1895-0>