

Penanaman Pohon sebagai Edukasi Publik untuk Pelestarian Lingkungan

Yuni Shara^{1,*}, Anggia Arif², Ngajudin Nugroho², Muhammad Syahrizal³

¹ Program Studi Akuntansi Perpajakan, Politeknik Cendana, Medan, Indonesia

² Program Studi Manajemen Pemasaran Internasional, Politeknik Cendana, Medan, Indonesia

³ Program Studi Teknologi Rekayasa Komputer Grafis, Politeknik Cendana, Medan, Indonesia

Email Penulis Korespondensi: yunnycahaya@gmail.com

Abstrak

Degradasi lahan dan perubahan iklim global merupakan tantangan lingkungan serius yang memerlukan respons kolaboratif dari berbagai pemangku kepentingan. Program pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk memitigasi dampak kerusakan lingkungan melalui aksi nyata penanaman pohon sekaligus memberikan edukasi publik yang komprehensif di lingkungan Fakultas Pertanian, Universitas Islam Sumatera Utara. Metode pelaksanaan kegiatan ini menggunakan pendekatan partisipatif yang melibatkan 62 mahasiswa Politeknik Cendana, staf pengajar, masyarakat lokal, serta mitra perguruan tinggi nasional dan internasional. Tahapan kegiatan dimulai dari identifikasi lahan kritis, pemilihan spesies pohon peneduh dan produktif yang adaptif, hingga pelaksanaan workshop teknik silvikultur dan aksi penanaman serentak. Hasil dari program ini adalah terealisasi penanaman 1.000 bibit pohon di area yang mengalami degradasi lahan, yang diproyeksikan mampu meningkatkan tutupan hijau dan memperbaiki mikro-iklim di wilayah kampus. Selain dampak fisik, evaluasi menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada kesadaran ekologis dan keterampilan praktis peserta dalam pengelolaan lingkungan. Sinergi internasional dalam kegiatan ini berhasil memperluas wawasan peserta mengenai tanggung jawab global dalam menjaga keberlanjutan bumi. Keberhasilan program ini menegaskan bahwa integrasi antara aksi lapangan dan pendidikan publik dapat menciptakan model pelestarian lingkungan yang efektif dan berkelanjutan. Implikasi dari kegiatan ini menekankan pentingnya penggunaan teknologi monitoring berbasis digital untuk memastikan tingkat kelangsungan hidup pohon di masa depan. Sebagai model pengabdian yang sukses, program ini diharapkan dapat direplikasi di wilayah lain dengan memperkuat kolaborasi multilateral antara akademisi, sektor swasta, dan pemerintah untuk mencapai dampak lingkungan yang lebih luas dan masif.

Kata Kunci: Penanaman Pohon; Edukasi Publik; Pelestarian Lingkungan; Kolaborasi Internasional; Mitigasi Perubahan Iklim

Abstract

Land degradation and global climate change represent serious environmental challenges that require collaborative responses from various stakeholders. This community service program aims to mitigate the impacts of environmental damage through the concrete action of tree planting while providing comprehensive public education within the Faculty of Agriculture, Universitas Islam Sumatera Utara. The implementation method utilized a participatory approach involving 62 students from Politeknik Cendana, academic staff, local communities, and partners from national and international universities. The stages of the activity began with the identification of critical land, the selection of adaptive shade and productive tree species, followed by silvicultural technique workshops and a synchronized planting action. The results of this program led to the successful planting of 1,000 tree seedlings in areas experiencing land degradation, which is projected to increase green cover and improve the micro-climate within the campus environment. Beyond the physical impact, evaluations showed a significant increase in ecological awareness and practical environmental management skills among participants. The international synergy in this activity successfully broadened participants' perspectives on global responsibility for maintaining Earth's sustainability. The success of this program reinforces that the integration of field action and public education can create an effective and sustainable environmental conservation model. The implications of this activity emphasize the importance of using digital-based monitoring technology to ensure future tree survival rates. As a successful service model, this program is expected to be replicated in other regions by strengthening multilateral collaborations between academia, the private sector, and the government to achieve broader and more massive environmental impacts.

Keywords: Tree Planting; Public Education; Environmental Conservation; International Collaboration; Climate Change Mitigation

How to Cite: Shara, Y., Arif, A., Nugroho, N., & Syahrizal, M. (2025). Penanaman Pohon sebagai Edukasi Publik untuk Pelestarian Lingkungan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Inovasi*, 4(1), 9-17. <https://doi.org/10.35126/jpmi.v4i1.787>

1. PENDAHULUAN

Krisis iklim global saat ini telah mencapai titik yang mengkhawatirkan dan menuntut respons kolektif dari seluruh lapisan masyarakat dunia. Perubahan pola cuaca yang ekstrem dan peningkatan suhu permukaan bumi merupakan indikator nyata dari degradasi lingkungan yang sedang berlangsung secara masif. Fenomena ini tidak hanya mengancam keberlangsungan ekosistem, tetapi juga berdampak langsung pada ketahanan pangan dan kesehatan manusia secara global (Melo & Rahmadani, 2022). Berbagai laporan ilmiah menegaskan bahwa aktivitas manusia menjadi kontributor utama terhadap akumulasi gas rumah kaca di atmosfer bumi. Oleh karena itu, diperlukan tindakan mitigasi yang konkret dan terukur untuk menekan laju kerusakan yang semakin parah ini. Upaya penyelamatan lingkungan harus dimulai dari transformasi pola pikir hingga tindakan nyata di lapangan yang bersifat berkelanjutan. Tantangan global ini memerlukan sinergi antara kebijakan pemerintah, riset akademis,



dan partisipasi aktif masyarakat luas. Strategi adaptasi yang inklusif menjadi kunci dalam menghadapi ketidakpastian kondisi lingkungan di masa depan (Malik & Ford, 2024).

Penanaman pohon telah lama diakui sebagai salah satu instrumen paling efektif dan alami dalam melakukan mitigasi perubahan iklim. Pohon memiliki kemampuan unik untuk menyerap karbon dioksida melalui proses fotosintesis dan menyimpannya dalam biomassa serta tanah (Rifandi, 2021). Selain sebagai penyerap karbon, vegetasi hijau berperan vital dalam menjaga siklus hidrologi dan mencegah terjadinya erosi tanah yang berlebihan. Penelitian menunjukkan bahwa restorasi hutan dalam skala besar memiliki potensi untuk memitigasi sebagian besar emisi karbon antropogenik (Dooley et al., 2022). Di lingkungan perkotaan, keberadaan pohon berfungsi sebagai pendingin alami yang mengurangi efek pulau panas atau urban heat island. Kualitas udara juga meningkat secara signifikan melalui penyaringan polutan berbahaya oleh daun dan batang pohon (Mandal et al., 2023). Manfaat ekologis ini memberikan perlindungan bagi keanekaragaman hayati yang semakin terhimpit oleh pembangunan infrastruktur. Keberlanjutan fungsi ekosistem sangat bergantung pada luasnya tutupan lahan hijau yang tersedia di suatu wilayah (Cegielska et al., 2024).

Meskipun manfaat ekologis dari penghijauan sudah sangat jelas, tantangan dalam implementasinya di lapangan masih sangat beragam dan kompleks. Kurangnya kesadaran publik terhadap pentingnya menjaga pohon setelah ditanam sering kali menjadi penyebab kegagalan program penghijauan. Keterbatasan sumber daya finansial dan akses terhadap bibit berkualitas juga menjadi kendala utama bagi masyarakat di daerah terpencil (Azizah et al., 2024). Banyak inisiatif penanaman pohon yang hanya bersifat seremonial tanpa adanya rencana pemeliharaan jangka panjang yang jelas. Kurangnya kolaborasi antar pemangku kepentingan menyebabkan tumpang tindih program dan tidak efisiennya penggunaan anggaran (Dewanto et al., 2024). Selain itu, perubahan penggunaan lahan untuk kepentingan ekonomi jangka pendek sering kali mengorbankan area konservasi yang sudah ada. Pengetahuan teknis tentang pemilihan jenis pohon yang sesuai dengan karakteristik tanah lokal juga masih sangat terbatas di kalangan awam. Diperlukan sebuah model pendekatan yang mampu mengintegrasikan aspek edukasi, teknis, dan keberlanjutan secara holistik (Saifuddin, 2023).

Sumatera Utara merupakan salah satu wilayah di Indonesia yang menghadapi ancaman serius akibat deforestasi dan degradasi lahan yang progresif. Alih fungsi hutan menjadi perkebunan monokultur dan pemukiman telah mengganggu keseimbangan ekosistem lokal secara signifikan (Mubarakah & Hendrakusumah, 2022). Dampak dari kerusakan ini mulai dirasakan melalui meningkatnya frekuensi bencana alam seperti banjir bandang dan tanah longsor di berbagai daerah. Degradasi lahan ini juga mengancam habitat asli berbagai flora dan fauna endemik yang menjadi identitas daerah tersebut. Kehilangan tutupan hutan di wilayah hulu berdampak buruk pada ketersediaan cadangan air tanah bagi masyarakat di wilayah hilir (François et al., 2024). Upaya pemulihan lingkungan di Sumatera Utara membutuhkan perhatian khusus mengingat kompleksitas konflik kepentingan lahan di wilayah ini. Pemerintah daerah dan institusi pendidikan harus segera mengambil langkah strategis untuk mengembalikan fungsi ekologis lahan yang rusak. Diperlukan gerakan restorasi yang melibatkan komunitas lokal agar memiliki rasa kepemilikan terhadap lingkungan mereka (Flood et al., 2022).

Edukasi publik memegang peranan sentral dalam menjembatani antara pengetahuan ilmiah dan aksi nyata di tengah masyarakat. Kesadaran lingkungan tidak tumbuh secara spontan, melainkan melalui proses pembelajaran yang berkelanjutan dan interaktif (Aisyah et al., 2024). Program pengabdian masyarakat yang berbasis edukasi mampu mengubah persepsi individu terhadap tanggung jawab lingkungan mereka masing-masing. Melalui pemahaman yang baik, masyarakat akan lebih cenderung mendukung kebijakan pelestarian alam yang diterapkan pemerintah. Edukasi juga berfungsi sebagai sarana untuk mendiseminasikan teknik-teknik pelestarian lingkungan yang praktis dan mudah diterapkan. Penelitian menunjukkan bahwa keterlibatan emosional dalam kegiatan lingkungan meningkatkan probabilitas perubahan perilaku jangka panjang (Tazkia & Damayanti, 2024). Edukasi publik yang efektif harus menggunakan metode yang partisipatif dan relevan dengan kondisi sosial budaya setempat. Dengan demikian, setiap individu dapat menjadi agen perubahan dalam menjaga kelestarian bumi (Pratiwi et al., 2023).

Kolaborasi internasional dalam program penanaman pohon memberikan dimensi baru dalam upaya pelestarian lingkungan di tingkat lokal. Kerjasama lintas negara memungkinkan terjadinya pertukaran pengetahuan, teknologi, dan sumber daya yang lebih luas (Lestari et al., 2024). Perguruan tinggi sebagai institusi akademik memiliki peran strategis untuk menjadi motor penggerak kolaborasi internasional ini. Melalui program pengabdian masyarakat internasional, mahasiswa dapat belajar dari praktik-praktik terbaik yang diterapkan di negara lain. Kolaborasi ini juga membuka peluang pendanaan dan dukungan teknis untuk program restorasi lahan yang berskala besar (Puspitaloka et al., 2021). Hubungan antar institusi pendidikan menciptakan jaringan kerja global yang memperkuat kapasitas sumber daya manusia di bidang lingkungan. Selain itu, perspektif internasional membantu dalam memandang masalah lingkungan sebagai tantangan bersama yang melampaui batas negara. Sinergi ini diharapkan mampu menciptakan solusi inovatif bagi masalah degradasi lahan yang sulit dipecahkan secara mandiri (Ahmadzai et al., 2021).

Keterlibatan mahasiswa dalam kegiatan penanaman pohon merupakan bagian integral dari implementasi konsep Merdeka Belajar Kampus Merdeka. Mahasiswa tidak hanya dituntut menguasai teori di kelas, tetapi juga harus mampu mengaplikasikannya dalam konteks pengabdian nyata. Partisipasi aktif dalam kegiatan lapangan memberikan pengalaman langsung tentang tantangan ekologis yang dihadapi masyarakat (Sattayapanich et al.,



2022). Melalui interaksi dengan masyarakat dan pakar internasional, kompetensi interpersonal dan profesional mahasiswa akan berkembang secara signifikan. Mahasiswa dapat berperan sebagai fasilitator yang menjembatani pengetahuan akademik dengan kearifan lokal dalam pelestarian alam. Pengalaman praktis ini akan membentuk karakter mahasiswa yang lebih peduli, responsif, dan bertanggung jawab terhadap masa depan bumi. Selain itu, kegiatan ini merupakan wujud nyata dari peran mahasiswa sebagai agen perubahan sosial dan lingkungan. Generasi muda yang teredukasi dengan baik akan menjadi pilar utama dalam keberlanjutan program konservasi (Pravitasari & Nugraheni, 2024).

Model kolaborasi yang terstruktur menjadi kunci keberhasilan dan keberlanjutan setiap program pengabdian masyarakat di bidang lingkungan. Program ini dirancang untuk melibatkan partisipasi aktif mulai dari tahap perencanaan, pelaksanaan, hingga monitoring dan evaluasi. Dengan melibatkan pemangku kepentingan sejak awal, rasa memiliki terhadap program akan tumbuh secara alami dan kuat (Hanssen et al., 2024). Model ini menekankan pada pentingnya transparansi dan komunikasi yang efektif antar semua pihak yang terlibat dalam kegiatan. Penanaman pohon yang dilakukan bukan sekadar menanam, tetapi memastikan setiap bibit memiliki peluang hidup yang tinggi. Penggunaan teknologi pemantauan berbasis digital dapat diterapkan untuk melacak pertumbuhan pohon secara berkala dan akurat (Chen & Yin, 2024). Keberhasilan model ini di Sumatera Utara diharapkan dapat menjadi referensi bagi daerah lain dalam menangani masalah serupa. Replikasi model yang sukses akan mempercepat pencapaian target tutupan lahan hijau di tingkat nasional (Rowan et al., 2022).

Peningkatan tutupan hijau melalui aksi penanaman pohon secara langsung berkontribusi pada pemulihan fungsi ekosistem yang telah rusak. Lahan yang sebelumnya gersang akan kembali produktif dan mampu mendukung kehidupan berbagai spesies lokal dengan baik. Peningkatan biomassa tanaman secara bertahap akan memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan kesuburan lahan secara alami (Duryat et al., 2024). Selain itu, keberadaan area hijau yang luas berfungsi sebagai koridor bagi satwa liar yang kehilangan habitatnya. Pemulihan ekosistem ini memberikan dampak positif bagi kesehatan lingkungan dan kesejahteraan ekonomi masyarakat di sekitarnya. Udara yang lebih bersih dan air yang lebih jernih adalah manfaat langsung yang dapat dirasakan oleh penduduk lokal. Tindakan nyata ini merupakan investasi jangka panjang untuk mewujudkan lingkungan yang layak huni bagi generasi mendatang. Keberhasilan program ini akan diukur dari persentase kelangsungan hidup pohon dan luas area yang berhasil dihijaukan (Prangel et al., 2023).

Sebagai penutup, kegiatan pengabdian masyarakat ini diharapkan mampu menciptakan efek domino yang positif bagi kesadaran lingkungan publik. Sinergi antara mahasiswa, akademisi, dan masyarakat menjadi kekuatan utama dalam menghadapi tantangan degradasi lingkungan di Sumatera Utara. Melalui pendekatan edukasi publik yang terintegrasi, pemahaman tentang pelestarian alam akan tertanam lebih dalam dan kuat. Program ini tidak hanya berhenti pada aksi penanaman, tetapi berlanjut pada komitmen pemeliharaan dan pelestarian yang berkelanjutan. Transformasi perilaku masyarakat menuju gaya hidup yang ramah lingkungan adalah target jangka panjang dari inisiatif ini. Dukungan kolaborasi internasional memperkuat posisi program ini dalam kancah gerakan lingkungan global yang lebih luas. Harapan besar tertumpang pada generasi muda untuk terus mengawal isu lingkungan ini demi masa depan yang lebih hijau. Semoga langkah kecil ini mampu memberikan dampak besar bagi pemulihan ekosistem dan keseimbangan alam.

2. METODE PELAKSANAAN

Pelaksanaan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini menggunakan pendekatan Participatory Technology Development (PTD) yang dikombinasikan dengan metode Experiential Learning. Pendekatan ini memastikan bahwa setiap peserta, baik mahasiswa maupun mitra internasional, tidak hanya menjadi objek kegiatan, tetapi terlibat aktif sebagai subjek dalam setiap tahapan. Berikut adalah rincian tahapan pelaksanaan program:

2.1 Tahap Perencanaan dan Identifikasi Tapak (Pre-Project Planning)

Tahap awal dimulai dengan melakukan survei lapangan dan analisis tapak di kawasan Fakultas Pertanian, Universitas Islam Sumatera Utara (UISU). Perencanaan ini melibatkan tim ahli agronomi dan kehutanan untuk memetakan area yang mengalami degradasi lahan atau yang memerlukan peningkatan tutupan hijau (green cover). Identifikasi lokasi dilakukan dengan mempertimbangkan aspek fungsional lahan, drainase, dan estetika kampus.

Selain identifikasi fisik, tim pelaksana melakukan seleksi terhadap jenis tanaman yang akan ditanam. Pemilihan spesies pohon didasarkan pada kriteria adaptabilitas terhadap iklim lokal Sumatera Utara, kemampuan penyerapan karbon, serta nilai edukatif dan ekonomisnya. Spesies yang dipilih meliputi pohon peneduh, pohon buah produktif, dan pohon endemik guna mendukung konservasi ex-situ di lingkungan kampus. Tahap ini diakhiri dengan penyusunan jadwal kerja (Master Plan) yang menyinkronkan waktu kehadiran mitra internasional dengan kalender akademik universitas.

2.2 Koordinasi Strategis dan Pembentukan Jejaring Kolaboratif

Sebagai program yang bersifat internasional, koordinasi lintas sektoral menjadi kunci. Universitas membangun komunikasi intensif dengan mitra perguruan tinggi luar negeri dan organisasi lingkungan



internasional. Pembentukan kelompok kerja (Working Group) dilakukan untuk membagi tanggung jawab, mulai dari pengadaan bibit, logistik, hingga pengelolaan publikasi.

Koordinasi ini juga mencakup perizinan internal universitas dan pelibatan tokoh masyarakat sekitar kampus agar program memiliki legitimasi sosial. Pertemuan rutin dilakukan melalui media daring (Zoom/Google Meet) sebelum hari pelaksanaan untuk menyamakan persepsi mengenai standar operasional prosedur (SOP) penanaman. Hal ini memastikan bahwa kolaborasi internasional tidak hanya terjadi di level manajerial, tetapi juga menyentuh aspek teknis di lapangan.

2.3 Sosialisasi dan Edukasi Pre-Implantasi

Sebelum aksi penanaman dimulai, dilakukan sesi sosialisasi dan edukasi melalui metode Hybrid Workshop. Kegiatan ini bertujuan untuk memberikan landasan teoritis mengenai urgensi pelestarian lingkungan dan teknik silvikultur dasar. Materi yang diberikan mencakup cara penanganan bibit dari persemaian, teknik pembuatan lubang tanam yang ideal, hingga pemberian pupuk dasar organik.

Edukasi ini menyasar mahasiswa sebagai agen perubahan agar mereka memiliki bekal pengetahuan yang cukup saat mendampingi mitra internasional dan masyarakat. Sosialisasi juga menggunakan media kreatif seperti infografis dan video pendek mengenai langkah-langkah penanaman pohon yang benar. Dengan adanya pembekalan ini, risiko kegagalan tumbuh (mortalitas bibit) akibat kesalahan teknis saat penanaman dapat diminimalisir secara signifikan.

2.4 Pelatihan Teknis dan Workshop Internasional

Pelatihan teknis dilakukan secara intensif dengan melibatkan instruktur dari praktisi lingkungan dan akademisi. Workshop ini fokus pada transfer teknologi hijau, misalnya penggunaan hidrogel untuk menjaga kelembaban tanah atau teknik pemetaan pohon berbasis GPS (Geographic Information System). Mahasiswa dan staf pengajar diajak untuk mempraktikkan langsung cara penggunaan alat-alat tersebut.

Sesi internasional memberikan kesempatan bagi peserta untuk berdiskusi mengenai studi kasus penanaman pohon di negara-negara mitra. Hal ini memperkaya wawasan mahasiswa mengenai isu lingkungan global dan bagaimana solusi lokal dapat berkontribusi pada skala internasional. Workshop ini juga menekankan pada pentingnya aspek keselamatan dan kesehatan kerja (K3) selama aktivitas di lapangan, mengingat kegiatan ini melibatkan banyak personel.

2.5 Aksi Kolaboratif Penanaman Pohon (The Action Phase)

Puncak dari program ini adalah aksi penanaman pohon secara serentak di area yang telah dipetakan di lingkungan UISU. Peserta dibagi menjadi beberapa kelompok kecil yang heterogen, terdiri dari campuran mahasiswa nasional, mitra internasional, dan staf pengajar. Struktur kelompok ini bertujuan untuk mendorong komunikasi lintas budaya dan pertukaran pengalaman selama proses penanaman.

Setiap kelompok bertanggung jawab atas blok penanaman tertentu. Proses penanaman diawasi secara ketat oleh tim ahli untuk memastikan kedalaman lubang tanam, pelepasan polybag yang benar, dan pemadatan tanah dilakukan sesuai standar. Setiap pohon yang ditanam diberikan identitas berupa tagging yang berisi informasi jenis pohon, tanggal tanam, dan nama penanam sebagai bentuk pertanggungjawaban moral dan historis.

2.6 Dokumentasi Digital dan Pemetaan Partisipatif

Selama proses penanaman, tim dokumentasi melakukan perekaman data secara komprehensif. Selain foto dan video kegiatan, dilakukan juga pendataan koordinat geografis untuk setiap lubang tanam. Data ini nantinya akan diinput ke dalam sistem informasi geografis (SIG) kampus sebagai database aset hijau universitas.

Pemetaan partisipatif melibatkan mahasiswa dalam mencatat kondisi awal bibit (tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang). Dokumentasi ini berfungsi sebagai baseline data yang sangat penting untuk proses pemantauan di masa depan. Hasil dokumentasi ini juga segera diolah menjadi konten media sosial untuk menyebarkan semangat pelestarian lingkungan kepada masyarakat luas secara real-time.

2.7 Seminar Lingkungan dan Diseminasi Pengetahuan

Pasca penanaman, diselenggarakan seminar lingkungan yang menghadirkan narasumber dari berbagai pakar lingkungan. Seminar ini menjadi forum refleksi untuk mendiskusikan kaitan antara aksi nyata yang baru saja dilakukan dengan teori-teori keberlanjutan global. Peserta diberikan kesempatan untuk mempresentasikan kesan dan pembelajaran yang didapat selama kegiatan lapangan.

Diseminasi pengetahuan juga dilakukan melalui pembuatan buku saku digital mengenai panduan pemeliharaan pohon bagi masyarakat. Seminar ini diakhiri dengan penandatanganan komitmen bersama antara universitas, mahasiswa, dan mitra internasional untuk terus mengawal isu-isu lingkungan. Forum ini menjadi wadah untuk merumuskan ide-ide pengabdian masyarakat selanjutnya yang lebih inovatif dan berdampak luas.

2.8 Sistem Monitoring Berkala dan Perawatan (Maintenance)

Kegiatan tidak berhenti setelah bibit ditanam. Tim pelaksana menerapkan sistem monitoring berkala setiap bulan selama satu tahun pertama (fase kritis tanaman). Monitoring mencakup pengecekan laju pertumbuhan, serangan hama penyakit, serta penggantian (penyulaman) bagi bibit yang mati.

Mahasiswa fakultas pertanian dilibatkan secara bergantian melalui jadwal piket perawatan sebagai bagian dari praktikum lapangan mereka. Perawatan rutin meliputi penyiraman pada musim kemarau, pendangiran (penggemburan tanah), dan pemupukan lanjutan. Sistem monitoring ini juga menggunakan aplikasi berbasis mobile yang memungkinkan peserta melaporkan kondisi pohon secara berkala langsung dari lokasi.

2.9 Evaluasi Dampak dan Keberlanjutan Program

Evaluasi dilakukan pada akhir tahun pertama untuk mengukur tingkat keberhasilan program. Indikator evaluasi meliputi persentase kelangsungan hidup pohon, peningkatan pengetahuan peserta (melalui pre-test dan post-test), serta efektivitas kolaborasi internasional yang telah dijalin. Tim juga melakukan survei kepuasan kepada mitra dan peserta untuk mendapatkan umpan balik bagi perbaikan program di masa depan.

Aspek keberlanjutan dijamin melalui integrasi program ini ke dalam kurikulum atau kegiatan ekstrakurikuler kampus. Area penanaman pohon tersebut diproyeksikan menjadi "Laboratorium Alam" yang dapat digunakan untuk penelitian dosen dan mahasiswa di masa mendatang. Dengan adanya sistem yang terstruktur, diharapkan program ini dapat direplikasi di lokasi lain dengan menyesuaikan karakteristik wilayahnya.

2.10 Pelaporan, Publikasi, dan Rekomendasi Kebijakan

Tahap akhir adalah penyusunan laporan komprehensif yang mencakup seluruh aktivitas dari perencanaan hingga evaluasi. Hasil dari kegiatan pengabdian ini disusun menjadi artikel ilmiah untuk dipublikasikan di jurnal nasional terakreditasi maupun jurnal internasional. Publikasi ini bertujuan untuk membagikan model kolaborasi yang sukses kepada komunitas akademik dan praktisi pengabdian masyarakat lainnya.

Selain artikel jurnal, rekomendasi kebijakan teknis disusun dan diserahkan kepada pihak universitas sebagai masukan dalam pengelolaan kampus hijau (Green Campus). Laporan ini juga didistribusikan kepada mitra internasional sebagai bentuk akuntabilitas kerjasama. Melalui publikasi dan pelaporan yang baik, dampak dari program penanaman pohon ini diharapkan dapat melampaui batas fisik kampus dan menginspirasi gerakan serupa di tingkat regional maupun nasional.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pelaksanaan Program: Transformasi Lahan dan Kapasitas Publik

Pelaksanaan program pengabdian kepada masyarakat ini mencapai puncaknya pada tanggal 25 Oktober 2024, bertempat di kawasan Fakultas Pertanian, Universitas Islam Sumatera Utara (UISU). Kegiatan ini merupakan manifestasi dari kolaborasi multisektoral yang melibatkan 62 mahasiswa dari Politeknik Cendana, staf pengajar, serta delegasi dari berbagai perguruan tinggi nasional dan internasional. Berdasarkan data lapangan, program ini berhasil merealisasikan penanaman 1.000 bibit pohon yang tersebar di area kampus dan zona penyangga yang sebelumnya teridentifikasi mengalami degradasi lahan yang signifikan. Pemilihan lokasi ini didasarkan pada analisis spasial sebelumnya yang menunjukkan penurunan indeks kerapatan vegetasi di wilayah tersebut akibat pembangunan infrastruktur dan kurangnya manajemen lahan hijau.

Secara teknis, hasil dari kegiatan ini dapat dikategorikan ke dalam tiga capaian utama: fisik, edukatif, dan institusional. Secara fisik, penanaman 1.000 pohon yang terdiri dari spesies peneduh seperti Mahoni (*Swietenia mahagoni*) dan pohon produktif seperti Mangga (*Mangifera indica*) telah meningkatkan potensi serapan karbon di area tersebut. Estimasi awal menunjukkan bahwa dalam lima tahun ke depan, pertumbuhan pohon-pohon ini akan mampu menyerap sekitar 21,8 ton CO₂ per tahun, berkontribusi pada penciptaan mikro-iklim yang lebih sejuk di lingkungan universitas. Lahan yang sebelumnya gersang dan terpapar sinar matahari langsung kini telah memiliki struktur vegetasi yang terencana dengan jarak tanam yang diatur secara sistematis untuk mendukung pertumbuhan optimal.



Gambar 1. Sosialisasi Materi

Pada aspek edukatif, keberhasilan program terlihat dari peningkatan kompetensi teknis para peserta. Melalui kegiatan sosialisasi dan pelatihan yang terdokumentasi pada Gambar 1, peserta mendapatkan pengetahuan komprehensif mengenai siklus hidup tanaman. Sosialisasi mencakup materi tentang penyiapan media tanam, penggunaan pupuk organik cair, hingga teknik pengendalian hama secara hayati. Hasil post-test yang dilakukan secara acak kepada 62 mahasiswa menunjukkan peningkatan pemahaman mengenai isu lingkungan sebesar 85% dibandingkan sebelum kegiatan dimulai. Peserta kini tidak hanya memahami "cara" menanam, tetapi juga "mengapa" jenis pohon tertentu dipilih untuk lokasi tertentu, yang menunjukkan adanya internalisasi nilai-nilai ekologis dalam diri peserta.



Gambar 2. Kolaborasi Perguruan Tinggi Nasional dan Internasional

Secara institusional, kolaborasi internasional yang terdokumentasi pada Gambar 2 menghasilkan draf kesepakatan bersama terkait pemeliharaan lingkungan berkelanjutan. Kehadiran mitra internasional membawa perspektif global mengenai praktik restorasi lahan yang telah sukses diterapkan di negara lain, seperti teknik mulsa organik untuk menjaga kelembaban tanah. Pertukaran pengetahuan ini menjadi hasil yang sangat berharga bagi civitas akademika UISU dalam mengembangkan kurikulum berbasis pengabdian masyarakat. Sinergi ini membuktikan bahwa masalah lingkungan lokal di Sumatera Utara dapat menjadi platform pembelajaran global yang efektif, memperkuat posisi universitas sebagai institusi yang responsif terhadap krisis iklim global.



Gambar 3. Kegiatan Penanaman Pohon

Terakhir, kegiatan aksi nyata penanaman (sebagaimana terlihat pada Gambar 3) memberikan dampak psikologis positif bagi masyarakat sekitar. Partisipasi masyarakat lokal dalam menanam pohon bersama mahasiswa menciptakan ikatan sosial yang kuat dan rasa tanggung jawab kolektif terhadap aset hijau tersebut. Pendataan koordinat setiap pohon menggunakan perangkat GPS genggam oleh mahasiswa fakultas pertanian memastikan bahwa setiap pohon yang ditanam memiliki identitas digital. Database ini menjadi hasil nyata yang akan digunakan oleh pihak universitas untuk melakukan pemantauan jangka panjang, memastikan bahwa tingkat mortalitas bibit tetap rendah dan tujuan akhir dari penghijauan ini tercapai secara maksimal.

3.2 Pembahasan

Keberhasilan program penanaman 1.000 pohon di Sumatera Utara ini merupakan bukti empiris bahwa model kolaborasi kolaboratif adalah solusi paling efektif dalam mengatasi degradasi lingkungan di tingkat lokal.



Hasil kegiatan ini secara kuat mengonfirmasi temuan (Rong et al., 2023) yang menyatakan bahwa keterlibatan komunitas secara aktif adalah faktor determinan dalam keberhasilan setiap inisiatif lingkungan. Tanpa partisipasi dari mahasiswa dan masyarakat, program penghijauan cenderung menjadi kegiatan seremonial tanpa dampak jangka panjang. Sintesis terhadap data lapangan kami menunjukkan bahwa rasa kepemilikan (*sense of ownership*) yang tumbuh selama proses penanaman menjadi jaminan utama bagi keberlanjutan pohon-pohon tersebut, sejalan dengan teori manajemen lingkungan berbasis komunitas yang dikembangkan oleh (Holilah et al., 2022).

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu, pendekatan yang kami terapkan mengatasi tantangan yang sering ditemukan dalam literatur. Banyak program penanaman pohon global gagal karena hanya fokus pada jumlah pohon yang ditanam tanpa mempedulikan pemeliharaan. Namun, dalam program ini, penggunaan teknologi pemantauan dan keterlibatan staf pengajar sebagai supervisor memberikan lapisan perlindungan tambahan terhadap keberlanjutan tanaman. Dukungan institusional dari UISU dan mitra internasional memberikan stabilitas sumber daya yang seringkali absen dalam proyek-proyek lingkungan yang dikelola secara independen oleh masyarakat, sebagaimana dianalisis oleh (Di Sacco et al., 2021) dalam studinya mengenai sepuluh aturan emas restorasi hutan.

Aspek edukasi publik dalam program ini memiliki peran sentral dalam mengubah paradigma peserta dari sekadar "penanam" menjadi "pelestari". Penelitian oleh (Ayustina et al., 2023) menekankan bahwa edukasi lingkungan yang bersifat partisipatif dan berbasis pengalaman (*experiential learning*) jauh lebih efektif dalam mengubah perilaku dibandingkan edukasi satu arah di ruang kelas. Temuan kami mendukung hal ini, di mana mahasiswa yang terlibat langsung dalam penanaman menunjukkan komitmen yang lebih tinggi untuk menjaga lingkungan kampus. Hal ini juga selaras dengan argumen (Chawla, 2020) yang menyatakan bahwa keterlibatan fisik dengan alam sejak masa muda membentuk karakter individu yang lebih peduli terhadap isu-isu keberlanjutan di masa depan.

Kolaborasi internasional yang dilakukan juga memberikan nilai tambah yang signifikan terhadap validitas program. Sintesis literatur dari (Gann et al., 2019) mengenai standar internasional untuk praktik restorasi ekologi menunjukkan bahwa pelibatan berbagai pemangku kepentingan, termasuk pakar internasional, membantu memastikan bahwa teknik yang digunakan selaras dengan prinsip-prinsip sains global. Dalam program kami, diskusi antara mahasiswa nasional dan internasional mengenai mitigasi perubahan iklim menciptakan ruang dialektika yang kaya. Fenomena ini mendukung temuan (Wannewitz & Garschagen, 2023) bahwa aksi iklim kolektif lintas budaya mampu meningkatkan efikasi diri peserta dalam menghadapi krisis lingkungan global yang seringkali terasa luar biasa dan melumpuhkan.

Namun, pembahasan ini juga harus mengakui adanya potensi risiko di masa depan, terutama terkait dengan perubahan iklim lokal yang tidak menentu di Sumatera Utara. Meskipun bibit pohon saat ini dalam kondisi baik, fluktuasi curah hujan yang ekstrem dapat meningkatkan tingkat mortalitas tanaman. Oleh karena itu, integrasi teknologi sensor tanah dan pemantauan berbasis satelit sebagaimana disarankan oleh (Zhang et al., 2024) perlu dipertimbangkan sebagai langkah pengembangan berikutnya. Penggunaan teknologi ini tidak hanya mempermudah pemantauan, tetapi juga memberikan data real-time yang dapat diakses oleh mitra internasional untuk keperluan riset bersama, menciptakan siklus pengabdian dan penelitian yang terpadu.

Secara makro, program ini memberikan implikasi kebijakan bagi pengelolaan area terbuka hijau di lingkungan pendidikan. Keberhasilan ini menantang model pembangunan kampus konvensional yang seringkali mengabaikan aspek ekologis demi perluasan bangunan fisik. Sejalan dengan riset (Ferari & Winata, 2022) mengenai peran hutan kota dalam meningkatkan kesehatan masyarakat, penanaman pohon di kampus UISU diharapkan dapat meningkatkan kenyamanan termal dan produktivitas akademik. Penurunan suhu udara sebesar 1-2 derajat Celsius di area vegetasi yang rimbun akan memberikan dampak ekonomi berupa penghematan energi pendingin udara di gedung-gedung sekitar, sebuah manfaat yang seringkali luput dari perhitungan analisis biaya-manfaat tradisional.

Akhirnya, integrasi antara pendidikan, kolaborasi internasional, dan aksi nyata yang kami terapkan membentuk sebuah model "Eco-Civic Engagement" yang dapat direplikasi. Sintesis dari penelitian (Klaus & Kiehl, 2021) menunjukkan bahwa keberhasilan restorasi lahan sangat bergantung pada keselarasan antara tujuan ekologis dan kebutuhan sosial. Dengan melibatkan masyarakat dalam penanaman pohon produktif (seperti mangga), program ini tidak hanya menghijaukan bumi tetapi juga menjanjikan manfaat ekonomi bagi warga sekitar di masa depan. Pendekatan holistik ini memastikan bahwa pohon yang ditanam hari ini tidak hanya akan tumbuh sebagai biomassa, tetapi juga sebagai simbol perjuangan kolektif melawan degradasi lingkungan demi generasi mendatang di Sumatera Utara dan seluruh dunia.

4. KESIMPULAN

Program penanaman pohon yang dilaksanakan di Fakultas Pertanian, Universitas Islam Sumatera Utara, telah terbukti memberikan kontribusi signifikan secara ekologis maupun edukatif melalui keberhasilan penanaman seribu bibit pohon yang melibatkan sinergi aktif antara mahasiswa, staf pengajar, masyarakat lokal, hingga mitra internasional. Keberhasilan inisiatif ini tidak hanya tercermin pada peningkatan luasan tutupan hijau di area yang sebelumnya terdegradasi, tetapi juga pada transformasi kesadaran publik yang mendalam mengenai urgensi



mitigasi perubahan iklim dan pelestarian keanekaragaman hayati melalui aksi nyata di lapangan. Pendekatan kolaboratif ini menegaskan bahwa integrasi antara pendidikan publik dan aksi lingkungan dapat menghasilkan dampak yang berkelanjutan apabila didukung oleh komitmen institusional yang kuat dan partisipasi masyarakat yang inklusif. Guna memastikan keberlanjutan jangka panjang dan memperluas skala dampak positifnya, sangat disarankan untuk mereplikasi model program ini ke berbagai wilayah kritis lainnya dengan memperkuat jejaring multilateral yang melibatkan sektor swasta melalui skema tanggung jawab sosial perusahaan serta dukungan kebijakan dari pemerintah daerah. Selain itu, pengembangan modul pendidikan lingkungan yang lebih terstruktur dan terintegrasi ke dalam kurikulum formal sangat diperlukan untuk membentuk karakter generasi muda yang responsif terhadap tantangan ekologis masa depan. Pemanfaatan teknologi digital berbasis aplikasi dalam sistem pemantauan dan evaluasi kesehatan pohon secara berkala juga menjadi kebutuhan mendesak untuk meningkatkan efisiensi program secara berkelanjutan. Penelitian lanjutan yang lebih mendalam sangat disarankan untuk mengevaluasi dampak sosial-ekonomi jangka panjang bagi masyarakat sekitar serta mengukur laju penyerapan karbon secara akurat pada area penanaman. Pada akhirnya, program ini menjadi prototipe penting bagi model pengabdian masyarakat berbasis lingkungan yang membuktikan bahwa kolaborasi lintas batas dan integrasi pengetahuan akademik dengan aksi praktis adalah kunci utama dalam menjaga keseimbangan ekosistem global di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadzai, H., Tutundjian, S., & Elouafi, I. (2021). Policies for sustainable agriculture and livelihood in marginal lands: A review. *Sustainability (Switzerland)*, 13(16), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su13168692>
- Aisyah, A., Putri, K. A. J. A., & Firjanah, L. (2024). Pentingnya Membangun Kesadaran Lingkungan Melalui Pembelajaran PKN di Sekolah Dasar Guna Membentuk Karakter Peduli Lingkungan pada Siswa. *Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 1(3), 11. <https://doi.org/10.47134/pgsd.v1i3.529>
- Ayustina, S., Handani, S. S., & Mustika, D. (2023). Pengaruh Program Sekolah Adiwiyata Terhadap Perilaku Peduli Lingkungan Peserta Didik Man 1 Kabupaten Bandung. *RESOURCE | Research of Social Education*, 3(1), 56–61. <https://ejournal.unibba.ac.id/index.php/resource/article/view/1359>
- Azizah, N. Z., Niswatin, S., & Wijayanti, D. T. (2024). Ketergantungan Petani pada Aliran Pembuangan Air Pabrik Kertas: Kajian Teori Dependensi. *Titian: Jurnal Ilmu Humaniora*, 08(01), 69–79. <https://online-journal.unja.ac.id/titian/article/download/33567/18228/101848>
- Cegielska, K., Kukulska-Kozieł, A., & Hernik, J. (2024). Green Neighbourhood Sustainability Index – A measure of the balance between anthropogenic pressure and ecological relevance. *Ecological Indicators*, 160(February), 2–15. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111815>
- Chawla, L. (2020). Childhood nature connection and constructive hope: A review of research on connecting with nature and coping with environmental loss. *People and Nature*, 2(3), 619–642. <https://doi.org/10.1002/pan3.10128>
- Chen, T., & Yin, H. (2024). Camera-based plant growth monitoring for automated plant cultivation with controlled environment agriculture. *Smart Agricultural Technology*, 8(April), 100449. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100449>
- Dewanto, A., Saksono, R. N. A., & Giyanto, B. (2024). Model Kolaborasi Dalam Pengawasan Pemanfaatan Air Tanah Untuk Peningkatan Pajak Air Tanah di Wilayah Kecamatan Kebayoran Lama. *Journal of Public Policy and Applied Administration*, 6(2), 65–84. <https://doi.org/10.32834/jplan.v6i2.798>
- Di Sacco, A., Hardwick, K. A., Blakesley, D., Brancalion, P. H. S., Breman, E., Cecilio Rebola, L., Chomba, S., Dixon, K., Elliott, S., Ruyonga, G., Shaw, K., Smith, P., Smith, R. J., & Antonelli, A. (2021). Ten golden rules for reforestation to optimize carbon sequestration, biodiversity recovery and livelihood benefits. *Global Change Biology*, 27(7), 1328–1348. <https://doi.org/10.1111/gcb.15498>
- Dooley, K., Nicholls, Z., & Meinshausen, M. (2022). Carbon removals from nature restoration are no substitute for steep emission reductions. *One Earth*, 5(7), 812–824. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.06.002>
- Duryat, D., Bintoro, A., Asmarahman, C., Riniarti, M., & Imron, I. (2024). Biochar Sebagai Pembenh Tanah Untuk Pertanian Regeneratif Pada Lahan Gapoktanhut Pujo Makmur Kecamatan Padang Cermin Kabupaten Pesawaran. *Jurnal Pengabdian Kehutanan Dan Lingkungan*, 3(2), 129–143. <https://doi.org/10.23960/rdj.v3i2.9907>
- Ferari, F., & Winata, T. (2022). Perluasan Hutan Kota Dan Exploratorium Alam Di Pamulang. *Jurnal Sains, Teknologi, Urban, Perancangan, Arsitektur (Stupa)*, 3(2), 1733. <https://doi.org/10.24912/stupa.v3i2.12345>
- Flood, K., Mahon, M., & McDonagh, J. (2022). Everyday resilience: Rural communities as agents of change in peatland social-ecological systems. *Journal of Rural Studies*, 96(October), 316–331. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2022.11.008>
- François, M., de Aguiar, T. R., Mielke, M. S., Rousseau, A. N., Faria, D., & Mariano-Neto, E. (2024). Interactions Between Forest Cover and Watershed Hydrology: A Conceptual Meta-Analysis. *Water (Switzerland)*, 16(23), 1–21. <https://doi.org/10.3390/w16233350>
- Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., Hallett, J. G., Eisenberg, C., Guariguata, M. R., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., Gonzales, E., Shaw, N., Decler, K., & Dixon, K. W. (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. *Restoration Ecology*, 27(S1), S1–S46. <https://doi.org/10.1111/rec.13035>
- Hanssen, L., Leemans, L. H., Engel, M. S., van der Geest, M., Lamers, L. P. M., Smolders, A. J. P., van Tussenbroek, B. I., Rouwette, E., Christianen, M. J. A., & van Katwijk, M. M. (2024). Early stakeholder involvement using Group Model Building to identify ecological research questions and nature management options. *Marine Pollution Bulletin*, 209(July), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.117179>
- Holilah, H., Januriana, A. M., Hilman, M., & Sukarna, R. H. (2022). Membangun Karakter Peduli Lingkungan Melalui Penanaman Pohon Sebagai Penghijauan Lingkungan Di Desa Bolang Kecamatan Lebakwangi. *Jurnal Pengabdian Dinamika*, 9(2), 50. <https://doi.org/10.62870/dinamika.v9i2.17862>





- Klaus, V. H., & Kiehl, K. (2021). A conceptual framework for urban ecological restoration and rehabilitation. *Basic and Applied Ecology*, 52, 82–94. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2021.02.010>
- Lestari, P. P., Rohmah, S. M., & Ramadhani, A. (2024). Kerjasama Regional Dan Multilateral Sebagai Upaya Meningkatkan Daya Saing Ekonomi Indonesia. *Indonesian Journal of Political Studies*, 4(1), 57–75. <https://doi.org/10.15642/ijps.2024.4.1.57-75>
- Malik, I. H., & Ford, J. D. (2024). Addressing the Climate Change Adaptation Gap: Key Themes and Future Directions. *Climate*, 12(2), 1–12. <https://doi.org/10.3390/cli12020024>
- Mandal, M., Popek, R., Przybysz, A., Roy, A., Das, S., & Sarkar, A. (2023). Breathing Fresh Air in the City: Implementing Avenue Trees as a Sustainable Solution to Reduce Particulate Pollution in Urban Agglomerations. *Plants*, 12(7), 2–27. <https://doi.org/10.3390/plants12071545>
- Melo, R. H., & Rahmadani, N. A. (2022). Dampak Perubahan Iklim Terhadap Kesehatan. *Geosfera: Jurnal Penelitian Geografi (GeoJPG)*, 1(1), 40–45. <https://doi.org/10.34312/geojpg.v1i1.26522>
- Mubarokah, A., & Hendrakusumah, E. (2022). Pengaruh Alih Fungsi Lahan Perkebunan terhadap Ekosistem Lingkungan. *Jurnal Riset Perencanaan Wilayah Dan Kota*, 2(2), 1–14. <https://doi.org/10.29313/jrpk.v2i1.754>
- Prangel, E., Kasari-Toussaint, L., Neuenkamp, L., Noreika, N., Karise, R., Marja, R., Ingerpuu, N., Kupper, T., Keerberg, L., Oja, E., Meriste, M., Tiitsaar, A., Ivask, M., & Helm, A. (2023). Afforestation and abandonment of semi-natural grasslands lead to biodiversity loss and a decline in ecosystem services and functions. *Journal of Applied Ecology*, 60(5), 825–836. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14375>
- Pratiwi, C., Yunarti, S., & Komsiah, S. (2023). Peran Mahasiswa dalam Menjaga Kelestarian Lingkungan dengan Memanfaatkan Media Sosial. *Sosial Dan Humaniora*, 7(3), 390–404. <https://journals.upi-yai.ac.id/index.php/ikraith-humaniora/article/view/3627>
- Pravitasari, A. G., & Nugraheni, N. (2024). Transformasi Pendidikan Menuju Konservasi Berkelanjutan: Membangun Kesadaran Lingkungan dan Kepedulian Generasi Mendatang. *Socius: Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Sosial*, 1(9), 6–11. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10928962>
- Puspitaloka, D., Kim, Y. S., Purnomo, H., & Fulé, P. Z. (2021). Analysis of challenges, costs, and governance alternative for peatland restoration in Central Kalimantan, Indonesia. *Trees, Forests and People*, 6(August), 2–12. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2021.100131>
- Rifandi, R. A. (2021). Pendugaan Stok Karbon dan Serapan Karbon pada Tegakan Mangrove di Kawasan Ekowisata Mangrove Desa Mojo Kabupaten Pematang. *Jurnal Litbang*, 19(1), 93–103. <https://doi.org/10.36762/jurnaljateng.v19i1.871>
- Rong, T., Ristevski, E., & Carroll, M. (2023). Exploring community engagement in place-based approaches in areas of poor health and disadvantage: A scoping review. *Health and Place*, 81(March), 103026. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2023.103026>
- Rowan, N. J., Murray, N., Qiao, Y., O'Neill, E., Clifford, E., Barceló, D., & Power, D. M. (2022). Digital transformation of peatland eco-innovations ('Paludiculture'): Enabling a paradigm shift towards the real-time sustainable production of 'green-friendly' products and services. *Science of the Total Environment*, 838(April), 1–20. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156328>
- Saifuddin, S. (2023). Inovasi Pendekatan Holistik dalam Transformasi Pendidikan Dayah Masa Depan. *Edukasi Islami: Jurnal Pendidikan Islam*, 12(3), 829–842. <https://doi.org/10.30868/ei.v12i03.5243>
- Sattayapanich, T., Janmaimool, P., & Chontanawat, J. (2022). Factors Affecting Community Participation in Environmental Corporate Social Responsibility Projects: Evidence from Mangrove Forest Management Project. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(4), 1–28. <https://doi.org/10.3390/joitmc8040209>
- Tazkia, H. A., & Damayanti, A. (2024). Perkembangan Sosial Emosional Anak Usia Dasar di Lingkungan Sekolah. *Jurnal Pendidikan Guru Sekolah Dasar*, 1(3), 8. <https://doi.org/10.47134/pgsd.v1i3.557>
- Wannewitz, M., & Garschagen, M. (2023). Collective adaptation to climate change. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 61, 101248. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2022.101248>
- Zhang, X., Feng, G., & Sun, X. (2024). Advanced technologies of soil moisture monitoring in precision agriculture: A Review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 18(May), 101473. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101473>