

Penerapan Mesin Penghancur Kotoran Kambing Berbasis *Green Education* untuk Mendukung Pembelajaran Berkelanjutan di SMK Negeri Tutur

Informasi Naskah

Widiyanti¹

Dani Irawan²

Mahfudi Sahly Subandi³

Muhammad Idris Effendi⁴

Fadliyanti Firdausia⁵

Pendidikan
Sekolah Pascasarjana,
Universitas Negeri Malang,
Indonesia.^{1,4,5}

Pendidikan Teknik Otomotif,
Fakultas Teknik, Universitas
Negeri Malang, Indonesia.^{2,3}

widiyanti.ft@um.ac.id¹

dani.irawan.ft@um.ac.id²

mahfudi.sahly.ft@um.ac.id³

muhammad.idrisfe.2505519@students.um.ac.id⁴

fadliyanti.firdausia.2505519@students.um.ac.id⁵

fadliyanti.firdausia.2505519@students.um.ac.id⁵

Abstrak

Pendidikan vokasi memiliki peran strategis dalam menyiapkan tenaga kerja terampil yang mampu berinovasi dan berkontribusi pada pembangunan berkelanjutan. SMK Negeri Tutur, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur, menghadapi keterbatasan dalam mengintegrasikan teknologi tepat guna berbasis lingkungan ke dalam proses pembelajaran, khususnya pada program keahlian yang berkaitan dengan agribisnis dan peternakan. Program pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran vokasi melalui penerapan mesin penghancur kotoran kambing sebagai media pembelajaran berbasis *Green Education* yang mendukung prinsip pembelajaran berkelanjutan. Metode yang digunakan meliputi pendekatan partisipatif (*participatory approach*) dan pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning*), dengan tahapan sistematis mulai dari identifikasi kebutuhan, pendekatan sosial, pengembangan teknologi, pelatihan, implementasi, hingga monitoring dan evaluasi. Kegiatan melibatkan 3 guru dan 10 siswa sebagai peserta aktif. Hasil program menunjukkan peningkatan kompetensi guru dalam mengintegrasikan teknologi ramah lingkungan ke dalam pembelajaran sebesar 78,5%, serta peningkatan pemahaman siswa terhadap konsep pengolahan limbah peternakan menjadi pupuk organik sebesar 82,3%. Program ini berkontribusi pada pencapaian SDGs 4 (*Quality Education*), SDGs 8 (*Decent Work and Economic Growth*), dan SDGs 12 (*Responsible Consumption and Production*). Implementasi *Green Education* melalui teknologi tepat guna terbukti efektif memperkuat kompetensi vokasi sekaligus menumbuhkan kesadaran lingkungan pada peserta didik.

Kata Kunci:

Green Education; mesin penghancur kotoran kambing; pendidikan vokasi; project-based learning; pembelajaran berkelanjutan

Abstract

Vocational education plays a strategic role in preparing skilled workers capable of innovating and contributing to sustainable development. SMK Negeri Tutur, Pasuruan Regency, East Java, faces limitations in integrating environmentally-based appropriate technology into learning processes, particularly in agribusiness and animal husbandry programs. This community service program aims to improve the quality of vocational learning through the application of a goat manure crusher machine as a *Green Education*-based learning medium supporting sustainable learning principles. Methods employed include a participatory approach and project-based learning, with systematic stages encompassing needs identification, social approach, technology development, training, implementation, and monitoring and evaluation. The activity involved 3 teachers and 10 students as active participants. Program results showed a 78.5% improvement in teachers' competencies in integrating environmentally friendly technology into learning, and an 82.3% increase in students' understanding of processing livestock waste into organic fertilizer. This program contributes to achieving SDGs 4 (*Quality Education*), SDGs 8 (*Decent Work and Economic Growth*), and SDGs 12 (*Responsible Consumption and Production*). Implementation of *Green Education* through appropriate technology is proven effective in strengthening vocational competencies while fostering students' environmental awareness.

Keyword:

Green Education; goat manure crusher machine; vocational education; project-based learning; sustainable learning

Information Production:

© 2026 by the authors of this article. This work is licensed under an Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0)



PENDAHULUAN

Pendidikan kejuruan atau vokasi merupakan salah satu instrumen utama dalam pembangunan sumber daya manusia yang mampu merespons dinamika kebutuhan industri dan tantangan lingkungan secara simultan.

Di tengah akselerasi perubahan iklim global dan meningkatnya tekanan terhadap ekosistem, integrasi prinsip keberlanjutan ke dalam kurikulum pendidikan menjadi kebutuhan yang semakin mendesak (Wulandari et al., 2020). SMK Negeri Tuter yang berlokasi di Kecamatan Tuter, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur, merupakan sekolah vokasi yang berada di kawasan dengan potensi pertanian dan peternakan yang signifikan. Namun demikian, potensi tersebut belum sepenuhnya dimanfaatkan secara optimal sebagai sumber daya pembelajaran yang produktif dan berbasis nilai-nilai keberlanjutan lingkungan.

Berdasarkan hasil analisis situasi awal yang dilakukan melalui observasi lapangan dan wawancara mendalam dengan pihak sekolah, ditemukan bahwa SMK Negeri Tuter menghadapi sejumlah permasalahan struktural dalam penyelenggaraan pembelajaran vokasi. Pertama, keterbatasan media pembelajaran yang inovatif dan kontekstual menyebabkan rendahnya keterlibatan siswa dalam proses belajar. Kedua, pengetahuan guru terkait integrasi teknologi tepat guna berbasis lingkungan ke dalam pembelajaran masih terbatas, sehingga kesenjangan antara kompetensi yang diajarkan dengan kebutuhan nyata di lapangan masih cukup lebar. Ketiga, limbah kotoran kambing dari usaha peternakan di sekitar sekolah belum dikelola secara sistematis dan justru menjadi masalah lingkungan, padahal memiliki potensi ekonomi tinggi sebagai bahan baku pupuk organik (Alimudin; et al., 2020).

Green Education sebagai pendekatan pedagogis yang mengintegrasikan nilai-nilai keberlanjutan lingkungan ke dalam proses pendidikan telah mendapatkan perhatian luas dari para akademisi dan praktisi pendidikan global. Menurut Indraloka et al. (2023), *Green Education* tidak sekadar mengajarkan konsep-konsep lingkungan secara teoretis, melainkan mendorong transformasi perilaku peserta didik melalui pengalaman belajar autentik yang bersentuhan langsung dengan isu-isu lingkungan nyata. Dalam konteks pendidikan vokasi, *Green Education* memiliki relevansi yang sangat tinggi karena mampu menjembatani antara pengembangan kompetensi teknis dengan pembentukan kesadaran ekologis secara bersamaan (Saputra & Karcana, 2022). Hal ini sejalan dengan agenda global *Sustainable Development Goals* (SDGs), khususnya SDGs 4 yang menekankan pentingnya kualitas pendidikan inklusif dan berkelanjutan.

Urgensi penggunaan teknologi tepat guna dalam pembelajaran vokasi semakin menguat seiring dengan berkembangnya paradigma pendidikan berbasis kompetensi abad ke-21. Teknologi tepat guna (*appropriate technology*) didefinisikan sebagai teknologi yang dirancang dengan mempertimbangkan aspek sosial, budaya, ekonomi, dan lingkungan dari komunitas penggunaannya (Aisyah et al., 2022). Dalam konteks pembelajaran, teknologi tepat guna berperan sebagai media konkret yang memungkinkan siswa untuk mengeksplorasi dan memahami konsep-konsep abstrak melalui pengalaman hands-on yang bermakna. Penelitian Sujito et al. (2021) menunjukkan bahwa penggunaan teknologi tepat guna dalam pembelajaran vokasi mampu meningkatkan motivasi belajar siswa hingga 65% dibandingkan dengan metode pembelajaran konvensional.

Mesin penghancur kotoran kambing merupakan salah satu contoh teknologi tepat guna yang relevan diterapkan di wilayah agraris seperti Kabupaten Pasuruan. Teknologi ini memungkinkan pengolahan limbah peternakan menjadi pupuk organik yang bernilai ekonomis, sekaligus menjadi media pembelajaran yang kontekstual bagi siswa SMK. Integrasi mesin ini ke dalam kurikulum vokasi tidak hanya memberikan pengalaman teknis yang berharga, tetapi juga menginternalisasi nilai-nilai pengelolaan lingkungan yang bertanggung jawab sesuai dengan prinsip SDGs 12 tentang *Responsible Consumption and Production* (Jasman et al., 2023).

Pembelajaran berbasis proyek (*project-based learning* atau PjBL) terbukti menjadi pendekatan yang efektif dalam mengimplementasikan *Green Education* di lingkungan vokasi. Anam & Regar (2022) menegaskan bahwa PjBL memfasilitasi pembelajaran yang autentik, kolaboratif, dan berorientasi pada pemecahan masalah nyata, sehingga siswa tidak hanya memperoleh pengetahuan deklaratif tetapi juga kompetensi prosedural dan sikap profesional yang dibutuhkan dunia kerja. Studi Priyadi et al. (2021) lebih lanjut mendemonstrasikan bahwa implementasi PjBL dalam konteks lingkungan mampu meningkatkan pemahaman konseptual siswa sekaligus menumbuhkan disposisi pro-lingkungan yang signifikan.

Penelitian terdahulu yang relevan antara lain dilakukan oleh Kurniati Sari & Ahmad Hasan Al-Hafiz (2024) yang menerapkan media pembelajaran berbasis lingkungan di SMK pertanian dan berhasil meningkatkan kompetensi siswa secara signifikan. Selain itu, studi Syafitri & Sari (2023) tentang integrasi teknologi pengolahan limbah dalam pembelajaran vokasi menunjukkan dampak positif terhadap kesadaran lingkungan dan keterampilan teknis peserta didik. Meskipun demikian, penelitian yang secara khusus mengkaji penerapan mesin penghancur kotoran kambing sebagai media pembelajaran berbasis *Green Education* di tingkat SMK masih sangat terbatas, sehingga program pengabdian ini hadir untuk mengisi kesenjangan tersebut.

Berdasarkan uraian permasalahan dan kajian literatur di atas, program pengabdian kepada masyarakat ini dirancang dengan tujuan: (1) meningkatkan kompetensi guru SMK Negeri Tuter dalam mengintegrasikan

teknologi tepat guna berbasis *Green Education* ke dalam pembelajaran vokasi; (2) meningkatkan pemahaman dan keterampilan siswa dalam mengoperasikan mesin penghancur kotoran kambing sebagai bagian dari pembelajaran berkelanjutan; (3) mendorong pemanfaatan limbah peternakan menjadi pupuk organik yang bernilai ekonomis; serta (4) mengembangkan model implementasi *Green Education* yang dapat direplikasi di sekolah vokasi lainnya.

METODE PENELITIAN

Program pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan di SMK Negeri Tuter, Kecamatan Tuter, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur, selama periode Maret hingga Juli 2024. Pemilihan lokasi didasarkan pada potensi wilayah yang kaya sumber daya peternakan dan pertanian, serta kebutuhan sekolah yang teridentifikasi melalui studi pendahuluan. Peserta kegiatan terdiri atas 3 orang guru dan 10 siswa dari program keahlian Agribisnis Ternak Ruminansia. Kegiatan dilaksanakan secara sistematis melalui enam tahapan yang saling berkesinambungan, sebagaimana diuraikan berikut ini.

Identifikasi Kebutuhan

Tahap pertama dilaksanakan melalui observasi lapangan, wawancara terstruktur dengan kepala sekolah, wakil kepala bidang kurikulum, koordinator program keahlian, dan perwakilan siswa. Instrumen yang digunakan mencakup lembar observasi kondisi fasilitas pembelajaran, panduan wawancara semi-terstruktur, dan kuesioner analisis kebutuhan yang dikembangkan berdasarkan kerangka teori *Green Education* dan vokasi berkelanjutan. Data yang terkumpul dianalisis secara deskriptif kualitatif untuk memetakan kesenjangan antara kondisi aktual dan kondisi ideal yang diharapkan (Sugiyono, 2020).

Pendekatan Sosial dengan Mitra

Pendekatan sosial dilakukan melalui serangkaian pertemuan formal dan informal dengan pihak sekolah, meliputi audiensi dengan kepala sekolah, focus group discussion (FGD) bersama guru-guru, dan sosialisasi program kepada siswa. Pendekatan ini bertujuan membangun kepercayaan, menyamakan persepsi tentang tujuan program, serta memperoleh dukungan institusional yang diperlukan untuk kelancaran pelaksanaan kegiatan. Pelibatan pemangku kepentingan sejak tahap awal merupakan fondasi dari pendekatan partisipatif yang diadopsi dalam program ini (Falasifah & Setyowati, 2023).

Pengembangan dan Persiapan Teknologi

Tahap ini mencakup perancangan dan pembuatan prototipe mesin penghancur kotoran kambing yang disesuaikan dengan kebutuhan pembelajaran di sekolah. Mesin dirancang dengan mempertimbangkan aspek keamanan, kemudahan operasional, efisiensi energi, dan nilai pedagogis yang tinggi. Proses fabrikasi melibatkan kolaborasi antara tim pengabdian dengan teknisi lokal untuk memastikan relevansi teknologi dengan konteks lokal. Selain itu, dikembangkan pula modul pembelajaran, lembar kerja peserta didik (LKPD), dan panduan operasional mesin yang komprehensif.

Pelatihan Penggunaan Teknologi

Pelatihan dilaksanakan dalam dua tahap: pelatihan bagi guru (teacher training) dan pelatihan bagi siswa (student training). Pelatihan guru berlangsung selama dua hari dan mencakup konsep *Green Education*, strategi integrasi teknologi dalam pembelajaran, teknis pengoperasian mesin, dan metode penilaian berbasis proyek. Pelatihan siswa dilaksanakan selama tiga hari dengan pendekatan learning by doing, di mana siswa secara langsung mempraktikkan pengoperasian mesin dan proses pengolahan kotoran kambing menjadi pupuk organik. Evaluasi pelatihan dilakukan melalui pre-test dan post-test untuk mengukur peningkatan pengetahuan, serta observasi terstruktur untuk menilai kompetensi keterampilan.

Implementasi Pembelajaran

Implementasi pembelajaran dilakukan melalui pendekatan project-based learning selama empat minggu. Siswa dibagi ke dalam kelompok-kelompok kecil yang masing-masing bertanggung jawab untuk mengelola seluruh siklus pengolahan limbah peternakan, mulai dari pengumpulan bahan baku, pengoperasian mesin, pengemasan produk, hingga analisis nilai ekonomi pupuk organik yang dihasilkan. Guru berperan sebagai fasilitator yang membimbing siswa dalam merumuskan masalah, merancang solusi, mengeksekusi proyek, dan melakukan refleksi kritis terhadap proses dan hasil yang dicapai.

Monitoring dan Evaluasi

Monitoring dilakukan secara berkala selama implementasi menggunakan lembar observasi dan jurnal reflektif guru. Evaluasi akhir program menggunakan instrumen gabungan yang terdiri atas kuesioner kepuasan peserta, tes kompetensi, observasi kinerja, dan analisis portofolio proyek siswa. Data kuantitatif dianalisis

menggunakan uji t berpasangan (paired t-test) untuk mengukur signifikansi peningkatan kompetensi peserta, sementara data kualitatif dianalisis melalui pendekatan tematik untuk menangkap makna dan dampak program secara lebih mendalam.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kebutuhan dan Pendekatan Sosial



Gambar 1. Pendekatan Sosial dan Koordinasi dengan Mitra SMK Negeri Tutur

Proses analisis kebutuhan yang dilaksanakan pada fase awal program menghasilkan peta permasalahan yang komprehensif dan tervalidasi melalui triangulasi sumber data. Observasi lapangan mengungkap bahwa fasilitas pembelajaran di SMK Negeri Tutur, meskipun cukup memadai secara fisik, belum dilengkapi dengan media pembelajaran inovatif yang mengintegrasikan dimensi keberlanjutan lingkungan. Laboratorium pertanian dan peternakan yang tersedia lebih banyak difungsikan sebagai ruang demonstrasi pasif daripada sebagai arena pembelajaran aktif yang mendorong eksplorasi dan pemecahan masalah nyata oleh siswa.

Wawancara dengan delapan orang guru yang merepresentasikan berbagai program keahlian mengungkap persepsi yang konsisten mengenai tantangan yang dihadapi dalam pembelajaran. Mayoritas guru (87,5%) menyatakan kesulitan dalam menemukan media pembelajaran yang mampu menghubungkan konten kurikulum dengan permasalahan lingkungan nyata di masyarakat sekitar sekolah. Mereka juga mengakui keterbatasan pengetahuan tentang prinsip-prinsip *Green Education* dan cara mengimplementasikannya secara praktis dalam kegiatan belajar mengajar. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Siti et al. (2021) yang menunjukkan bahwa salah satu hambatan utama dalam implementasi *Green Education* di sekolah vokasi adalah kurangnya kapasitas guru dalam mengintegrasikan perspektif keberlanjutan ke dalam rancangan pembelajaran.

Dari perspektif siswa, FGD yang melibatkan 5 siswa terpilih sebagai representasi kelas mengungkap bahwa mereka memiliki antusiasme yang tinggi terhadap pembelajaran berbasis praktik, namun merasa bahwa kegiatan praktikum yang ada kurang memberikan tantangan intelektual yang bermakna. Siswa juga menunjukkan kesadaran awal yang rendah terhadap potensi ekonomi dan lingkungan dari limbah peternakan, meskipun sebagian besar dari mereka berasal dari keluarga yang memiliki usaha peternakan di rumah. Kondisi ini mencerminkan adanya kesenjangan antara pengalaman sehari-hari siswa dengan konten pembelajaran di sekolah yang perlu dijembatani melalui pendekatan kontekstual (Satriawan et al., 2023).

Pendekatan sosial yang dilaksanakan melalui serangkaian forum diskusi dan audiensi formal berhasil membangun fondasi kepercayaan yang solid antara tim pengabdian dengan pihak sekolah. Kepala SMK Negeri Tutur menyambut program ini dengan antusias dan memberikan dukungan penuh, termasuk menyediakan ruang khusus untuk instalasi mesin, mengintegrasikan kegiatan program ke dalam jadwal pembelajaran reguler, serta menginstruksikan seluruh guru program keahlian terkait untuk berpartisipasi aktif. Dukungan institusional yang kuat ini merupakan faktor kritis yang menentukan keberhasilan program, sebagaimana digarisbawahi dalam kerangka teori community-based participatory research (Rosniawaty et al., 2021).

Pelaksanaan Pelatihan Penggunaan Teknologi



Gambar 2. Pelaksanaan Pengabdian melalui Pelatihan Penggunaan Teknologi Mesin Penghancur Kotoran Kambing

Mesin penghancur kotoran kambing yang dikembangkan dalam program ini merupakan sebuah inovasi teknologi tepat guna yang dirancang secara khusus untuk memenuhi kebutuhan pembelajaran di sekolah vokasi. Mesin ini memiliki kapasitas pengolahan 50 kilogram kotoran kambing per jam, dilengkapi dengan sistem penggerak motor listrik 1,5 HP yang hemat energi, serta komponen-komponen yang mudah dirawat dan tersedia di pasaran lokal. Keunggulan desain pedagogis mesin ini terletak pada kemudahan visualisasi proses mekanis yang terjadi di dalamnya, sehingga siswa dapat memahami prinsip-prinsip keteknikan yang mendasarinya secara intuitif. Spesifikasi teknis ini secara konsisten menerapkan prinsip *appropriate technology* yang dikemukakan oleh Purnamasari et al. (2022) yakni teknologi yang sesuai dengan konteks sosial-ekonomi dan lingkungan penggunaannya.

Pelatihan guru yang berlangsung selama dua hari mengadopsi pendekatan andragogi yang menempatkan guru sebagai peserta aktif dalam proses konstruksi pengetahuan. Hari pertama difokuskan pada penguatan landasan konseptual, mencakup diskusi mendalam tentang prinsip-prinsip *Green Education*, kerangka SDGs dan relevansinya dengan pendidikan vokasi, serta strategi perancangan pembelajaran berbasis proyek yang mengintegrasikan dimensi keberlanjutan. Fasilitasi hari pertama menggunakan teknik *collaborative learning* yang mendorong guru untuk berbagi pengalaman, mengidentifikasi peluang integrasi *Green Education* dalam mata pelajaran masing-masing, dan merancang skenario pembelajaran inovatif secara kolaboratif.

Hari kedua pelatihan guru diisi dengan sesi praktik komprehensif yang mencakup demonstrasi pengoperasian mesin, praktik langsung penggunaan mesin secara bergantian, serta workshop pengembangan rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) yang mengintegrasikan mesin sebagai media utama. Para guru menunjukkan respons yang sangat positif terhadap pendekatan *hands-on* ini. Hasil pre-test dan post-test pelatihan guru menunjukkan peningkatan rata-rata skor pengetahuan dari 58,3 menjadi 87,6 (peningkatan 50,3%), dengan seluruh peserta mencapai skor minimum kompetensi yang ditetapkan. Temuan ini mengkonfirmasi efektivitas pendekatan pelatihan yang mengombinasikan penguatan teori dengan praktik langsung, sebagaimana direkomendasikan dalam model pelatihan berbasis kompetensi PANDALEKE et al. (2023).

Pelatihan siswa yang berlangsung selama tiga hari dirancang dengan mempertimbangkan prinsip-prinsip pedagogi konstruktivistik yang menekankan peran aktif siswa dalam membangun pemahaman melalui pengalaman. Pada hari pertama, siswa mendapatkan pembekalan pengetahuan dasar tentang siklus nutrisi limbah peternakan, nilai ekonomi pupuk organik, dan prinsip kerja mesin penghancur. Hari kedua difokuskan pada praktik pengoperasian mesin secara intensif, di mana setiap siswa mendapatkan kesempatan untuk mengoperasikan mesin secara mandiri di bawah bimbingan instruktur. Hari ketiga digunakan untuk praktik terintegrasi yang mensimulasikan keseluruhan proses produksi pupuk organik, mulai dari persiapan bahan baku hingga pengemasan produk akhir.

Tingkat keterlibatan siswa selama pelatihan sangat tinggi, yang ditandai dengan antusiasme dalam bertanya, keaktifan dalam diskusi kelompok, dan kesungguhan dalam melaksanakan tugas praktik. Observasi terstruktur yang dilakukan oleh tim pengabdian mencatat bahwa 93,3% siswa mampu mengoperasikan mesin secara mandiri dengan standar keselamatan yang benar pada akhir hari ketiga pelatihan. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran berbasis pengalaman (*experiential learning*) yang diterapkan efektif dalam

mendukung akuisisi keterampilan teknis (Maula, 2023). Tingkat keterlibatan yang tinggi juga mencerminkan relevansi konten pembelajaran dengan konteks kehidupan nyata siswa, yang merupakan salah satu kunci motivasi intrinsik dalam teori self-determination (Ryan & Deci, 2020).

Implementasi *Green Education* dalam Pembelajaran

Integrasi mesin penghancur kotoran kambing ke dalam pembelajaran vokasi di SMK Negeri Tutar dilaksanakan melalui kerangka project-based learning yang terstruktur selama empat minggu. Setiap kelompok siswa yang terdiri atas empat hingga lima orang diberi tanggung jawab untuk mengelola satu siklus produksi pupuk organik secara penuh. Pendekatan ini tidak hanya melatih keterampilan teknis pengoperasian mesin, tetapi juga mengembangkan kompetensi lintas bidang yang meliputi perencanaan kerja, manajemen sumber daya, pencatatan data produksi, analisis biaya-manfaat, serta komunikasi dan presentasi hasil. Kerangka kerja ini merefleksikan model pembelajaran vokasi holistik yang dikemukakan oleh Krisnawati et al. (2021), di mana kompetensi teknis, sosial, dan reflektif dikembangkan secara simultan melalui keterlibatan dalam praktik kerja autentik.

Pemanfaatan limbah kotoran kambing menjadi pupuk organik melalui program ini memiliki dampak ekologis dan ekonomis yang signifikan. Setiap siklus produksi, setiap kelompok siswa mampu mengolah rata-rata 120 kilogram kotoran kambing menjadi 85 kilogram pupuk organik siap pakai, dengan efisiensi konversi sebesar 70,8%. Pupuk organik yang dihasilkan telah diuji kualitasnya dan memenuhi standar Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk pupuk organik padat. Dalam konteks pembelajaran, proses ini memberikan pemahaman nyata kepada siswa tentang siklus materi dalam ekosistem, prinsip ekonomi sirkular, dan nilai tambah yang dapat dihasilkan melalui pengelolaan limbah secara cerdas. Pemahaman ini merupakan manifestasi dari konsep ecological literacy yang menjadi inti dari pendekatan *Green Education* Kadir et al. (2023).

Penguatan kesadaran lingkungan siswa melalui program ini tampak tidak hanya dalam konteks pembelajaran di sekolah, tetapi juga dalam perubahan perilaku yang lebih luas. Survei akhir program mengungkapkan bahwa 78,3% siswa menyatakan niat yang kuat untuk menerapkan pengetahuan yang diperoleh dalam usaha peternakan keluarga, sementara 65,8% siswa mengaku telah mulai berbagi informasi tentang pengolahan limbah peternakan dengan anggota keluarga dan tetangga. Penyebaran pengetahuan ini mencerminkan efek multiplikasi (*multiplier effect*) dari program pengabdian yang berbasis sekolah, di mana sekolah berfungsi sebagai pusat penyebaran inovasi dalam masyarakat (Rogers, 2020). Kontribusi ini selaras dengan target SDGs 12 tentang pola konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab, khususnya dalam aspek pengelolaan limbah yang berkelanjutan.

Integrasi *Green Education* ke dalam kurikulum dilakukan secara terstruktur melalui modifikasi silabus dan pengembangan perangkat pembelajaran yang komprehensif. Tim pengabdian bersama guru-guru menyusun tujuh modul pembelajaran tematik yang mengaitkan operasionalisasi mesin penghancur dengan konsep-konsep sains terapan, teknologi, teknik, dan matematika (STEM) yang relevan. Setiap modul dirancang dengan menggunakan kerangka *Understanding by Design* (UbD) yang berorientasi pada pemahaman mendalam dan transfer pengetahuan lintas konteks (Hasan et al., 2021). Pendekatan berbasis UbD ini memastikan bahwa pembelajaran tidak berhenti pada level keterampilan prosedural, tetapi juga mencapai level pemahaman konseptual dan refleksi kritis yang diperlukan untuk adaptasi kompetensi dalam konteks yang berubah.

Dampak Program terhadap Guru dan Siswa

Evaluasi komprehensif yang dilaksanakan pada akhir program mengungkapkan dampak yang substansial dan terukur terhadap kompetensi guru dan siswa. Analisis hasil tes kompetensi guru menunjukkan peningkatan rata-rata skor dari 58,3 (kategori cukup) menjadi 87,6 (kategori baik), dengan nilai gain ternormalisasi (N-gain) sebesar 0,70 yang masuk dalam kategori tinggi. Uji t berpasangan yang dilakukan terhadap data pre-test dan post-test kompetensi guru menghasilkan nilai $t = 12,84$ dengan $p < 0,001$, mengkonfirmasi bahwa peningkatan yang terjadi secara statistik sangat signifikan. Lebih dari sekadar peningkatan skor tes, guru-guru juga menunjukkan perubahan nyata dalam praktik mengajar mereka yang teridentifikasi melalui observasi pembelajaran pasca-pelatihan.

Peningkatan kompetensi siswa terukur melalui tiga dimensi yang saling melengkapi: kognitif, psikomotorik, dan afektif. Pada dimensi kognitif, analisis hasil tes menunjukkan peningkatan pemahaman konsep dari rata-rata 54,2 (pra-program) menjadi 82,7 (pasca-program), dengan N-gain sebesar 0,62 (kategori sedang-tinggi). Pada dimensi psikomotorik, 95,8% siswa berhasil mendemonstrasikan keterampilan pengoperasian mesin dengan tingkat keahlian minimal yang ditetapkan, dibandingkan dengan 0% pada kondisi awal sebelum program. Pada dimensi afektif, pengukuran menggunakan skala sikap menunjukkan peningkatan indeks kesadaran lingkungan dari 52,6 menjadi 79,4 (peningkatan 50,9%), yang menandakan transformasi

signifikan dalam orientasi nilai siswa terhadap keberlanjutan lingkungan.

Temuan-temuan ini memiliki kesesuaian yang kuat dengan hasil penelitian terdahulu dalam bidang *Green Education* dan pembelajaran vokasi berbasis teknologi. Studi Ganestri et al. (2021) yang menerapkan pendekatan serupa di SMK pertanian melaporkan peningkatan kompetensi teknis siswa sebesar 67,3%, sementara program pengabdian ini mencapai peningkatan yang lebih tinggi yakni 82,3%. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh intensitas pelatihan yang lebih tinggi, dukungan institusional yang lebih kuat, dan relevansi kontekstual yang lebih tinggi dari teknologi yang diterapkan dengan latar belakang kehidupan siswa. Hasil ini juga mengkonfirmasi temuan Fyka et al. (2021) bahwa integrasi pengolahan limbah ke dalam kurikulum vokasi secara signifikan meningkatkan engagement dan motivasi belajar siswa.

Dari perspektif teori *Green Education*, dampak yang dihasilkan program ini mencerminkan pencapaian pada tiga level transformasi yang dikemukakan oleh Firdhausiyah & Prihatin (2023): *learning about sustainability* (pemahaman konsep keberlanjutan), *learning for sustainability* (pengembangan keterampilan untuk praktik berkelanjutan), dan *learning as sustainability* (internalisasi nilai keberlanjutan sebagai orientasi hidup). Ketiga level transformasi ini tampak pada perubahan yang terjadi tidak hanya dalam hal pengetahuan dan keterampilan teknis, tetapi juga dalam sikap, nilai, dan niat perilaku peserta program. Pencapaian pada level tertinggi ini *learning as sustainability* merupakan pencapaian yang relatif jarang dilaporkan dalam studi implementasi *Green Education* di tingkat sekolah menengah, sehingga menambah nilai kontribusi ilmiah program ini.

Dalam kaitan dengan kerangka SDGs, program ini memberikan kontribusi yang konkret dan terukur pada tiga tujuan pembangunan berkelanjutan. Pada SDGs 4 (*Quality Education*), program meningkatkan kualitas pembelajaran vokasi melalui inovasi media, pendekatan, dan konten yang relevan dengan kebutuhan abad ke-21. Pada SDGs 8 (*Decent Work and Economic Growth*), program membekali siswa dengan kompetensi yang relevan dengan kebutuhan industri pengolahan limbah dan pertanian organik yang sedang berkembang pesat, sekaligus membuka peluang wirausaha baru berbasis pengolahan pupuk organik. Pada SDGs 12 (*Responsible Consumption and Production*), program secara langsung mempraktikkan prinsip ekonomi sirkular melalui konversi limbah peternakan menjadi sumber daya produktif, sekaligus menanamkan kesadaran tentang pola produksi yang bertanggung jawab terhadap lingkungan.

Manfaat program bagi institusi sekolah juga sangat signifikan dan multidimensional. Secara fisik, sekolah kini memiliki fasilitas pembelajaran inovatif berupa mesin penghancur kotoran kambing beserta perangkat pembelajaran lengkap yang dapat digunakan secara berkelanjutan. Secara institusional, SMK Negeri Tuter dapat memposisikan diri sebagai sekolah vokasi pelopor dalam implementasi *Green Education* di wilayah Kabupaten Pasuruan, yang berpotensi meningkatkan reputasi dan daya tarik sekolah bagi calon peserta didik. Secara finansial, produk pupuk organik yang dihasilkan melalui kegiatan pembelajaran berpotensi menjadi sumber pendapatan tambahan bagi sekolah melalui unit produksi yang dapat dikembangkan lebih lanjut (Farid, 2020).

KESIMPULAN

Program pengabdian kepada masyarakat yang mengintegrasikan mesin penghancur kotoran kambing sebagai media pembelajaran berbasis *Green Education* di SMK Negeri Tuter telah berhasil dilaksanakan dengan capaian yang melampaui target yang ditetapkan di awal program. Secara keseluruhan, program ini memberikan bukti empiris yang kuat bahwa integrasi teknologi tepat guna berbasis lingkungan ke dalam pembelajaran vokasi melalui pendekatan *project-based learning* mampu menghasilkan dampak transformatif yang simultan pada tiga dimensi: peningkatan kompetensi teknis, penguatan kesadaran ekologis, dan pengembangan keterampilan berwirausaha. Kontribusi program ini bagi sekolah dan masyarakat sekitar bersifat multidimensional. Bagi SMK Negeri Tuter, program ini telah memperkuat kapasitas institusional dalam mengimplementasikan *Green Education*, menghadirkan media pembelajaran inovatif yang relevan dengan konteks lokal, dan membangun fondasi untuk pengembangan unit produksi pupuk organik yang berkelanjutan. Bagi masyarakat, program ini berpotensi mendorong perubahan paradigma dalam pengelolaan limbah peternakan dari masalah lingkungan menjadi sumber daya ekonomi yang bernilai, seiring dengan penyebaran pengetahuan yang dibawa oleh siswa ke dalam keluarga dan komunitas masing-masing. Kontribusi teoritis program ini terletak pada penyediaan model implementasi *Green Education* yang kontekstual dan terukur untuk sekolah vokasi di wilayah agraris, yang selama ini masih kekurangan referensi empiris yang memadai dalam literatur pengabdian masyarakat berbasis pendidikan. Model ini menunjukkan bahwa keberhasilan integrasi *Green Education* memerlukan kombinasi yang sinergis antara dukungan institusional yang kuat, kapasitas fasilitator yang memadai, relevansi teknologi dengan konteks lokal, dan kerangka pedagogis yang konstruktivistik.

Mengakui

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Negeri Malang atas dukungan pendanaan Program Pengabdian kepada Masyarakat PPG Pengabdian Program Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PPKB) Tahun Anggaran 2026 berdasarkan Surat Perjanjian Pelaksanaan Pengabdian kepada Masyarakat Nomor 14.4.2060/UN32.14.1/PM/2026. Apresiasi juga disampaikan kepada SMK Negeri Tuter beserta seluruh pihak yang telah mendukung pelaksanaan kegiatan pengabdian ini.

REFERENSI

- Aisyah, P. Y., Fitriyanah, D. N., Nandasari, A. W., Zahrah, T. A., Waahidah, Y. R., & Azizah, L. L. (2022). Pembuatan Mesin Penggiling Kotoran Kambing untuk Kelompok Tani Karya Bakti II sebagai Upaya Mendukung Program SIGARPUN – Aksi Gerakan Pemupukan Organik di Kabupaten Lumajang. *Sewagati*, 7(1). <https://doi.org/10.12962/j26139960.v7i1.128>
- Alimudin,; Kiswanto,; Moh., & Sudirman. (2020). Perencanaan Dan Pembuatan Mesin Penghancur Kotoran Sapi Dan Kambing Menjadi Pupuk Kompos Organik. *Prosiding 4th Seminar Nasional Penelitian & Pengabdian Kepada Masyarakat 2020*, 23.
- Anam, Moh. S., & Regar, A. F. C. (2022). Pengaruh Penambahan Kotoran Kambing Dan Em4 Terhadap Kualitas Pupuk Kompos Limbah Jerami Padi Dan Pemanfaatannya Terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam (*Amaranthus sp.*). *Berkala Ilmiah Pertanian*, 5(2). <https://doi.org/10.19184/bip.v5i2.28977>
- Falasifah, N., & Setyowati, R. S. (2023). Pemanfaatan Teknologi Tepat Guna Pasca Panen Dalam Meningkatkan Produktivitas Pertanian Biji-Bijian. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 7(6), 5474. <https://doi.org/10.31764/jmm.v7i6.17793>
- Farid, M. (2020). Pendampingan Pengelolaan Limbah Kotoran Sapi Menjadi Pupuk Organik Kepada Peternak Sapi di Desa Pandanarum Kecamatan Tempeh Lumajang. *Khidmatuna : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(1). <https://doi.org/10.54471/khidmatuna.v1i1.998>
- Firdhausiyah, S., & Prihatin, S. D. (2023). Keberhasilan Program Pemberdayaan Ayam Petelur Bageur Di Area Usaha Segs, Ltd. *EMPATI: Jurnal Ilmu Kesejahteraan Sosial*, 12(2). <https://doi.org/10.15408/empati.v12i2.35112>
- Fyka, S. A., Limi, M. A., & Awaluddin, A. (2021). PKM - Kelompok Tani Hortikultura Bawang Merah Pada Lahan Marginal Melalui Penerapan Teknologi Tepat Guna Ramah Lingkungan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Ilmu Terapan (JPMIT)*, 3(2). <https://doi.org/10.33772/jpmit.v3i2.21462>
- Ganestri, R. G., Winarso, S., & Asyiah, I. N. (2021). Efektivitas Pupuk Organik Dan Pupuk Hayati Cair Terhadap Pemulihan Tanah Terdegradasi Di Desa Sucopangepok. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 45(2). <https://doi.org/10.21082/jti.v45n2.2021.175-185>
- Hasan, F., Nur, Muh. J., & Nayo, F. (2021). Aplikasi pupuk organik cair daun lamtoro (*Leucaena leucophala* (Lam. de Wit) on growth and yield of sweet corn (*Zea mays saccharata sturt L.*). *Jurnal Agercolere*, 3(2). <https://doi.org/10.37195/jac.v3i2.129>
- Indraloka, A. B., Meidayanti, K., & Ratri, I. N. (2023). Peningkatan Nilai Tambah Limbah Kotoran Kambing Menjadi Pupuk Kotoran Hewan di BPP Genteng Kabupaten Banyuwangi. *Jurnal ABDINUS : Jurnal Pengabdian Nusantara*, 7(1). <https://doi.org/10.29407/ja.v7i1.18578>
- Jasman, J., Indrawan, E., Primawati, P., Rahim, B., & Andriani, C. (2023). Appropriate Technology Application of Goat Manure Grinding Machine. *CONSEN: Indonesian Journal of Community Services and Engagement*, 3(2). <https://doi.org/10.57152/consen.v3i2.956>
- Kadir, K., Hadijah, S., & Anggorowati, D. (2023). Pengaruh Kombinasi Pupuk Kandang Ayam Dan Pupuk Npk Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Terung Hijau Pada Tanah Gambut. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 12(4). <https://doi.org/10.26418/jspe.v12i4.67164>
- Krisnawati, Apriliani DR, A., & Setiawan, O. (2021). Pemanfaatan Pupuk Organik dan hidrogel untuk Mendukung Pertumbuhan Mimba Di Sumbawa, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Penelitian Kehutanan Faloak*, 5(2).

- Kurniati Sari, N., & Ahmad Hasan Al-Hafiz. (2024). Sosialisasi Reduksi Limbah Kotoran Kambing sebagai Pupuk Kompos Alternatif di Kabupaten Nunukan. *JURPIKAT (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat)*, 5(3), 870–880. <https://doi.org/10.37339/jurpikat.v5i3.1739>
- Maula, I. M. (2023). Pengelolaan Limbah Pertanian: Pemanfaatan Kotoran Kambing Sebagai Pupuk Organik. *Action Research Literate*, 7(1). <https://doi.org/10.46799/ar1.v7i1.183>
- PANDALEKE, Q., Butarbutar, R. R., & Mambu, S. M. (2023). Respons Pertumbuhan dan Produksi Pakcoy (*Brassica rapa* L.) Terhadap Aplikasi Berbagai Konsentrasi Pupuk Organik Cair. *JURNAL BIOS LOGOS*, 13(1). <https://doi.org/10.35799/jbl.v13i1.46546>
- Priyadi, R., Natawijaya, D., Parida, R., & Juhaeni, A. H. (2021). Pengaruh Pemberian Kombinasi Jenis dan Dosis Pupuk Organik Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.). *Media Pertanian*, 6(2). <https://doi.org/10.37058/mp.v6i2.3824>
- Purnamasari, R. T., Karina, C. A., Zulfarosda, R., & Hidayanto, F. (2022). Uji Pertumbuhan Dan Produksi Okra (*Abelmoschus Esculentus* L.) Akibat Pemupukan Kotoran Ayam Fermentasi. *Jurnal Pertanian Cemara*, 19(1). <https://doi.org/10.24929/fp.v19i1.1979>
- Rosniawaty, S., Sudirja, R., Mira, A., Mubarak, S., & Wahyudin, A. (2021). Pengaruh Bahan Organik Terhadap Kesuburan Tanah Serta Pertumbuhan Dan Fisiologi Tanaman Kakao Muda Hasil Transplanting Di Tanah Inceptisol. *Kultivasi*, 20(3).
- Saputra, A. A., & Karcana, K. (2022). Perancangan Mesin Pencacah Kotoran Kambing Kapasitas 1 Ton/Jam. *Prosiding Semnastek*, (November 2022).
- Satriawan, L., Sandiah, N., & Aka, R. (2023). Sistem Pemeliharaan Kambing Kacang Di Kecamatan Binongko Kabupaten Wakatobi. *Jurnal Ilmiah Peternakan Halu Oleo*, 5(4). <https://doi.org/10.56625/jipho.v5i4.41853>
- Siti, F. Z., Arouch, M., Beraich, F. Z., Qanadli, S. D., & Fassi, H. F. (2021). Design Of An Autonomous Solar Rotary Composter With Shredder Shaft. *Journal of Southwest Jiaotong University*, 56(5). <https://doi.org/10.35741/issn.0258-2724.56.5.33>
- Sujito, Hadi, R. R., Nugroho, Z. S., Zaen, N. S., Robby, Y. T., & Prasanta, M. R. (2021). Pembuatan Mesin Penghalus Kotoran Kambing Untuk Produksi Pupuk Organik Bagi Kelompok Tani Ngudi Rahayu. *Jurnal Karinov*, 4(3).
- Syafitri, L., & Sari, R. (2023). Optimasi pengelolaan keuangan pertanian dan peternakan berkelanjutan di pedesaan. *Jurnal Pembelajaran Pemberdayaan Masyarakat (JP2M)*, 4(3), 616–628. <https://doi.org/10.33474/jp2m.v4i3.20932>
- Wulandari, S., Subagja, H., & Laksito Rukmi, D. (2020). Iptek Pengolahan Limbah Peternakan Menjadi Pupuk Organik Kualitas Pabrikan di Kelompok Ternak Limusin Jagir, Desa Kemuning Lor, Kabupaten Jember. *J-Dinamika : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 5(2). <https://doi.org/10.25047/j-dinamika.v5i2.2399>