

PEMBERDAYAAN MASYARAKAT MELALUI INTEGRASI AGENS HAYATI, PENGELOLAAN LIMBAH ORGANIK, DAN ENERGI SURYA DALAM MENDUKUNG PERTANIAN BERKELANJUTAN DI KABUPATEN INDRAMAYU

**Asep Malinda Abioga, Noor Taufiq, Winar Nur Aisyah Fatimah,
Dede Darmawan, Dedy Yahya Harahap, Isyfi Syaufi Nafilah**

PT Pertamina EP Zona 7 Jatibarang Field
mk.winar.fatimah@pertamina.com

Abstract

The Jari Tangan Program (Independent and Food-Resilient Agricultural Work) was created to promote sustainable agriculture by utilizing biological agents, processing organic waste into fertilizer, and harnessing renewable energy through Solar Power Plants (PLTS). This community service initiative aims to address environmental issues. Initiated by PT Pertamina EP Zone 7 (Jatibarang Field), the program is being implemented in Indramayu Regency, specifically in Karanganyar Village, Pasekan District. A primary focus of the program is on Karanganyar Village, where swampy land is used for rice cultivation. The implementation of the program has resulted in the production of 4.065 tons of solid organic fertilizer and 2.58 tons of liquid organic fertilizer, which are estimated to contribute to emission reductions of 5.69 tons and 1.29 tons of CO₂e per year, respectively. Overall, the emission reduction achieved through organic waste processing is estimated at 7.98 tons of CO₂e annually. Soil conditions have improved, with pH levels increasing from 6.2 to 6.8. As of September 2025, the use of solar power (PLTS) has generated 1,600 kWh of energy, which is estimated to reduce emissions by 1.36 tons of CO₂ annually and save 485.7 kg of coal-based energy per year. Moreover, the application of biological agents has led to a significant shift in land use: the area utilizing 100% biological control agents has expanded from 3 hectares in 2017 to 8 hectares in 2024, while the area under conventional farming has decreased from 24 hectares to 6 hectares. Additionally, the estimated plastic waste generated from chemical fertilizer packaging has dropped from 108 kg per year to 27 kg per year. The results of the program demonstrate that integrating agricultural biotechnology, organic waste management, and solar energy can drive measurable environmental improvements at the community level.

Keywords: biological agents, solar energy, organic waste, Jari Tangan Program, sustainable agriculture.

Abstrak

Program Jari Tangan (Kerja Tani Berdikari dan Tahan Pangan) merupakan program yang dikembangkan untuk mendukung pertanian berkelanjutan melalui pemanfaatan agens hayati, pengolahan limbah organik menjadi pupuk, dan pemanfaatan energi terbarukan berupa Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk mengurangi permasalahan lingkungan. Program Jari Tangan yang diinisiasi oleh PT Pertamina EP Zona 7 Jatibarang Field dilaksanakan di Kabupaten Indramayu, terutama di Desa Karanganyar, Kecamatan Pasekan. Salah satu fokus utama program berada di Desa Karanganyar, yang memiliki lahan rawa sebagai areal budidaya padi. Pelaksanaan program mampu menghasilkan 4,065 ton pupuk organik padat dan 2,58 ton pupuk organik cair yang masing-masing diperkirakan berkontribusi terhadap pengurangan emisi sebesar 5,69 dan 1,29 ton CO₂e per tahun. Secara keseluruhan, pengurangan emisi dari pengolahan limbah organik diperkirakan sebesar 7,98 ton CO₂e per tahun. Kondisi tanah menunjukkan peningkatan pH dari 6,2 menjadi 6,8. Pemanfaatan PLTS menghasilkan energi sebesar 1.600 kWh hingga September 2025 dan diperkirakan menurunkan emisi sebesar 1,36 ton CO₂ per tahun serta menghemat penggunaan energi batu bara sebesar 485,7 kg per tahun. Selain itu, penerapan agens hayati berkontribusi terhadap perubahan luas lahan dari 3 ha dengan 100% agens pengendali hayati pada 2017 menjadi 8 ha pada 2024, sementara lahan konvensional menurun

dari 24 menjadi 6 ha. Estimasi timbunan plastik kemasan pupuk kimia juga menurun dari 108 kg/tahun menjadi 27 kg/tahun. Hasil pelaksanaan program menunjukkan bahwa integrasi bioteknologi pertanian, pengelolaan limbah organik, dan energi surya memberikan perubahan lingkungan yang terukur pada tingkat komunitas.

Keywords: agens hayati, energi surya, limbah organik, Program Jari Tangan, pertanian berkelanjutan.

PENDAHULUAN

Pertanian konvensional menghadapi persoalan lingkungan berupa penggunaan pupuk kimia, pengelolaan limbah organik yang belum optimal, dan ketergantungan terhadap sumber energi fosil. Penggunaan pupuk kimia secara berlebihan dapat menurunkan kadar hara tanah, terganggunya keseimbangan ekosistem tanah, dan menyebabkan pengerasan tanah akibat penumpukan residu kimia. Kondisi ini berakibat pada penurunan kualitas dan produktivitas lahan pertanian (Widianingrum et al., 2019). Limbah pertanian dan peternakan yang tidak dikelola dengan baik dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca, terutama CH₄ dan N₂O. Pengelolaan limbah organik melalui teknologi biologis dapat mengembalikan unsur hara ke tanah sekaligus mengurangi beban pembuangan limbah (Swati & Hait, 2018; Wang et al., 2024). Penggunaan mikroorganisme sebagai biofertilizer dan biokontrol juga berkembang sebagai alternatif untuk mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia dan mendukung kesehatan tanah (Vishwakarma et al., 2020; O'Callaghan et al., 2022).

Permasalahan lingkungan tersebut ditemukan di Desa Karanganyar, Kecamatan Pasekan, Kabupaten Indramayu yang menjadi lokasi implementasi program JARI

TANGAN. Wilayah ini merupakan kawasan pertanian dengan karakteristik lahan rawa yang dimanfaatkan untuk budidaya padi. Lokasi yang berdekatan dengan kawasan pesisir menyebabkan wilayah ini rentan mengalami genangan atau banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau.

Program JARI Tangan dirancang oleh PT Pertamina EP Zona 7 Jatibarang Field sebagai integrasi pemberdayaan masyarakat, pertanian berkelanjutan, dan energi terbarukan melalui produksi agens hayati, pengolahan limbah organik menjadi pupuk, serta pemanfaatan PLTS untuk mendukung produksi agens hayati. Pemanfaatan mikroorganisme sebagai biofertilizer dapat meningkatkan ketersediaan hara, mendukung kesuburan tanah, dan mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia (Kumar et al., 2022). Pengolahan limbah organik melalui proses biologis juga mendukung pemanfaatan kembali sumber daya dalam sistem pertanian dan dapat berkontribusi terhadap pengelolaan emisi dari limbah pertanian (Wang et al., 2024). Integrasi energi surya dengan kegiatan pertanian merupakan salah satu pendekatan pemanfaatan energi terbarukan yang dapat mendukung keberlanjutan sistem pertanian (Widmer et al., 2024).

Berdasarkan hal tersebut, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk

mengurangi permasalahan lingkungan setelah pelaksanaan program dan estimasi manfaat lingkungan yang dihasilkan. Hal ini memberikan gambaran berbasis data mengenai perubahan lingkungan yang berkaitan dengan penerapan inovasi pertanian berbasis pemberdayaan masyarakat.

METODE

Kegiatan pengabdian dilaksanakan melalui Program Jari Tangan (Kerja Tani Berdikari dan Tahan Pangan) yang diinisiasi oleh PT Pertamina EP Zona 7 Jatibarang Field di Kabupaten Indramayu, terutama di Desa Karanganyar, Kecamatan Pasekan, sebagai lokasi utama budidaya padi.

Implementasi Program Jari Tangan melibatkan tiga kelompok utama sebagai mitra dampingan, yaitu Kelompok Tani Mukti di Desa Karanganyar, Kecamatan Pasekan, Kabupaten Indramayu; Kelompok Pos Pelayanan Agens Hayati (PPAH) Sri Trusmi Satu di Desa Kedokanbunder Wetan, Kecamatan Kedokan Bunder, Kabupaten Indramayu; serta Kelompok Petani Muda Pepeling Gembos di Desa Bongas Wetan, Kecamatan Sumberjaya, Kabupaten Majalengka. Salah satu fokus utama program berada di Desa Karanganyar, yang memiliki lahan rawa sebagai areal budidaya padi.

Pada tahap awal, inovasi dimulai dari penguatan produksi dan unsur hara sebagai fondasi pertanian berkelanjutan. Langkah ini dikembangkan melalui kegiatan pertanian semi organik ramah lingkungan yang tidak hanya mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia, tetapi juga memperkuat ketahanan ekosistem tanah. Selanjutnya, perusahaan memfasilitasi

terbentuknya pos pelayanan agen hayati sebagai pusat pembelajaran dan distribusi mikroorganisme lokal, serta pengembangan Eco Agri Solar, yaitu sistem pertanian yang memanfaatkan energi surya untuk mendukung kegiatan budidaya yang efisien dan rendah emisi karbon.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum implementasi program, sistem pertanian di Desa Karanganyar masih didominasi praktik konvensional dengan ketergantungan terhadap pupuk kimia. Kondisi tersebut berpotensi menyebabkan penurunan kualitas tanah, ketidakseimbangan ekosistem tanah, dan akumulasi residu bahan kimia. Sebelum implementasi program, pH tanah tercatat sebesar 6,2. Selain persoalan kualitas tanah, limbah peternakan dalam jumlah besar belum dikelola secara optimal dan residu pertanian masih dibakar secara terbuka setelah panen.

Potensi limbah ternak yang dihitung dalam laporan mencapai 1.530,08 ton per tahun. Dengan formula perhitungan emisi yang digunakan, kondisi tanpa pengelolaan tersebut diperkirakan menghasilkan 1.679,4 ton CO₂e per tahun. Hal ini menunjukkan bahwa pengelolaan limbah organik merupakan salah satu titik intervensi lingkungan yang penting dalam Program Jari Tangan

Pengelolaan Limbah Organik Melalui Komposting

Program Jari Tangan mengembangkan pengolahan limbah organik menjadi pupuk organik. Sebagian material organik yang sebelumnya menjadi limbah dimanfaatkan untuk meningkatkan produktivitas pertanian. PPAH Sri Trusmi Satu menghasilkan pupuk

organik padat sebesar 4.065 kg dan pupuk organik cair sebesar 2.580 liter. Produksi tersebut menjadi bagian dari sistem pemanfaatan bahan organik yang sebelumnya berpotensi menjadi sumber emisi. Pemanfaatan limbah organik menjadi pupuk mendukung pengelolaan sumber daya dan pertanian berkelanjutan (Wang et al., 2024).

Berdasarkan faktor emisi yang digunakan dalam laporan, 4,065 ton pupuk organik padat menghasilkan estimasi pengurangan emisi sebesar 5,69 ton CO₂e per tahun. Sementara itu, 2,58 ton pupuk organik cair menghasilkan estimasi pengurangan emisi sebesar 1,29 ton CO₂e per tahun. Total pengurangan emisi yang dilaporkan dari pengelolaan limbah organik mencapai 7,98 ton CO₂e per tahun.

Tabel 1. Dampak pengelolaan limbah organik terhadap estimasi emisi

Parameter	Kondisi/ program	Nilai
Potensi limbah ternak	Kondisi awal	1.530,08 ton/tahun
Estimasi emisi kondisi tidak dikelola	Kondisi awal	1.679,4 ton CO ₂ e/tahun
Produksi pupuk organik padat	Sesudah program	4,065 ton
Estimasi pengurangan emisi pupuk padat	Sesudah program	5,69 ton CO ₂ e/tahun
Produksi pupuk organik cair	Sesudah program	2,58 ton
Estimasi pengurangan emisi pupuk cair	Sesudah program	1,29 ton CO ₂ e/tahun
Total estimasi pengurangan emisi	Sesudah program	7,98 ton CO ₂ e/tahun

Tabel 1 menunjukkan bahwa pengelolaan limbah ternak mengubah sebagian material organik menjadi 4,065 ton pupuk padat dan 2,58 ton pupuk cair, dengan total estimasi pengurangan emisi sebesar 7,98 ton

CO₂e per tahun. Hasil tersebut menunjukkan adanya perubahan fungsi limbah yang dikelola menjadi pupuk organik. Pengelolaan limbah melalui komposting sebagai pendekatan yang dapat menekan potensi emisi gas rumah kaca (metana) sekaligus menghasilkan pupuk organik (Wang et al., 2024). Pelaksanaan program dapat mengurangi kebutuhan terhadap pupuk kimia dan meningkatkan pemanfaatan kembali sumber daya lokal. Pemanfaatan limbah peternakan menjadi pupuk organik juga merupakan pengembangan dari pengembangan sistem pertanian berkelanjutan.

Perubahan Kondisi Tanah

Penggunaan pupuk organik dan agen hayati diikuti perubahan kondisi tanah. Nilai pH tanah meningkat dari 6,2 sebelum program menjadi 6,8 setelah penerapan program. Pupuk organik dapat memperbaiki kualitas tanah dan mendukung aktivitas mikroorganisme serta ketersediaan unsur hara (Barrow & Hartemink, 2023).

Perubahan penerapan agen hayati juga terlihat dari perkembangan luas lahan yang menggunakan APH. Data tersebut disajikan pada Tabel 2. Tabel 2 menunjukkan bahwa penerapan 100% APH meningkat dari 3 ha (9,38%) menjadi 8 ha (25,00%), sedangkan semi-APH meningkat dari 5 ha (15,63%) menjadi 18 ha (56,25%). Sebaliknya, lahan konvensional menurun dari 24 ha (75,00%) menjadi 6 ha (18,75%).

Tabel 2. Perubahan penerapan agen pengendali hayati (APH) tahun 2017–2024

Sistem Budidaya	2017 (ha)	2017 (%)	2024 (ha)	2024 (%)
100% APH	3	9,38	8	25,00
Semi-APH	5	15,63	18	56,25
Konvensional	24	75,00	6	18,75
Total	32	100	32	100

Data menunjukkan bahwa luas lahan dengan penerapan 100% APH meningkat dari 3 menjadi 8 ha, sedangkan penerapan semi-APH meningkat dari 5 menjadi 18 ha. Sebaliknya, luas lahan konvensional menurun dari 24 menjadi 6 ha. Perubahan ini menunjukkan peningkatan adopsi agen hayati dalam sistem budidaya. Penggunaan mikroorganisme sebagai input pertanian dapat mendukung ketersediaan hara dan mengurangi ketergantungan terhadap input kimia (Khanghahi et al., 2024).

Peningkatan penggunaan agen hayati berlangsung bersamaan dengan kenaikan pH tanah dari 6,2 menjadi 6,8. Data tersebut menunjukkan adanya perubahan kondisi tanah selama penerapan program, tetapi hubungan kausal antara penggunaan agen hayati dan perubahan pH belum dapat dipastikan karena perubahan pH juga berkaitan dengan penggunaan pupuk organik dan faktor pengelolaan tanah lainnya.

Dampak Pemanfaatan PLTS Terhadap Lingkungan

Program Jari Tangan menerapkan sistem Eco Agri Solar dengan pemanfaatan PLTS untuk mendukung keberlangsungan produksi agen hayati. Berdasarkan pemantauan daring sistem PLTS Growatt, produksi energi yang tercatat hingga September 2025 mencapai 1.600 kWh. Dengan menggunakan faktor emisi listrik berbasis fosil sebesar 0,85 kg CO₂/kWh, diperkirakan pengurangan emisi sebesar 1.360 kg CO₂ atau 1,36 ton CO₂ per tahun. Pemanfaatan energi surya dalam sistem pertanian dapat mendukung transisi energi dan mengurangi dampak lingkungan dari penggunaan energi berbasis fosil (Ghosh, 2023).

Selain pengurangan emisi, pemanfaatan PLTS juga dihitung memberikan penghematan penggunaan energi batu bara sebesar 485,7 kg per tahun. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem energi surya berfungsi sebagai sumber energi pendukung produksi agen hayati dan menjadi bagian dari strategi pengurangan ketergantungan terhadap listrik berbasis energi fosil.

Tabel 3 menunjukkan hasil pemanfaatan PLTS berdasarkan energi listrik yang dihasilkan, estimasi pengurangan emisi CO₂, dan penghematan penggunaan batu bara. Produksi energi sebesar 1.600 kWh hingga September 2025 dikaitkan dengan estimasi pengurangan emisi sebesar 1.360 kg CO₂ atau 1,36 ton CO₂ per tahun serta penghematan batu bara sebesar 485,7 kg per tahun

Tabel 3. Dampak lingkungan dari pemanfaatan PLTS

Indikator	Hasil
Energi listrik yang dihasilkan hingga September 2025	1.600 kWh
Pengurangan emisi CO ₂	1.360 kg/tahun
Pengurangan emisi setara	1,36 ton CO ₂ /tahun
Estimasi penghematan batu bara	485,7 kg/tahun

Data monitoring menunjukkan bahwa produksi energi surya berfluktuasi secara bulanan. Produksi berada pada kisaran sekitar 100 kWh hingga lebih dari

220 kWh per bulan, dengan produksi tertinggi pada Juni, Juli, dan September, sedangkan produksi terendah terjadi pada Februari dan April. Peningkatan output PLTS dapat mengurangi kebutuhan pasokan listrik dari jaringan konvensional. Variasi produksi tersebut berkaitan dengan kondisi radiasi matahari, musim, lokasi,

dan konfigurasi sistem. Fluktuasi produksi energi tersebut menjadi bagian penting dalam mengevaluasi penerapan PLTS pada kegiatan pertanian yang dilaksanakan melalui Program Jari Tangan.

Pelaksanaan Program Jari Tangan mencakup pemasangan PLTS untuk mendukung sistem irigasi sawah. Gambar

1 menunjukkan instalasi PLTS yang dimanfaatkan sebagai sumber energi untuk pengoperasian irigasi. Pemanfaatan energi surya mendukung pengurangan ketergantungan terhadap listrik berbasis fosil dan sejalan dengan hasil monitoring berupa produksi energi surya serta estimasi pengurangan emisi CO₂ dan penggunaan batu bara. Fluktuasi produksi berdasarkan intensitas radiasi matahari menunjukkan perlunya pengelolaan dan penyimpanan energi yang optimal untuk menjaga kontinuitas pemanfaatan PLTS (Agyekum et al., 2024).



Gambar 1. Pemasangan instalasi PLTS untuk irigasi sawah

Perubahan Penggunaan Agen Pengendali Hayati dan Pengurangan Sampah Plastik

Perubahan praktik pertanian juga terlihat dari perubahan luas lahan berdasarkan penggunaan agen pengendali hayati (APH). Penggunaan mikroorganisme sebagai input pertanian dapat mendukung ketersediaan hara, aktivitas biologis tanah, dan keberlanjutan sistem budidaya (Khanghahi et al., 2024).

Tabel 4 menunjukkan perubahan luas lahan berdasarkan sistem budidaya pada tahun 2017 dan 2024. Luas lahan dengan penerapan 100% APH meningkat dari 3 ha (9,38%) menjadi 8 ha (25%), sedangkan lahan dengan sistem semi-APH meningkat dari 5 ha (15,63%) menjadi 18 ha (56,25%). Sebaliknya, luas lahan konvensional menurun dari 24 ha (75%) menjadi 6 ha (18,75%).

Tabel 4. Perubahan penggunaan agen pengendali hayati pada lahan pertanian

Sistem	2017	2024
Budidaya		
100% APH	3 ha (9,38%)	8 ha (25%)
Semi-APH	5 ha (15,63%)	18 ha (56,25%)
Konvensional	24 ha (75%)	6 ha (18,75%)

Perubahan tersebut berhubungan dengan penurunan kebutuhan pupuk kimia pada lahan yang tetap menggunakan sistem konvensional. Pada 2017, lahan konvensional seluas 24 ha membutuhkan sekitar 9.600 kg NPK dan 12.000 kg urea per tahun. Pada 2024, dengan luas lahan konvensional yang berkurang menjadi 6 ha, kebutuhan tersebut turun menjadi 2.400 kg NPK dan 3.000 kg urea per tahun.

Berdasarkan perhitungan berat kemasan plastik sebesar 5 gram untuk setiap kilogram pupuk, timbunan

sampah plastik dari kemasan pupuk kimia diperkirakan mencapai 108 kg per tahun pada 2017, terdiri atas 48 kg dari kemasan NPK dan 60 kg dari kemasan urea. Pada 2024, estimasi tersebut turun menjadi 27 kg per tahun, terdiri atas 12 kg dari kemasan NPK dan 15 kg dari kemasan urea.

Tabel 5 menunjukkan penurunan estimasi timbulan sampah plastik dari kemasan NPK dan urea seiring dengan berkurangnya kebutuhan pupuk kimia. Timbulan sampah plastik dari kemasan NPK menurun dari 48 kg/tahun menjadi 12 kg/tahun, sedangkan kemasan urea menurun dari 60 kg/tahun menjadi 15 kg/tahun. Total estimasi timbulan sampah plastik menurun dari 108 kg/tahun pada 2017 menjadi 27 kg/tahun pada 2024. Tabel 5. Estimasi timbulan sampah plastik kemasan pupuk kimia.

Jenis Pupuk	Timbulan 2017	Timbulan 2024
NPK	48 kg/tahun	12 kg/tahun
Urea	60 kg/tahun	15 kg/tahun
Total	108 kg/tahun	27 kg/tahun

Perubahan praktik budidaya beriringan dengan penurunan estimasi timbulan sampah plastik dari kemasan pupuk kimia. Hasil ini memperlihatkan bahwa dampak program pada penggunaan pupuk organik serta pada jenis dan jumlah limbah yang dihasilkan dari kegiatan budidaya. Penggunaan pupuk organik sebagai substitusi sebagian pupuk mineral dapat mendukung pengurangan penggunaan input kimia dan meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya dalam sistem pertanian (Wei et al., 2020; Badagliacca et al., 2024).

Pelaksanaan Pelatihan Pemanfaatan Agens Hayati sebagai bagian dari replikasi Program Jari Tangan di kawasan Lahan Pertanian

Pangan Berkelanjutan (LP2B) dilakukan secara partisipatif melalui penyampaian materi, demonstrasi, dan praktik langsung. Kegiatan ini meningkatkan keterampilan petani dalam mengenal, membuat, dan mengaplikasikan agens hayati berbasis bahan lokal sebagai alternatif pengendalian hama dan penyakit tanaman. Gambar 2 menunjukkan keterlibatan langsung petani dalam proses pembelajaran dan praktik pemanfaatan agens hayati.



Gambar 2. Kegiatan Pelatihan Pemanfaatan Agens Hayati

Gambar 2 menunjukkan keterlibatan langsung petani dalam pembelajaran dan

praktik pemanfaatan agens hayati. Kegiatan ini mendukung peningkatan kapasitas petani dalam menerapkan praktik budidaya ramah lingkungan dan mengurangi ketergantungan terhadap bahan kimia. Perubahan luas lahan berbasis APH, penurunan kebutuhan pupuk kimia, dan

berkurangnya estimasi sampah plastik menunjukkan adanya perubahan praktik budidaya setelah pelaksanaan program.

Perbandingan Pupuk Kimia dan Pupuk Organik

Tabel 6 menunjukkan perbedaan konsentrasi unsur hara antara pupuk NPK Phonska Plus dan pupuk organik. Pupuk NPK Phonska Plus memiliki konsentrasi N, P_2O_5 , dan K_2O yang lebih tinggi, sedangkan pupuk organik memiliki kadar air sebesar 70,31% serta kandungan N, P_2O_5 , dan K_2O masing-masing sebesar 2,04%, 1,93%, dan 1,48%. Perbedaan karakteristik tersebut menunjukkan bahwa pupuk kimia dan pupuk organik memiliki fungsi dan konsentrasi hara yang berbeda dalam pengelolaan kesuburan tanah. Penggunaan bahan organik dapat meningkatkan bahan organik tanah, aktivitas mikroba, dan ketersediaan hara, serta mendukung pengurangan ketergantungan terhadap pupuk kimia (Maticic et al., 2024; Badagliacca et al., 2024).

Tabel 6. Perbandingan karakteristik kimia pupuk

Parameter	Pupuk NPK Phonska Plus	Pupuk organik
Kadar air		70,31%
Nitrogen (N)	15,2%	2,04%
Fosfor (P_2O_5)	14,8%	1,93%
Kalium (K_2O)	14,9%	1,48%
Sulfur (S)	9,8%	—
Zinc (Zn)	1.900 ppm	—

Kegiatan pengabdian yang telah dilaksanakan menunjukkan bahwa penggunaan pupuk kimia berpotensi meningkatkan paparan bahan kimia bagi petani, terutama ketika pemupukan dilakukan tanpa alat pelindung diri yang memadai. Penerapan pupuk organik dalam kegiatan ini membantu mengurangi

ketergantungan terhadap pupuk kimia serta mendukung praktik budidaya yang lebih aman dan ramah lingkungan.

Integrasi Dampak Lingkungan Program Jari Tangan

Hasil integrasi menunjukkan bahwa Program Jari Tangan menghasilkan dampak lingkungan yang saling berkaitan melalui pengelolaan limbah organik, pemanfaatan pupuk dan agen hayati, serta penggunaan PLTS. Integrasi tersebut mendukung pengelolaan sumber daya, perbaikan kondisi tanah, pengurangan emisi, efisiensi energi, dan pengurangan sampah plastik (Bhagat et al., 2024; Bathaei & Štreimikienė, 2023).

Tabel 7 menunjukkan bahwa program menghasilkan 4,065 ton pupuk organik padat dan 2,58 ton pupuk cair dengan estimasi pengurangan emisi 7,98 ton CO_2e /tahun. Nilai pH tanah meningkat dari 6,2 menjadi 6,8, produksi PLTS mencapai 1.600 kWh dengan estimasi pengurangan emisi 1,36 ton CO_2 /tahun dan penghematan batu bara 485,7 kg/tahun. Penerapan 100% APH meningkat dari 3 menjadi 8 ha, lahan konvensional menurun dari 24 menjadi 6 ha, dan estimasi sampah plastik kemasan pupuk menurun dari 108 menjadi 27 kg/tahun. Hasil tersebut menunjukkan keterkaitan antara pengelolaan limbah, kualitas tanah, energi terbarukan, dan efisiensi input dalam sistem pertanian berkelanjutan (Bhatia & Sindhu, 2024; Badagliacca et al., 2024).

Tabel 7. Indikator dampak lingkungan Program Jari Tangan

Aspek lingkungan	Kondisi/hasil utama
Pengelolaan limbah organik	Produksi pupuk organik padat 4,065 ton dan cair 2,58 ton
Estimasi pengurangan emisi limbah organik	7,98 ton CO_2e /tahun

Aspek lingkungan	Kondisi/hasil utama
Kondisi pH tanah	Meningkat dari 6,2 menjadi 6,8
Energi PLTS	1.600 kWh hingga September 2025
Pengurangan emisi dari PLTS	1,36 ton CO ₂ /tahun
Penghematan energi batu bara	485,7 kg/tahun
Lahan 100% APH	Meningkat dari 3 ha menjadi 8 ha
Lahan konvensional	Menurun dari 24 ha menjadi 6 ha
Sampah plastik kemasan pupuk	Menurun dari 108 kg/tahun menjadi 27 kg/tahun

Hasil integrasi tersebut menunjukkan bahwa dampak lingkungan Program Jari Tangan tidak terbatas pada satu indikator. Perubahan paling jelas terlihat pada pengelolaan bahan organik menjadi pupuk, sedangkan dampak energi tercermin dari penggunaan PLTS dan pengurangan emisi berbasis energi fosil. Perubahan pH tanah menunjukkan adanya perubahan pada kondisi kimia tanah, sementara penurunan estimasi timbulan plastik menunjukkan konsekuensi lanjutan dari berkurangnya penggunaan pupuk kimia. Pendekatan multi-indikator diperlukan untuk menggambarkan keberlanjutan sistem pertanian secara lebih komprehensif (Bathaei & Štreimikienė, 2023).

KESIMPULAN

Program Jari Tangan menunjukkan perubahan pada berbagai indikator lingkungan melalui integrasi pengelolaan limbah organik, agens hayati, dan energi surya. Pengolahan limbah menghasilkan 4,065 ton pupuk organik padat dan 2,58 ton pupuk organik cair dengan estimasi pengurangan emisi 7,98 ton CO₂e/tahun. Nilai pH tanah meningkat dari 6,2 menjadi 6,8, penerapan 100% agens pengendali hayati meningkat dari

3 menjadi 8 ha, sedangkan lahan konvensional menurun dari 24 menjadi 6 ha. PLTS menghasilkan 1.600 kWh hingga September 2025 dengan estimasi pengurangan emisi 1,36 ton CO₂/tahun dan penghematan batubara 485,7 kg/tahun. Perubahan penggunaan pupuk kimia juga menurunkan estimasi sampah plastik kemasan dari 108 menjadi 27 kg/tahun. Hasil tersebut menunjukkan bahwa integrasi teknologi biologis, pengelolaan limbah, dan energi terbarukan mendukung perbaikan berbagai indikator lingkungan dalam sistem pertanian.

DAFTAR PUSTAKA

- Agyekum, E. B., et al. (2024). A comprehensive review of two decades of research on agrivoltaics, a promising new method for electricity and food production. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 104055. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2024.104055>
- Badagliacca, G., Testa, G., La Malfa, S. G., Cafaro, V., Lo Presti, E., & Monti, M. (2024). Organic Fertilizers and Bio-Waste for Sustainable Soil Management to Support Crops and Control Greenhouse Gas Emissions in Mediterranean Agroecosystems: A Review. *Horticulturae*, 10(5), 427.
- Bathaei, Ahmad, and Dalia Štreimikienė. 2023. "A Systematic Review of Agricultural Sustainability Indicators" *Agriculture* 13, no. 2: 241.<https://doi.org/10.3390/agriculture13020241>
- Barrow, N. J., & Hartemink, A. E.

- (2023). The effects of pH on nutrient availability depend on both soils and plants. *Plant and Soil*, 487, 21–37. <https://doi.org/10.1007/s11104-023-05960-5>
- Bhatia, T., & Sindhu, S. S. (2024). Sustainable management of organic agricultural wastes: contributions in nutrients availability, pollution mitigation and crop production. *Discover Agriculture*, 2, 130.
- Bhagat, P. R., et al. (2024). The integrated farming system is an environmentally friendly and cost-effective approach to the sustainability of agri-food systems in the modern era of the changing climate: A comprehensive review. *Food and Energy Security*, 13(1), e534.
- Ghosh, A. (2023). Nexus between agriculture and photovoltaics (agrivoltaics, agriphotovoltaics) for sustainable development goal: A review. *Solar Energy*, 266, 112146. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2023.112146>
- Khanghahi, M. Y., Curci, M., Cazzato, E., Lasorella, C., Traversa, A., Crecchio, C., & Spagnuolo, M. (2024). Shifts in Soil Bacterial Communities under Three- Year Fertilization Management and Multiple Cropping Systems. *Soil Systems*, 8(1), 5. <https://doi.org/10.3390/soilsystems8010005>
- Kumar, S., Diksha, Sindhu, S. S., & Kumar, R. (2022). Biofertilizers: An ecofriendly technology for nutrient recycling and environmental sustainability. *Current Research in Microbial Sciences*, 3, 100094.
- Maticic, M., Dugan, I., & Bogunovic, I. (2024). Challenges in Sustainable Agriculture— The Role of Organic Amendments. *Agriculture*, 14(4), 643. <https://doi.org/10.3390/agriculture14040643>
- O’Callaghan, M., Ballard, R. A. & Wright, D. (2022). Soil microbial inoculants for sustainable agriculture: Limitations and opportunities. *Soil Use and Management*, 38, 1340–1369. <https://doi.org/10.1111/sum.12811>
- Swati, A., & Hait, S. (2018). Greenhouse gas emission during composting and vermicomposting of organic wastes – A review. *CLEAN – Soil, Air, Water*.
- Vishwakarma, K., Kumar, N., Shandilya, C., Mohapatra, S., Bhayana, S., & Varma, A. (2020). Revisiting plant–microbe interactions and microbial consortia application for enhancing sustainable agriculture: A review. *Frontiers in Microbiology*, 11, 560406.
- Wang N, He Y, Zhao K, Lin X, He X, Chen A, Wu G, Zhang J, Yan B, Luo L, Xu D. 2024. Greenhouse gas emission characteristics and influencing factors of agricultural waste composting process: A review. *J Environ Manage*. 354:120337. doi: 10.1016/j.jenvman.2024.120337. Epub 2024 Feb 27. PMID: 38417357.
- Widianingrum, R., Setyowati, D., & Lestari, F. (2019). Dampak penggunaan pupuk kimia terhadap kualitas tanah pertanian. *Jurnal Agroteknologi dan Lingkungan*, 7(1), 25–33.

- Widmer, J., Christ, B., Grenz, J., & Norgrove, L. (2024). Agrivoltaics, a promising new tool for electricity and food production: A systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 192, 114277. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.114277>
- Wei, Zhibiao, Hao Ying, Xiaowei Guo, Minghao Zhuang, Zhenling Cui, and Fusuo Zhang. 2020. "Substitution of Mineral Fertilizer with Organic Fertilizer in Maize Systems: A Meta-Analysis of Reduced Nitrogen and Carbon Emissions" *Agronomy* 10, no. 8: 1149. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081149>