

RESTORASI LUMBUNG PANGAN MELALUI TRANSFORMASI SISTEM PERTANIAN DAN PETERNAKAN BERTEKNOLOGI TERBARUKAN

Anak Agung Gde Ekayana^{1*}, I Dewa Putu Gede Wiyata Putra²,
I Dewa Gede Aristana³, Gede Widayana⁴, Ketut Srie Marhaeni Julyasih⁵,
I Nengah Suarmanayasa⁶, Ida Bagus Putu Mardana⁷, Gede Arya Amerta⁸,
Anak Agung Gde Suyoga Wiguna⁹, Ida Bagus Putu Putra Mahartana¹⁰

¹Program Studi Rekayasa Sistem Komputer, Institut Bisnis dan Teknologi Indonesia, Indonesia

^{2,3}Program Studi Bisnis Digital, Institut Bisnis dan Teknologi Indonesia, Indonesia

^{4,10}Jurusan Teknik Mesin, Universitas Pendidikan Ganesha, Indonesia

⁵Jurusan Manajemen, Universitas Pendidikan Ganesha, Indonesia

⁶Jurusan Biologi, Universitas Pendidikan Ganesha, Indonesia

^{7,8,9}Jurusan Fisika dan Pengajaran IPA, Universitas Pendidikan Ganesha, Indonesia

gungekayana@instiki.ac.id

ABSTRAK

Abstrak: Wilayah mitra sasaran menghadapi penurunan produktivitas pertanian dan peternakan akibat keterbatasan air, rendahnya efisiensi teknologi, serta meningkatnya kerentanan usaha tani. Program pengabdian Kosabangsa ini bertujuan meningkatkan produktivitas, efisiensi sumber daya, dan kapasitas teknis mitra melalui penerapan teknologi tepat guna berbasis energi terbarukan dan pendekatan partisipatif. Kegiatan dilaksanakan menggunakan metode *Participatory Action Learning System* (PALS) yang meliputi sosialisasi, pelatihan, penerapan teknologi, pendampingan dan evaluasi, serta penguatan kelembagaan dan keberlanjutan, dengan melibatkan dua kelompok mitra sektor pertanian dan peternakan sebanyak 50 orang. Evaluasi dilakukan melalui *pre-post assessment* keterampilan, observasi lapangan, dan pencatatan perubahan kinerja produksi. Hasil program menunjukkan peningkatan produktivitas pertanian sebesar 25%, peningkatan efisiensi penggunaan air sebesar 35%, serta penurunan tingkat penyakit ternak sebesar 50%. Selain itu, terjadi peningkatan *hardskill* mitra dalam pengelolaan teknologi dan praktik usaha tani berkelanjutan.

Kata Kunci: Produktivitas Padi; Efisiensi Irigasi; Pengelolaan Limbah Terpadu; PALS; Kesehatan Ternak.

Abstract: *The target partner area faces declining agricultural and livestock productivity due to limited water, low technological efficiency, and increasing vulnerability of farming businesses. The Kosabangsa community service program aims to increase productivity, resource efficiency, and technical capacity of partners through the application of appropriate technology based on renewable energy and a participatory approach. Activities are implemented using the Participatory Action Learning System (PALS) method, which includes socialization, training, technology application, mentoring and evaluation, and institutional strengthening and sustainability, involving two groups of 50 agricultural and livestock sector partners. Evaluation is carried out through pre-post skills assessments, field observations, and recording changes in production performance. The program results show a 25% increase in agricultural productivity, a 35% increase in water use efficiency, and a 50% decrease in livestock disease rates. In addition, there has been an increase in partners' hard skills in technology management and sustainable farming practices.*

Keywords: *Rice Productivity; Irrigation Efficiency; Integrated Waste Management; PALS; Livestock Health.*



Article History:

Received: 14-02-2026

Revised : 02-03-2026

Accepted: 04-03-2026

Online : 01-04-2026



*This is an open access article under the
CC-BY-SA license*

A. LATAR BELAKANG

Sektor pertanian perdesaan masih menghadapi tantangan produktivitas yang stagnan akibat rendahnya adopsi teknologi efisien dan keterbatasan kapasitas teknis pelaku usaha tani (Khairi et al., 2025; Dutta et al., 2025). Transformasi menuju pertanian berbasis efisiensi dan teknologi cerdas menjadi kebutuhan mendesak dalam menghadapi tekanan perubahan iklim dan peningkatan biaya produksi (Song et al., 2023; Mohamed et al., 2026). Studi terkini menunjukkan bahwa penerapan *smart farming*, digitalisasi pertanian, dan integrasi energi terbarukan mampu meningkatkan produktivitas sekaligus menekan biaya operasional secara signifikan (Rehman et al., 2024; Yantahin et al., 2025). Namun demikian, sebagian besar intervensi tersebut masih berfokus pada aspek teknologi, sementara penguatan kapasitas teknis dan adaptasi kontekstual di tingkat petani kecil belum optimal (Singh, 2025).

Efisiensi penggunaan air merupakan variabel kunci dalam keberlanjutan sistem produksi pertanian, terutama pada wilayah dengan keterbatasan infrastruktur irigasi (Raj & Prahadeeswaran, 2025). Ketergantungan pada curah hujan dan sistem irigasi konvensional menyebabkan ketidakpastian produksi dan pemborosan sumber daya (Rejekiingrum & Kartiwa, 2018; Pananrangi et al., 2024; Yantahin et al., 2025). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa sistem irigasi berbasis energi terbarukan dan teknologi cerdas dapat meningkatkan efisiensi air secara signifikan serta memperkuat ketahanan produksi (Sharma & Das, 2024). Meskipun demikian, implementasi teknologi tersebut di tingkat desa masih menghadapi kendala adopsi, pembiayaan, dan pendampingan teknis berkelanjutan, sehingga dampaknya belum merata pada kelompok tani skala kecil (Naman et al., 2025; Pilarski et al., 2025).

Di sektor peternakan rakyat, permasalahan utama terletak pada rendahnya efisiensi produksi dan belum terintegrasinya pengelolaan limbah ternak (Bathaei & Štreimikienė, 2023; Majeed et al., 2023). Sistem konvensional yang tidak terkelola dengan baik berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan serta meningkatkan risiko penyakit ternak. Pendekatan integrasi pertanian–peternakan berbasis *zero waste* melalui pemanfaatan limbah menjadi biogas dan pupuk organik terbukti mampu meningkatkan efisiensi usaha sekaligus mendukung ekonomi sirkular perdesaan (Song et al., 2023; Pilarski et al., 2025; Khairi et al., 2025). Namun, sebagian besar kajian masih menempatkan teknologi sebagai solusi teknis semata tanpa menekankan model pemberdayaan partisipatif yang memperkuat keberlanjutan kelembagaan dan kapasitas mitra (Naman et al., 2025; Singh, 2025; Yantahin et al., 2025).

Berdasarkan kajian tersebut, terdapat celah pada integrasi antara penerapan teknologi tepat guna berbasis energi terbarukan dengan pendekatan pemberdayaan partisipatif yang terstruktur dan berkelanjutan. Intervensi teknologi tanpa penguatan kapasitas dan kelembagaan seringkali

tidak menghasilkan dampak jangka panjang di tingkat komunitas. Oleh karena itu, program pengabdian ini dirancang untuk mengintegrasikan peningkatan produktivitas pertanian, efisiensi penggunaan air, dan pengelolaan limbah peternakan dalam satu sistem terpadu berbasis energi terbarukan melalui pendekatan partisipatif. Program ini bertujuan meningkatkan produktivitas dan efisiensi sumber daya sekaligus memperkuat kapasitas teknis mitra, sehingga mendukung keberlanjutan usaha tani dan ternak secara jangka panjang.

B. METODE PELAKSANAAN

Metode pelaksanaan Program Kosabangsa 2025 menggunakan pendekatan *Participatory Action Learning System* (PALS), yaitu model pemberdayaan berbasis pembelajaran partisipatif yang mengintegrasikan proses perencanaan, aksi, refleksi, dan perbaikan berkelanjutan. Pendekatan ini menempatkan mitra sebagai subjek aktif dalam setiap tahapan kegiatan melalui kombinasi penyampaian materi konseptual, praktik lapangan, pendampingan intensif, dan evaluasi partisipatif. Peran tim dosen difokuskan pada fasilitasi penyuluhan, pelatihan teknis, pendampingan, dan supervisi program, sedangkan mahasiswa berperan dalam asistensi pelatihan, pendampingan operasional, pengumpulan data, serta dokumentasi dan monitoring kegiatan.

Mitra kegiatan terdiri atas dua kelompok utama, yaitu kelompok tani dan kelompok ternak di Desa Jinengdalem, Kabupaten Buleleng, dengan total 50 peserta (30 petani padi dan 20 peternak sapi dan babi). Kedua kelompok menghadapi permasalahan serupa berupa keterbatasan air, rendahnya efisiensi produksi, serta belum optimalnya pengelolaan limbah dan kelembagaan usaha.

Pelaksanaan program diawali dengan tahap pra-kegiatan melalui identifikasi kebutuhan, observasi lapangan, dan wawancara dengan mitra serta perangkat desa untuk memetakan permasalahan dan potensi wilayah. Tahap implementasi dilaksanakan secara bertahap melalui: (1) sosialisasi dan diskusi partisipatif untuk menyamakan persepsi mengenai permasalahan dan rencana intervensi; (2) pelatihan dan praktik teknis terkait peningkatan produktivitas pertanian–peternakan, efisiensi penggunaan air, serta pengelolaan limbah terpadu; (3) penerapan teknologi tepat guna berbasis energi terbarukan dan sistem produksi terintegrasi; (4) pendampingan berkelanjutan untuk memastikan proses adopsi berjalan sesuai rencana; serta (5) penguatan kelembagaan dan strategi keberlanjutan melalui fasilitasi kemitraan dan integrasi program dalam perencanaan desa.

Sistem evaluasi dirancang secara terpadu dengan menghubungkan indikator, instrumen, dan waktu pengukuran. Evaluasi dilakukan selama proses pelaksanaan dan pada akhir kegiatan lapangan. Indikator *hardskill* difokuskan pada pemahaman dan keterampilan teknis dalam pengelolaan sistem produksi dan teknologi tepat guna, sedangkan indikator *softskill*

mencakup partisipasi, kolaborasi kelompok, dan kapasitas pengambilan keputusan. Instrumen yang digunakan meliputi angket *pre-post*, observasi terstruktur, wawancara, serta pencatatan kinerja produksi. Hasil evaluasi digunakan sebagai dasar refleksi partisipatif dan perbaikan program secara berkelanjutan.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN.

1. Tahap Pra-Pelaksanaan

Tahap pra-pelaksanaan difokuskan pada pemetaan kondisi awal mitra melalui observasi lapangan dan wawancara terstruktur dengan perwakilan kelompok tani dan kelompok ternak. Hasil identifikasi menunjukkan tiga permasalahan utama, yaitu keterbatasan akses air irigasi, rendahnya efisiensi produksi pertanian dan pascapanen, serta tingginya biaya energi dan pakan pada usaha peternakan. Selain itu, pemanfaatan limbah ternak belum optimal dan masih menjadi sumber pencemaran lingkungan. Berdasarkan temuan tersebut, dirumuskan tawaran solusi berupa penerapan teknologi tepat guna berbasis energi terbarukan, mekanisasi pertanian, serta integrasi sistem pertanian–peternakan zero-waste. Tahap ini menjadi dasar perancangan kegiatan pelatihan, penerapan teknologi, serta indikator evaluasi kinerja yang digunakan pada tahap selanjutnya.

2. Tahap Pelaksanaan

Tahap pelaksanaan meliputi kegiatan penyuluhan, pelatihan, praktik lapangan, serta pendampingan intensif kepada mitra. Pada sektor pertanian, kegiatan difokuskan pada penyediaan sumber air irigasi alternatif, penguatan mekanisasi hulu–hilir, serta penerapan metode budidaya hemat air. Proses penerapan teknologi diawali dengan penentuan titik sumber air dan instalasi sistem pengeboran sumur. Rangkaian kegiatan tersebut dirujuk pada Gambar 1 yang menggambarkan proses pemasangan alat dan pengeboran sumur sedalam 100 m, seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Pengeboran Sumur Dalam

Selanjutnya, penerapan metode *System of Rice Intensification* (SRI) dilakukan melalui demplot sebagai media pembelajaran sekaligus pembuktian peningkatan efisiensi input dan produktivitas. Integrasi teknologi pengendalian hama ramah lingkungan turut mendukung penurunan kehilangan hasil tanpa ketergantungan pestisida kimia, seperti terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Budidaya Padi Sawah Berbasis SRI

Pada sektor peternakan, pelaksanaan kegiatan difokuskan pada pembentukan sistem peternakan terpadu berbasis zero-waste. Limbah kotoran ternak diolah melalui instalasi reaktor biogas untuk menghasilkan energi terbarukan, sementara residu biogas dan limbah padat diproses menjadi pupuk organik. Integrasi ini diperkuat dengan pemanfaatan sistem kontrol berbasis teknologi untuk meningkatkan keamanan dan efisiensi operasional reaktor biogas, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3. Seluruh kegiatan pelaksanaan dilakukan melalui pendekatan partisipatif dengan pendampingan berkelanjutan hingga mitra mampu mengoperasikan teknologi secara mandiri.



Gambar 3. Penyerahan Reaktor Biogas

3. Tahap Evaluasi: Monitoring, Capaian, dan Analisis Dampak

Evaluasi dilakukan secara terpadu melalui observasi lapangan, wawancara, serta pengukuran kinerja produksi sebelum dan sesudah kegiatan. Monitoring selama pelaksanaan difokuskan pada tingkat keterlibatan mitra, konsistensi penerapan prosedur teknis, serta proses adaptasi terhadap teknologi yang diperkenalkan. Evaluasi pasca-kegiatan

diarahkan untuk mengukur perubahan kinerja produksi, efisiensi penggunaan sumber daya, dan indikasi dampak ekonomi awal yang dirasakan mitra. Hasil evaluasi kuantitatif menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada indikator utama program seperti Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Evaluasi Kinerja Sebelum dan Sesudah Program

No	Indikator Kinerja	Kondisi Awal	Kondisi Akhir	Perubahan
1	Produktivitas pertanian	Rendah	Meningkat	25%
2	Efisiensi penggunaan air	Tidak efisien	Lebih efisien	35%
3	Insiden penyakit ternak	Tinggi	Menurun	50%
4	Pemanfaatan limbah ternak	Belum optimal	Terintegrasi	>40%

Produktivitas pertanian meningkat sebesar 25%, yang mengindikasikan bahwa intervensi teknologi dan perbaikan manajemen budidaya berkontribusi nyata terhadap optimalisasi hasil produksi lahan. Efisiensi penggunaan air meningkat sebesar 35%, menunjukkan bahwa penerapan sistem irigasi berbasis energi terbarukan mampu mengurangi pemborosan sumber daya sekaligus menekan biaya operasional. Di sektor peternakan, penurunan insiden penyakit ternak sebesar 50% mencerminkan perbaikan manajemen kandang, sanitasi, dan pengelolaan limbah yang lebih terkontrol. Sementara itu, peningkatan pemanfaatan limbah ternak lebih dari 40% menandakan terbentuknya sistem produksi terintegrasi yang mendukung prinsip zero-waste dan memperkuat siklus ekonomi sirkular di tingkat desa.

Secara keseluruhan, capaian tersebut tidak hanya menunjukkan keberhasilan teknis dalam penerapan teknologi tepat guna, tetapi juga merefleksikan peningkatan kapasitas adaptif mitra dalam mengelola sistem pertanian–peternakan secara lebih efisien dan berkelanjutan. Dengan demikian, program ini memberikan dampak nyata terhadap penguatan produktivitas, efisiensi sumber daya, serta fondasi keberlanjutan usaha tani dan ternak di tingkat lokal.

4. Kendala dan Rekomendasi

Beberapa kendala yang terekam selama kegiatan meliputi keterbatasan jaringan internet untuk pemantauan sistem berbasis teknologi serta kapasitas mitra dalam pemeliharaan dan perbaikan alat. Untuk mengatasi hal tersebut, direkomendasikan pengembangan sistem monitoring yang lebih sederhana dan adaptif terhadap kondisi lapangan, peningkatan pelatihan teknis lanjutan bagi mitra, serta perluasan skala demplot agar dampak sosial-ekonomi dapat terukur lebih komprehensif. Kolaborasi lanjutan dengan akademisi dan sektor swasta di bidang agroteknologi juga diperlukan untuk mendukung replikasi dan keberlanjutan program.

D. SIMPULAN DAN SARAN

Program Kosabangsa 2025 berhasil mencapai tujuan peningkatan produktivitas dan efisiensi sistem pertanian–peternakan melalui penerapan teknologi tepat guna berbasis energi terbarukan dengan pendekatan *Participatory Action Learning System* (PALS). Hasil evaluasi menunjukkan peningkatan produktivitas pertanian sebesar 25%, efisiensi penggunaan air sebesar 35%, penurunan insiden penyakit ternak sebesar 50%, serta peningkatan pemanfaatan limbah ternak lebih dari 40%. Capaian tersebut menunjukkan adanya perbaikan kinerja produksi, efisiensi sumber daya, dan pengelolaan usaha mitra selama pelaksanaan program.

Sebagai tindak lanjut, diperlukan pendampingan lanjutan untuk memperkuat manajemen usaha dan kelembagaan kelompok, pengembangan sistem pemasaran dan digitalisasi usaha, serta evaluasi dampak ekonomi jangka menengah dan panjang. Pengembangan kemitraan dengan pemerintah desa dan dinas terkait juga direkomendasikan guna memastikan keberlanjutan dan peluang replikasi program pada wilayah lain dengan karakteristik serupa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi (Kemendiktisaintek) atas dukungan pendanaan melalui Program Kosabangsa Tahun 2025 sehingga kegiatan pengabdian ini dapat terlaksana dengan baik. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRPM) Institut Bisnis dan Teknologi Indonesia serta Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Pendidikan Ganesha atas dukungan, koordinasi, dan fasilitasi selama proses perencanaan hingga pelaksanaan kegiatan.

DAFTAR RUJUKAN

- Bathaei, A., & Štreimikienė, D. (2023). Renewable Energy and Sustainable Agriculture: Review of Indicators. *Sustainability (Switzerland)*, *15*(19), 1-24. <https://doi.org/10.3390/su151914307>
- Dutta, M., Gupta, D., Tharewal, S., Goyal, D., Sandhu, J. K., Kaur, M., Alzubi, A. A., & Alanazi, J. M. (2025). Internet of Things-Based Smart Precision Farming in Soilless Agriculture: Opportunities and Challenges for Global Food Security. *IEEE Access*, *13*(1), 34238–34268. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2025.3540317>
- Khairi, F., Astuti, P., & Santoso, A. (2025). *Renewable energy transformation from livestock manure biogas as an independent resource for sustainable farming. International Journal for Science Review*, *2*(10), Article 77-85. <https://doi.org/10.71364/ijfsr.v2i10.77>
- Majeed, Y., Khan, M. U., Waseem, M., Zahid, U., Mahmood, F., Majeed, F., Sultan, M., & Raza, A. (2023). Renewable energy as an alternative source for energy management in agriculture. *Energy Reports*, *10*(1), 344–359. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2023.06.032>
- Mohamed, Z. E., Afify, M. K., Badr, M. M., & Omar, O. A. (2026). IoT-driven smart

- irrigation system to improve water use efficiency. *Scientific Reports*, 16(1), 1–16. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-33826-6>
- Naman, Yashabh, & Kaundal, M. (2025). Renewable Energy Integration in Agriculture, Food Security and Allied Sectors. *Journal of Scientific Research and Reports*, 31(7), 1083–1098. <https://doi.org/10.9734/jsrr/2025/v31i73323>
- Pananrangi M, A., Ismail, A. M. I., & Nurlia. (2024). Inovasi Teknologi Pertanian Berkelanjutan: Pemberdayaan Kelompok Masyarakat Petani dan Peternak “Bintang Sejahtera” dengan Pompa Air Tenaga Surya untuk Meningkatkan Efisiensi Penggunaan Air di Kelurahan Lalolang. *Journal of Human And Education*, 4(5), 192–204. <https://jahe.or.id/index.php/jahe/index>
- Pilarski, K., Pilarska, A. A., & Pietrzak, M. B. (2025). Biogas Production in Agriculture: Technological, Environmental, and Socio-Economic Aspects. *Energies*, 18(21), 1–36. <https://doi.org/10.3390/en18215844>
- Raj, M., & Prahadeeswaran, M. (2025). Revolutionizing agriculture: a review of smart farming technologies for a sustainable future. *Discover Applied Sciences*, 7(9), 937-943. <https://doi.org/10.1007/s42452-025-07561-6>
- Rehman, A. U., Alamoudi, Y., Khalid, H. M., Morchid, A., Muyeen, S. M., & Abdelaziz, A. Y. (2024). Smart agriculture technology: An integrated framework of renewable energy resources, IoT-based energy management, and precision robotics. *Cleaner Energy Systems*, 9(May), 100132. <https://doi.org/10.1016/j.cles.2024.100132>
- Rejekiningrum, P., & Kartiwa, B. (2020). Pengembangan Sistem Irigasi Pompa Tenaga Surya Hemat Air Dan Energi Untuk Antisipasi Perubahan Iklim Di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 41(2), 159. <https://doi.org/10.21082/jti.v41n2.2017.159-171>
- Song, Y., Qiao, W., Westerholm, M., Huang, G., Taherzadeh, M. J., & Dong, R. (2023). *Microbiological and technological insights on anaerobic digestion of animal manure: A review. Fermentation*, 9(5), 436-441. <https://doi.org/10.3390/fermentation9050436>
- Sharma, R., & Das, V. (2024). A Review of Sustainable Agriculture and Renewable Energy Pathways for Reducing Environmental Degradation. *Journal of Energy & Environmental Policy Options*, 7(3), 14–22.
- Singh, V. (2025). Integrating renewable energy in sustainable agriculture practices. *International Journal of Agriculture Sustainable Farming*, 1(5), 14–17. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.06.032>
- Yantahin, M., Zain, S. G., Nfh, A., Gay, F., & Sabrina, E. (2025). *Pemberdayaan Petani Desa Bontorea dengan Teknologi Irigasi Hemat Air Berbasis IoT dan Energi Surya*. 6(2), 235–242.