p-ISSN: 2598-1218
e-ISSN: 2598-1226
Volume 9 Nomor 10 Tahun 2026
DOI : 10.31604/jpm.v9i10.4190-4199

PEMBERDAYAAN KELOMPOK TANI MELALUI PENGELOLAAN HARA TERPADU BERBASIS SILIKA DALAM SEKOLAH LAPANG INOVATIF DI DESA CANGKRING

Muhammad Iwan Wahyudi, Oktarina, Syamsul Hadi

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Jember
iwan.wahyudi@unmuhjember.ac.id

Abstract

High dependence of farmers on inorganic chemical fertilizers and weak farm management are the main obstacles to increasing agricultural productivity in Cangkring Village, Jember Regency. This community service program aims to increase productivity, fertilizer efficiency, and farm management capacity of Poktan Tani Makmur 1 members through an Innovative Field School (SLI) based on Silica-Based Integrated Nutrient Management (INM+Si). The implementation method was carried out participatorily through five stages: (1) socialization and soil fertility diagnosis using an 8-in-1 digital sensor; (2) training on biochar and silica ash production using a pyrolysis furnace; (3) training on bokashi, POCF making, and mass propagation of biological agents; (4) construction of rice and corn demonstration plots; and (5) training on farm management and marketing. The results showed an increase in partners' understanding and skills regarding Si-based INM technology (>80%), precision fertilization (50–60%), organic waste processing and biological agents (30–40%), and farm management (15–20%). Initial soil fertility measurements on INM+Si plots indicated more than a two-fold increase in N, P, K availability and soil fertility levels compared to baseline conditions. The handover of assets in the form of a pyrolysis furnace and an 8-in-1 soil sensor further strengthened partner independence in implementing sustainable agriculture.

Keywords: Biological agents, Demplot, IPM, Precision fertilization, Pyrolysis.

Abstrak

Ketergantungan petani terhadap pupuk kimia anorganik yang tinggi dan lemahnya manajemen usaha tani menjadi kendala utama dalam peningkatan produktivitas pertanian di Desa Cangkring, Kabupaten Jember. Program pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi pupuk, serta kapasitas manajemen usaha tani anggota Poktan Tani Makmur 1 melalui Sekolah Lapang Inovatif (SLI) berbasis Pengelolaan Hara Terpadu Berbasis Silika (INM+Si). Metode pelaksanaan dilakukan secara partisipatif melalui lima tahapan: (1) sosialisasi dan diagnosis kesuburan tanah dengan sensor digital 8-in-1; (2) pelatihan produksi biochar dan abu silika menggunakan tungku pirolisis; (3) pelatihan pembuatan bokashi, POCF, dan perbanyakan agens hayati; (4) pembangunan demonstration plot (demplot) padi dan jagung; serta (5) pelatihan manajemen usaha tani dan pemasaran. Hasil kegiatan menunjukkan adanya peningkatan pemahaman dan keterampilan mitra terhadap teknologi INM berbasis Si (>80%), pemupukan presisi (50–60%), pengolahan limbah organik dan agens hayati (30–40%), serta manajemen usaha tani (15–20%). Pengukuran kesuburan tanah awal pada plot demplot INM+Si menunjukkan peningkatan ketersediaan unsur N, P, K, dan tingkat kesuburan tanah lebih dari dua kali lipat dibanding kondisi kontrol. Penyerahan aset berupa tungku pirolisis dan alat tes tanah 8-in-1 turut memperkuat kemandirian mitra dalam menerapkan pertanian berkelanjutan.

Keywords: Agens hayati, Demplot, PHT, Pirolisis, Pemupukan presisi.

PENDAHULUAN

Sektor pertanian merupakan pilar vital perekonomian nasional sekaligus penopang utama ketahanan pangan nasional. Desa Cangkring, yang terletak di Kecamatan Jenggawah, Kabupaten Jember, merupakan salah satu kawasan sentra produksi tanaman pangan di mana lebih dari 67,4% penduduknya menggantungkan mata pencaharian utama sebagai petani (BPS Kabupaten Jember, 2021). Komoditas utama yang dibudidayakan secara kontinyu adalah padi dan jagung dengan pola tanam intensif padi-padi-padi atau padi-padi-jagung. Meskipun menjadi tumpuan ekonomi lokal, produktivitas eksisting padi dan jagung di kawasan ini masing-masing baru mencapai 6,3 t/ha dan 6,2 t/ha. Angka tersebut tergolong masih berada di bawah potensi hasil optimal komoditas yang mampu mencapai 8,0 t/ha untuk padi dan 12,0 t/ha untuk jagung. Gap produktivitas yang cukup signifikan ini mengindikasikan adanya kendala teknis budidaya, degradasi kualitas lahan, serta manajemen usaha tani yang belum berorientasi pada prinsip keberlanjutan. Berdasarkan hasil analisis situasi dan identifikasi masalah bersama mitra Poktan Tani Makmur 1 (mengelola luas lahan 63 ha dengan 141 anggota), ditemui tiga akar permasalahan utama. Pertama, adanya ketergantungan yang sangat tinggi terhadap penggunaan pupuk kimia anorganik dosis tinggi (0,6–1,25 t/ha) tanpa dibarengi dengan pemberian bahan organik yang memadai. Kebiasaan pemupukan anorganik secara berlebihan dalam jangka panjang terbukti memicu pemadatan tanah, penurunan pH tanah, kemerosotan kandungan bahan organik, serta hilangnya aktivitas mikroba fungsional tanah (Husnain et al., 2021; Robifahmi et al., 2025). Akibatnya, efisiensi serapan hara oleh akar tanaman menjadi sangat rendah karena sebagian besar hara terikat (fixation) atau tercuci (leaching). Kedua, tingginya kerentanan tanaman terhadap serangan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) utama, seperti serangga pemakan daun dan patogen tular tanah, akibat ketidakseimbangan hara serta aplikasi pestisida kimia sintetis yang tidak terukur. Ketiga, keterbatasan kapasitas kelembagaan dan manajemen usaha tani, di mana petani belum menerapkan pencatatan keuangan terstruktur dan masih berposisi sebagai penerima harga (price taker) akibat ketergantungan pada saluran pemasaran konvensional atau tengkulak. Sebagai langkah solutif yang holistik, diterapkan teknologi Pengelolaan Hara Terpadu Berbasis Silika (INM+Si). Penerapan Integrated Nutrient Management (INM) yang memadukan pupuk anorganik dosis tereduksi, pupuk organik, dan pupuk hayati terbukti mampu memulihkan struktur fisik-kimia tanah, meningkatkan retensi hara, serta menstimulasi populasi mikroflora tanah yang menguntungkan (Paramesh et al., 2023; Salimani et al., 2025). Penambahan unsur silika (Si)—yang diperoleh dari pengolahan limbah sekam padi menjadi biochar dan abu silika melalui proses pirolisis—memegang peranan krusial sebagai unsur hara bermanfaat (beneficial element). Silika berperan memperkuat dinding sel epidermal tanaman melalui pembentukan lapisan silika-kutikula ganda yang meningkatkan kekakuan batang (mencegah rebah), meminimalkan laju transpirasi, serta menginduksi resistensi mekanis dan biologis tanaman terhadap serangan hama maupun penyakit (Nguyen, 2021; Robifahmi et al., 2025). Pendekatan ini semakin diperkuat dengan pemanfaatan teknologi uji tanah digital presisi Soil

Quick Assessment 8-in-1 untuk menentukan status hara tanah secara real-time sehingga pemupukan dapat dilakukan secara efisien, tepat dosis, dan berimbang. Untuk menjamin alih teknologi berjalan secara efektif dan teradopsi secara meluas, program ini dikemas melalui metode Sekolah Lapang Inovatif (SLI). Metode Sekolah Lapang merupakan pendekatan pendidikan nonformal berbasis kelompok yang mengedepankan prinsip partisipatif dan pembelajaran berbasis pengalaman (learning by doing) (Nuzuliyah et al., 2022). Melalui kombinasi pelatihan teknis (pembuatan biochar, bokashi, POCF Genderuwo, perbanyakan agens hayati Beauveria, Trichoderma, dan Pseudomonas fluorescens), pembangunan demonstration plot (demplot) sebagai sarana pembuktian visual (seeing is believing), serta pendampingan manajemen keuangan dan pemasaran digital, petani dibimbing untuk beralih dari pola bertani konvensional menuju sistem pertanian presisi dan berkelanjutan. Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi pemupukan, memulihkan kesuburan tanah, serta memperkuat kemandirian dan pendapatan petani mitra di Desa Cangkring, Kabupaten Jember.

METODE PELAKSANAAN

Waktu, Lokasi, dan Mitra Sasaran Program pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan pada bulan Mei hingga Agustus 2026 di Dusun Cangkring Baru, Desa Cangkring, Kecamatan Jenggawah, Kabupaten Jember, Jawa Timur. Mitra sasaran utama kegiatan adalah Kelompok Tani (Poktan) Tani Makmur 1 yang beranggotakan 141 orang petani dengan total hamparan lahan sawah seluas 63 ha dan rata-rata kepemilikan lahan 0,4 ha per anggota.

Alat dan Bahan Alat yang digunakan dalam program ini meliputi unit sensor digital uji cepat kesuburan tanah *Soil Quick Assessment 8-in-1* (mengukur parameter N, P, K, pH, EC, suhu, kelembapan, dan tingkat kesuburan), 1 unit tungku pirolisis tipe drum silinder kedap udara, alat pengering, timbangan digital, ember fermentor, sprayer, serta sarana laboratorium lapang. Bahan yang digunakan meliputi limbah sekam padi, kotoran sapi dan kambing segar, batu kapur mentah, bibit agen hayati (*Beauveria bassiana*, *Trichoderma sp.*, *Pseudomonas fluorescens*, dan Jakaba), bahan pestisida nabati lokal (daun mimba, serai, gamal), benih padi dan jagung unggul, serta pupuk anorganik (Urea, NPK, SP-36).

Tahapan Pelaksanaan Kegiatan Pelaksanaan program mengadopsi pendekatan Sekolah Lapang Inovatif (SLI) berbasis partisipatif aktif (*Participatory Action Research*), di mana petani ditempatkan sebagai subjek utama pembelajaran melalui lima tahapan sistematis:

1. Sosialisasi Program dan Diagnostik Kesuburan Tanah Presisi Tahap awal diawali dengan sosialisasi program bersama pengurus Poktan Tani Makmur 1, perwakilan Poktan Aman Maju, Penyuluh Pertanian Lapangan (PPL), dan BPP Kecamatan Jenggawah pada 10 Mei 2026. Pada tahap ini dilakukan penetapan lokasi demplot dan pengambilan sampel tanah sawah komposit sebelum olah tanah. Analisis status hara tanah dilakukan melalui perbandingan antara uji laboratorium dan pengukuran cepat *real-time* di lapangan menggunakan sensor digital 8-in-1 untuk menetapkan baseline rekomendasi dosis pupuk presisi.

2. Pelatihan Teknis Produksi Input Organik dan Silika (Sekolah Lapang) Pelatihan dilaksanakan secara teori di dalam ruangan dan praktik mandiri di lapangan berdasarkan 7 modul panduan. Rincian kegiatan pelatihan teknis meliputi:

Produksi Biochar dan Abu Silika (24 Mei 2026): Praktik pembakaran sekam padi menggunakan tungku pirolisis sistem kedap udara (oksigen terbatas) untuk menghasilkan biochar pembenah fisik tanah, serta pembakaran oksigen terbuka untuk menghasilkan abu kaya silika yang siap diserap tanaman.

Pembuatan Bokashi dan POCF Genderuwo (21 Mei 2026): Pembuatan pupuk bokashi padat dari kotoran kambing/sapi dan pembuatan Pupuk Organik Cair Fermentasi (POCF) Genderuwo yang mengintegrasikan kotoran sapi segar, batu kapur mentah, bioaktivator, dan PPC anorganik dengan masa fermentasi cepat 24 jam.

Perbanyakan Agens Hayati dan PHT (30 Mei 2026): Praktik isolasi dan perbanyakan massal agens hayati *Beauveria bassiana*, *Trichoderma sp.*, *Pseudomonas fluorescens*, dan Jakaba pada media cair/padat lokal, serta pembuatan pestisida nabati untuk pengendalian Pengendalian Hama Terpadu (PHT).

3. Penerapan Teknologi Demplot *Integrated Nutrient Management* Berbasis Silika (INM+Si) Intervensi teknologi diterapkan pada lahan sawah *demonstration plot* (demplot) seluas 0,25 ha untuk komoditas padi dan jagung, serta dilengkapi simulasi pembanding media polibag (kapasitas 3 kg tanah, 3 ulangan). Aplikasi bahan amelioran (biochar, abu silika, dan bokashi) dilakukan dengan dosis masing-masing 6 ton/ha pada 7 hari sebelum tanam (10 Juni 2026). Rancangan perlakuan demplot terdiri dari 4 plot:

- **Plot A (Kontrol)**: 100% pemupukan anorganik dosis konvensional petani.
- **Plot B (INM+Si 75%)**: Bahan organik + silika + 75% pupuk anorganik.
- **Plot C (INM+Si 50%)**: Bahan organik + silika + 50% pupuk anorganik.
- **Plot D (INM+Si 25%)**: Bahan organik + silika + 25% pupuk anorganik.

4. Pelatihan Manajemen Usaha Tani, Kelembagaan, dan Pemasaran Pelatihan dilaksanakan pada 13 Mei 2026 dengan materi perencanaan pola tanam, pencatatan transaksi keuangan/pembukuan sederhana, analisis kelayakan usaha tani (*Benefit-Cost Ratio* dan *Revenue-Cost Ratio*), serta pengenalan strategi pemasaran hasil pertanian secara *online* (e-katalog digital) dan *offline*.

5. Pendampingan, Monitoring, dan Evaluasi Program Pendampingan dilakukan secara berkala selama satu siklus tanam. Indikator evaluasi diukur melalui:

- **Evaluasi Kapasitas Mitra**: Penilaian persentase peningkatan pengetahuan dan keterampilan petani menggunakan instrumen kuesioner *pre-test* dan *post-test*.
- **Evaluasi Teknis Kesuburan & Pertumbuhan**: Pemantauan rutin kondisi pH, EC, dan hara N-P-K tanah dengan sensor digital 8-in-1 serta pencatatan parameter vegetatif-generatif tanaman.
- **Evaluasi Ekonomi Usaha Tani**: Perhitungan persentase efisiensi penurunan biaya input kimia,

estimasi produktivitas ubinan hasil panen, serta analisis kelayakan pendapatan bersih petani.

Adapun tahapan pelaksanaan kegiatan pengabdian digmbarkan sebagai berikut:

[Sosialisasi & Uji Tanah 8-in-1]
↓
[Pelatihan Produksi Input (Biochar, Silika, POCF, Agens Hayati)]
↓
[Penerapan Demplot INM+Si (Padi & Jagung - 4 Perlakuan)]
↓
[Pelatihan Manajemen Usaha & Pemasaran]
↓
[Monitoring Sensor 8-in-1, Evaluasi Pre/Post-Test & Kelayakan Ekonomi]

Gambar 1. Alur kegiatan pengabdian DPPM 2026,264

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Sosialisasi dan Diagnostik Kesuburan Tanah Presisi

Kegiatan pengabdian diawali dengan sosialisasi program Sekolah Lapang Inovatif (SLI) dan pengukuran kondisi riil kesuburan tanah lokasi demplot pada tanggal 10 Mei 2026. Kegiatan ini diikuti oleh pengurus dan anggota Poktan Tani Makmur 1, perwakilan Poktan Aman Maju, Penyuluh Pertanian Lapangan (PPL), serta Koordinator Balai Penyuluhan Pertanian (BPP) Kecamatan Jenggawah.

Tabel 1. Hasil pengukuran kesuburan tanah tanah sawah demoplot

Parameter Kesuburan	Sebelum Intervensi (Kontrol)	Pasca-Aplikasi INM+Si
Kelembapan Tanah	32%	48%
Nilai pH Tanah	5,6 (Agak Asam)	6,4 (Netral)
Electro Conductivity (EC)	0,42 mS/cm	1,15 mS/cm
Ketersediaan Nitrogen (N)	Low (Rendah)	High (Tinggi)
Ketersediaan Fosfor (P)	Low (Rendah)	Medium-High
Ketersediaan Kalium (K)	Medium (Sedang)	High (Tinggi)
Tingkat Kesuburan Total	Rendah (Defisit Hara)	Sangat Baik (Sesuai Standar)



Gambar 2. Sosialisasi program dan pengukuran kesuburan tanah awal secara *real-time* menggunakan sensor digital 8-in-1 bersama pengurus Poktan dan PPL Kecamatan Jenggawah.

Pengukuran status hara tanah awal secara presisi menggunakan sensor digital 8-in-1 (Tabel 1) menunjukkan bahwa tanah sawah di Desa Cangkring mengalami kejenuhan dan ketidakseimbangan hara akibat pola pemupukan anorganik tunggal ber dosis tinggi. Demonstrasi pengukuran tanah secara *real-time* ini memberikan penyadaran kognitif (*cognitive arousal*) kepada petani bahwa pemberian pupuk

kimia secara berlebihan tanpa pengukuran hara yang tepat justru tidak dapat diserap oleh tanaman secara optimal.

2. Produksi Biochar dan Abu Silika Melalui Teknologi Pirolisis

Pada tanggal 24 Mei 2026, dilaksanakan pelatihan pembuatan biochar dan abu silika berbahan baku limbah sekam padi melimpah di lokasi mitra. Pelatihan ini memanfaatkan 1 unit alat tungku pirolisis tipe drum silinder kedap udara yang telah dirancang khusus untuk efisiensi pembakaran lambat (*slow pyrolysis*).



Gambar 3. Praktik pembuatan biochar dan abu silika menggunakan tungku pirolisis kedap udara berbasis pemanfaatan limbah sekam padi.

Proses pirolisis mengondisikan pembakaran dengan pasokan oksigen terbatas pada suhu 300–500°C sehingga menghasilkan biochar berpori tinggi yang kaya akan karbon stabil. Biochar berperan penting dalam membenahi sifat fisik tanah, meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK), serta menahan kelembapan tanah. Sementara itu, pembakaran sekam pada fase lanjut menghasilkan abu silika yang kaya akan Si terlarut (*orthosilicic acid*). Silika yang diserap akar akan terakumulasi pada jaringan epidermis daun dan batang padi maupun jagung, membentuk lapisan ganda *silica-cuticle* yang memperkuat mekanis tanaman terhadap rebah serta menyulitkan penetrasi hama penusuk-pengisap.

3. Fabrikasi Input Organik dan Perbanyakan Agens Hayati

Untuk mengurangi ketergantungan pada pupuk anorganik dan pestisida sintetis, petani dilatih membuat Pupuk Organik Cair Fermentasi (POCF) Genderuwo, pupuk bokashi padat, serta perbanyakan massal agens hayati. Kegiatan pelatihan fabrikasi pupuk dipusatkan pada tanggal 21 Mei 2026, sedangkan perbanyakan agens hayati diselenggarakan pada 30 Mei 2026.



Gambar 4. Pelatihan dan praktik pembuatan pupuk bokashi padat dari kotoran ternak serta pembuatan POCF Genderuwo siap pakai.

Pembuatan POCF Genderuwo menggabungkan kotoran sapi/kambing segar, batu kapur mentah, pemacu fermentasi, dan PPC anorganik yang siap dimanfaatkan dalam waktu singkat. Formulasi ini menyuplai unsur hara makro (N, P, K) dan mikro secara instan. Pada aspek perlindungan tanaman, perbanyakan *Beauveria bassiana* difokuskan untuk mengendalikan hama penggerek batang dan wereng, sedangkan *Trichoderma sp.* dan *Pseudomonas fluorescens* diaplikasikan sebagai bioprotektan penyakit tular tanah (*layu fusarium* dan

rot root).

4. Pelaksanaan Demplot INM+Si dan Pemantauan Pertumbuhan

Penerapan teknologi di lapangan diwujudkan melalui pembangunan *demonstration plot* (demplot) tanaman padi dan jagung seluas 0,25 ha yang dimulai pada 10 Juni 2026. Lahan demplot terbagi menjadi 4 perlakuan bertingkat untuk menguji efisiensi reduksi pupuk kimia anorganik.



Gambar 5. Penyiapan lahan, aplikasi bahan pembenah tanah (biochar, abu silika, bokashi), dan penanaman demplot padi serta jagung perlakuan INM+Si.

Aplikasi bahan pembenah tanah (biochar, abu silika, dan bokashi) dengan dosis 6 ton/ha pada plot perlakuan INM+Si terbukti secara signifikan memulihkan aktivitas biologis dan kesuburan tanah. Hasil pengukuran berkala dengan sensor 8-in-1 menunjukkan bahwa plot dengan perlakuan INM+Si (reduksi pupuk kimia 25–50%) mampu mempertahankan kesuburan hara N, P, K dan pH tanah pada tingkat optimal jika dibandingkan dengan plot kontrol anorganik 100%. Hal ini membuktikan adanya efek sinergis dari pemanfaatan silika dan bahan organik dalam mencegah pencucian hara.

5. Pelatihan Manajemen Usaha Tani dan Pemasaran Digital

Untuk meningkatkan kemandirian ekonomi dan daya tawar mitra, pelatihan manajemen usaha tani dilaksanakan pada tanggal 13 Mei 2026. Materi pelatihan mencakup perencanaan tata kelola usaha tani, pembukuan arus kas keuangan sederhana, analisis rasio kelayakan usaha (*B/C ratio*), serta pengenalan saluran pemasaran digital.



Gambar 6. Pelatihan manajemen usaha tani, pencatatan keuangan sederhana, dan strategi pemasaran digital produk hasil pertanian.

Melalui pelatihan ini, anggota Poktan Tani Makmur 1 dilatih untuk menghitung Struktur Biaya Produksi secara rinci sehingga mampu mengidentifikasi efisiensi penghematan biaya input yang diperoleh dari penggunaan pupuk buatan mandiri. Petani juga diperkenalkan pada penggunaan platform digital berbasis e-katalog untuk memotong rantai pasok konvensional yang selama ini dikuasai oleh tengkulak.

6. Evaluasi Peningkatan Kapasitas Mitra dan Penyerahan Aset

Keberhasilan adopsi teknologi melalui Sekolah Lapang Inovatif dievaluasi menggunakan analisis *pre-test* dan *post-test* terhadap 15 orang

perwakilan petani peserta (Tabel 2).

Tabel 2. Evaluasi peningkatan kapasitas mitra

Indikator Evaluasi Pembelajaran	Sebelum Kegiatan (Pre-test)	Setelah Kegiatan (Post-test)	Peningkatan Kapasitas
Konsep Pemupukan INM Berbasis Silika	12%	94%	**> 80%**
Pemupukan Presisi & Penggunaan Sensor 8-in-1	15%	72%	**50 – 60%**
Pengolahan Limbah (Biochar, Bokashi, POCF) & Agens Hayati	28%	65%	**30 – 40%**
Penerapan PHT & Pestisida Organik	35%	62%	**25 – 30%**
Manajemen Usaha Tani & Pemasaran Digital	40%	58%	**15 – 20%**

Peningkatan kapasitas pengetahuan tertinggi terjadi pada konsep INM berbasis Silika (>80%) dan pemupukan presisi (50–60%). Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan praktek langsung (*learning by doing*) melalui Sekolah Lapang sangat efektif dalam merubah persepsi dan pemahaman teknis petani. Penyerahan aset berupa tungku pirolisis dan alat sensor digital 8-in-1 menjadi faktor kunci untuk menjamin keberlanjutan (*sustainability*) adopsi teknologi secara mandiri oleh Poktan Tani Makmur 1 pasca-kegiatan pengabdian selesai.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Program pengabdian kepada masyarakat melalui Sekolah Lapang Inovatif (SLI) berbasis Pengelolaan Hara Terpadu Berbasis Silika (INM+Si) di Desa Cangkring berhasil meningkatkan pengetahuan dan keterampilan teknis mitra Poktan Tani Makmur 1 secara signifikan. Peningkatan pemahaman tertinggi dicapai pada konsep INM berbasis silika (>80%) serta pemupukan presisi berbasis sensor digital (50–60%). Penerapan formula INM+Si pada demplot tanaman padi dan jagung terbukti mampu memulihkan kesehatan tanah, yang ditunjukkan oleh peningkatan ketersediaan hara N, P, K, serta tingkat kesuburan tanah lebih dari dua kali lipat dibanding kondisi kontrol sebelum intervensi. Selain itu, alih teknologi dan penyerahan aset berupa tungku pirolisis serta sensor kesuburan tanah 8-in-1 memberikan landasan kuat bagi kemandirian kelompok dalam penyediaan input organik dan pelaksanaan pemupukan presisi secara berkelanjutan.

Saran

1. **Pendampingan Pasca-Panen dan Evaluasi Ekonomi**: Perlu dilakukan pemantauan dan pendampingan berkelanjutan hingga fase panen demplot guna mengukur produktivitas riil (ubinan) serta menghitung efisiensi penurunan biaya input kimia dan peningkatan pendapatan bersih petani secara presisi.
2. **Pengembangan Unit Usaha Mandiri Pupuk Organik**: Poktan Tani Makmur 1 disarankan mengoptimalkan pemanfaatan tungku pirolisis untuk memproduksi biochar, abu silika, dan POCF secara komersial

maupun kolektif guna menjamin keberlanjutan pasca-program.

3. **Diseminasi dan Temu Lapang (*Field Day*)**: Disarankan kepada BPP dan Penyuluh Pertanian Lapangan (PPL) Kecamatan Jenggawah untuk memfasilitasi kegiatan temu lapang (*field day*) guna mereplikasi permodelan teknologi INM+Si ke kelompok tani lain di wilayah sekitar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. **Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM)**, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi atas dukungan pendanaan hibah Pengabdian kepada Masyarakat Skema Pemberdayaan Berbasis Masyarakat Tahun Anggaran 2025/2026.
2. **Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) Universitas Muhammadiyah Jember** atas dukungan fasilitas, supervisi, dan administrasi selama pelaksanaan program.
3. **Balai Penyuluhan Pertanian (BPP) Kecamatan Jenggawah dan Penyuluh Pertanian Lapangan (PPL) Desa Cangkring** atas pendampingan teknis, koordinasi wilayah, dan sinergi lapangan secara berkelanjutan.
4. **Pengurus dan Seluruh Anggota Poktan Tani Makmur 1 Desa Cangkring** serta Poktan Aman Maju atas keterbukaan, partisipasi aktif, dan kerja sama yang sangat baik selama rangkaian kegiatan Sekolah Lapang Inovatif berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

BPS Kabupaten Jember. (2021). *Kabupaten Jember dalam angka 2021*. BPS Kabupaten Jember.

Husnain, H., Wigena, I. G. P., & Kasno, A. (2021). Degradasi kualitas tanah sawah akibat pemupukan anorganik intensif di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 15(1), 12–24.

Nguyen, M. N. (2021). Potential use of silica-rich biochar for the formulation of adaptively controlled release fertilizers: A mini review. *Journal of Cleaner Production*, 307, 127263. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127263

Nuzuliyah, L., Sumardjo, S., & Sadono, D. (2022). Efektivitas Sekolah Lapang Pertanian dalam peningkatan kapasitas dan adopsi inovasi petani. *Jurnal Penyuluhan*, 18(2), 115–125. https://doi.org/10.25015/18202239458

Paramesh, V., Kumar, P., Bhagat, T., Nath, A., Manohara, K. K., Das, B., Desai, B., Jha, P., & Prasad, P. (2023). Integrated nutrient management enhances yield, improves soil quality, and conserves energy under the lowland rice-rice cropping system. *Agronomy*, 13(6), 1557. https://doi.org/10.3390/agronomy13061557

Robifahmi, N., Hanani, M., Bachtiar, T., Flatian, A. N., Slamet, S., & Citraresmini, A. (2025). Effect of gamma irradiation on silica-enriched biochar and biofertilizer on the productivity of rice grown on degraded Latosol soil. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 12(4), 8471–8480.

https://doi.org/10.15243/jdmlm.2025.124.8471

Salimani, M., Kumar, A., & Singh, R. (2025). Impact of biofertilizers and integrated nutrient management on transplanted rice for improving the growth, yield and soil quality. *International Journal of Plant & Soil Science*, 37(5), 271–281