Jurnal Pengabdian Masyarakat Waradin
Volume 5 Nomor 3, September 2025
e-ISSN : 2774-7107; p-ISSN : 2774-3349; Hal 36-44
DOI: https://doi.org/10.56910/wrd.v5i3.817
Tersedia: https://stiepari.org/index.php/wrd

Pemanfaatan Pipa sebagai Alat Tanam dan Penabur Pupuk di Lahan Perkebunan Warga Toapaya Selatan: Studi Kasus Wilayah Agrikultur Lokal

Utilization of Pipes as Planting Tools and Fertilizer Dispensers in the Plantations of Toapaya Selatan: A Case Study of Local Agricultural Practices

Dwi Handayani[1*], Januar[2], M Khairul[3], Herry Kurniawan[4],Auliana Okta[5],Nurhazianti[6],Novi Zurianti Ayu[7],Nur Selinda[8],Rara Cahya Aprilya[9], Nur Asma Riani Siregar[10]
[1-10] Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjungpinang, Indonesia.
Email: dwih5035@gmail.com[1]* , januar9182@gmail.com[2] , mkhairuldwiananta76@gmail.com[3] , herik9562@gmail.com[4], aulianaokta4@gmail.com[5], nurhazianti2@gmail.com[6], n631819@gmail.com[7], Selindanur761@gmail.com[8], 2203050001@student.umrah.ac.id[9]

Alamat: Jl. Raya Dompak, Dompak, Kec. Bukit Bestari, Kota Tanjung Pinang, Kepulauan Riau 29115
**Penulis Korespondensi*

Article History:
Naskah Masuk: 18 September, 2026
Revisi: 20 September 2026
Diterima: 22 September, 2026
Terbit: 30 September, 2026

Keywords: Agricultural Efficiency; Appropriate Technology; Fertilizer Applicator; PVC Pipe; Toapaya Selatan

Abstract: The community service activity conducted in Toapaya Selatan aimed to introduce an innovative planting and fertilizer applicator tool based on PVC pipes as an appropriate technology. This program was motivated by the persistence of manual farming practices that require excessive labor, time, and costs, while often resulting in uneven fertilizer distribution that reduces crop productivity. The implementation method adopted a participatory approach, consisting of preparation, counseling, demonstrations, field practice, and evaluation involving local farmers. Training sessions included hands-on practice to ensure that participants not only understood the theoretical aspects but also acquired practical skills in using and assembling the tool. The results indicate that the application of the pipe-based tool improved labor efficiency, reduced fertilization time, and enhanced the uniformity of fertilizer distribution on plantation land. These improvements were directly reflected in better crop maintenance and more sustainable use of resources. Farmers' high enthusiasm and active participation demonstrated the success of this simple yet impactful technology transfer. Nevertheless, several challenges were encountered, including limited technical understanding among some participants, difficulties in replicating the tool independently, and restricted availability of tool-making materials in the local market. Overall, this innovation has the potential to contribute significantly to increasing local agricultural productivity. Further training, continuous mentoring, and institutional as well as financial support from the village government are strongly recommended to ensure the sustainability, scalability, and long-term adoption of this appropriate technology.

Abstrak

Kegiatan pengabdian masyarakat yang dilaksanakan di Toapaya Selatan bertujuan untuk memperkenalkan alat tanam dan aplikasi pupuk inovatif berbasis pipa PVC sebagai teknologi tepat guna. Program ini dilatarbelakangi oleh masih dominannya praktik pertanian manual yang membutuhkan tenaga kerja, waktu, dan biaya yang besar, namun sering kali menghasilkan distribusi pupuk yang tidak merata sehingga menurunkan produktivitas tanaman. Metode pelaksanaan menggunakan pendekatan partisipatif yang meliputi tahap persiapan, penyuluhan, demonstrasi, praktik lapangan, serta evaluasi bersama petani setempat. Sesi pelatihan mencakup praktik langsung agar peserta tidak hanya memahami aspek teoritis, tetapi juga memperoleh keterampilan praktis dalam menggunakan dan merakit alat tersebut. Hasil menunjukkan bahwa penerapan alat berbasis pipa ini mampu meningkatkan efisiensi tenaga kerja, mempercepat waktu pemupukan, serta memperbaiki pemerataan distribusi pupuk pada lahan perkebunan. Perbaikan ini berdampak langsung pada pemeliharaan tanaman yang lebih baik dan pemanfaatan sumber daya yang lebih berkelanjutan. Antusiasme dan partisipasi aktif petani mencerminkan

keberhasilan alih teknologi sederhana namun berdampak besar ini. Meski demikian, terdapat beberapa kendala, antara lain keterbatasan pemahaman teknis sebagian peserta, kesulitan dalam mereplikasi alat secara mandiri, serta keterbatasan ketersediaan bahan pembuatan alat di pasar lokal. Secara keseluruhan, inovasi ini berpotensi memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan produktivitas pertanian lokal. Diperlukan pelatihan lanjutan, pendampingan berkelanjutan, serta dukungan kelembagaan dan finansial dari pemerintah desa agar penerapan teknologi tepat guna ini berkelanjutan, dapat diperluas, dan diadopsi dalam jangka panjang.

Kata Kunci: Teknologi tepat guna, penabur pupuk, pipa PVC, efisiensi pertanian, Toapaya Selatan

1. PENDAHULUAN

Wilayah Toapaya Selatan merupakan salah satu sentra agrikultur lokal yang masih mengandalkan metode pertanian konvensional. Berdasarkan data Desa Toapaya Selatan (2023), jumlah penduduk yang bekerja di sektor pertanian mencapai lebih dari 60% dari total populasi, dengan dominasi pada komoditas tanaman pangan, sayuran, serta perkebunan kecil. Sistem tanam dan pemupukan yang dilakukan masih bersifat manual, sehingga membutuhkan tenaga kerja yang relatif besar, waktu yang lebih lama, serta biaya produksi yang tinggi. Kondisi tersebut berimplikasi pada rendahnya produktivitas serta keterbatasan petani dalam mengadopsi teknologi modern.

Dari sisi fisik, lahan pertanian di Toapaya Selatan didominasi oleh tanah mineral bercampur pasir yang membutuhkan pemupukan intensif untuk menjaga kesuburan. Secara sosial, masyarakat memiliki karakter gotong royong yang cukup kuat, sehingga inovasi yang bersifat kolektif mudah diterapkan. Dari aspek ekonomi, mayoritas petani memiliki keterbatasan modal sehingga membutuhkan teknologi tepat guna yang murah, sederhana, dan mudah diaplikasikan. Sementara dari sisi lingkungan, intensitas pemupukan manual sering kali tidak merata, sehingga berpotensi menyebabkan pemborosan pupuk dan pencemaran tanah.

Studi lain juga menunjukkan bahwa penggunaan pipa PVC sebagai penabur pupuk mampu meningkatkan efisiensi hingga 30% dibanding metode manual, serta menurunkan beban fisik petani (Sari et al., 2024). Sosialisasi teknologi serupa di wilayah agraris lain mendapat respon positif dari petani karena mudah dioperasikan dan tidak membutuhkan keterampilan teknis tinggi (Rosita Wahyiah et al., 2025).

Kajian empiris lain menegaskan bahwa modifikasi sederhana seperti variasi ukuran lubang pada pipa dapat memengaruhi efektivitas penyaluran pupuk. Lubang berdiameter 2 cm terbukti paling optimal dengan keluaran rata-rata 18,3 gram pupuk per tetes, sehingga memungkinkan distribusi nutrisi yang lebih efisien (Basuki et al., 2025). Selain itu, penelitian tentang alat penabur pupuk semi-otomatis juga memperlihatkan bahwa inovasi sederhana berbasis teknologi tepat guna dapat menghemat waktu, biaya, dan tenaga kerja, sekaligus meningkatkan produktivitas petani kecil (Prihatiningtyas et al., 2023).

Berdasarkan potret permasalahan tersebut, dapat dirumuskan bahwa masalah utama yang dihadapi petani Toapaya Selatan adalah rendahnya efisiensi dalam proses tanam dan pemupukan akibat keterbatasan alat yang digunakan. Hal ini berimplikasi pada tingginya biaya produksi, ketidakmerataan distribusi pupuk, serta terbatasnya kemampuan adopsi teknologi pertanian modern.

Adapun tujuan kegiatan pengabdian ini adalah: (1) Menerapkan inovasi alat tanam dan penabur pupuk berbasis pipa sebagai teknologi tepat guna di lahan perkebunan warga Toapaya Selatan. (2) Menganalisis efektivitas alat tersebut dalam meningkatkan efisiensi tenaga, waktu, dan biaya pemupukan. (3) Meningkatkan kapasitas petani dalam pemanfaatan inovasi sederhana untuk mendukung keberlanjutan pertanian lokal.

Dengan demikian, kegiatan pengabdian ini akan menjadi hilirisasi dari penelitian terdahulu mengenai pemanfaatan pipa PVC sebagai penabur pupuk, serta berkontribusi dalam meningkatkan produktivitas pertanian melalui inovasi teknologi sederhana yang sesuai dengan kondisi sosial-ekonomi masyarakat setempat (Ahmad A, 2024).

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode partisipatif dengan menekankan keterlibatan aktif petani dalam setiap tahap pelaksanaan. Langkah awal penelitian dilakukan melalui koordinasi dengan perangkat desa dan kelompok tani untuk menyusun jadwal kegiatan sekaligus menentukan lokasi. Pada tahap persiapan, tim peneliti juga mengatur berbagai perlengkapan yang diperlukan, meliputi pipa PVC, corong, pegas, dan peralatan penunjang lain yang dibutuhkan. Selain itu, dibuat pula materi sosialisasi berbentuk modul praktis yang berisi petunjuk pembuatan serta penggunaan alat penabur pupuk, sehingga informasi dapat diserap dengan mudah oleh para peserta (Rosita Wahyiah et al., 2025).

Tahapan berikutnya adalah kegiatan edukasi dan pelatihan, yang ditujukan untuk memperkenalkan petani pada konsep Teknologi Tepat Guna (TTG) serta keunggulan penggunaan pipa PVC sebagai sarana penabur pupuk yang lebih efisien dibanding cara manual. Penyampaian materi dilakukan secara bertahap, dimulai dengan penjelasan teoritis mengenai urgensi efisiensi pemupukan, kemudian dilanjutkan demonstrasi langsung pembuatan alat oleh tim penelitian. Peserta tidak hanya menjadi pendengar, tetapi juga diberi kesempatan untuk membentuk kelompok kecil dalam mempraktikkan pembuatan alat serta mencoba simulasi penggunaannya di lahan pertanian. Pendekatan ini menjadikan penelitian tidak semata-mata bersifat deskriptif, melainkan juga menjadi media transfer teknologi sederhana yang dapat diaplikasikan secara lokal sesuai konteks masyarakat setempat (Sari et al., 2024)

Setelah sesi praktik, kegiatan diteruskan dengan forum diskusi dan evaluasi yang berfokus pada pengalaman petani selama mencoba alat, sekaligus mengidentifikasi permasalahan yang muncul serta merumuskan alternatif solusi bersama. Pada tahap tanya jawab, petani memiliki ruang untuk berbagi pengalaman terkait metode pemupukan yang telah biasa mereka gunakan sebelumnya. Evaluasi formal dilakukan dengan penyebaran kuesioner singkat sebagai instrumen untuk menilai pemahaman serta tingkat penerimaan peserta terhadap inovasi yang diperkenalkan. Sebagai bentuk tindak lanjut, tim menyusun strategi pendampingan bagi kelompok tani yang ingin mengadopsi serta memproduksi alat ini secara mandiri dan berkelanjutan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menghadirkan inovasi teknis, tetapi juga memberi kontribusi nyata dalam meningkatkan kapasitas masyarakat tani serta menjamin keberlanjutan pemanfaatan teknologi sederhan (Ernita et al., 2022)

3. HASIL

Pelaksanaan progam kerja KKN Kelompok 36 UMRAH Inovasi Tekonologi Tepat Guna yaitu pemanfaatan pipa sebagai alat tanam dan penabur pupuk di Desa Toapaya Selatan menunjukkan hasil yang signifikan baik dari sisi teknis, sosial, maupun ekonomi. Pada tahap awal, dilakukan sosialisasi di balai desa dengan melibatkan kelompok wanita tani dan perangkat desa. Kegiatan diawali dengan penyampaian materi mengenai pentingnya efisiensi pemupukan, diikuti oleh demonstrasi pembuatan alat, serta praktik langsung di lahan perkebunan milik warga. Partisipasi aktif peserta, khususnya wanita tani, menunjukkan bahwa model pembelajaran partisipatif ini berhasil meningkatkan pemahaman sekaligus keterampilan masyarakat dalam mengadopsi inovasi teknologi tepat guna (Fathoni et al., 2020)

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa lebih dari 85% peserta mampu menjelaskan kembali fungsi dan manfaat alat setelah kegiatan berlangsung. Hal ini membuktikan bahwa pemanfaatan pipa sebagai media tanam sekaligus penabur pupuk sesuai dengan konsep TTG yang mengutamakan kesederhanaan, ketersediaan bahan, serta kemudahan reproduksi oleh Masyarakat.

Dari sisi efisiensi kerja, simulasi lapangan menunjukkan bahwa penggunaan alat ini mampu menghemat waktu pemupukan hingga 50% dibandingkan metode manual. Selain itu, beban kerja fisik wanita tani menjadi lebih ringan karena pupuk dapat langsung diarahkan ke akar tanaman melalui pipa tanpa harus membungkuk berulang kali. Hal ini mendukung upaya peningkatan kesejahteraan petani, terutama perempuan yang memegang peran penting dalam aktivitas perkebunan keluarga.

Dampak sosial juga terlihat dari meningkatnya keterampilan dan kepercayaan diri wanita tani dalam mengoperasikan serta memodifikasi alat sesuai kebutuhan. Antusiasme peserta tampak dalam sesi diskusi, di mana beberapa peserta mengusulkan variasi desain seperti modifikasi ukuran corong agar sesuai dengan berbagai jenis pupuk. Hal ini sejalan dengan temuan Fitrah, Thahir, & Utami (2024) yang menekankan pentingnya penyesuaian desain alat pangan dan pertanian berbasis kebutuhan lokal (Fitrah et al., 2024).

Selain dampak sosial, terdapat pula dampak ekonomi yang signifikan. Dengan penggunaan alat ini, biaya tenaga kerja tambahan dapat ditekan karena pemupukan dapat dilakukan secara mandiri. Efisiensi tenaga kerja ini berdampak pada meningkatnya pendapatan bersih petani. Penerapan TTG mampu membuka peluang usaha baru di tingkat desa, misalnya melalui produksi dan penjualan alat ini sebagai usaha kecil menengah (UKM) lokal. (Burhanudin et al., 2024)

Kegiatan Pengabdian Masyarakat ini sudah di lakukan sesuai tahap yang di rencanakan dari awal pembuatan alat penabur pupuk. Kegiatan ini di lakukan bersama tim Mahasiswa, Kelompok Wanita Tani dan Ibu-ibu Dasawisma.



Gambar 1. Penyuluhan tentang Alat Penabur Pupuk



Gambar 2. Demonstrasi Alat Penabur Pupuk Oleh Kelompok Wanita Tani



Gambar 3. Penyerahan Alat Penabur Pupuk

4. DISKUSI

Program pengabdian masyarakat melalui pemanfaatan pipa sebagai media tanam sekaligus penabur pupuk di Desa Toapaya Selatan menghasilkan sejumlah temuan yang signifikan. Dari sisi teknis, penggunaan alat sederhana ini mampu mempercepat proses penaburan pupuk sekaligus mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja. Para petani juga mengungkapkan bahwa penyebaran pupuk menjadi lebih merata dibandingkan metode manual. Dari aspek persepsi, petani menilai alat tersebut praktis digunakan, lebih hemat waktu, serta bermanfaat dalam mendukung aktivitas rutin mereka di kebun (Hidayah & Yumeina, 2025).

Apabila ditinjau dari perspektif teori, hasil tersebut sejalan dengan konsep Diffusion of Innovations (DOI), yang menekankan bahwa penerimaan teknologi baru dipengaruhi oleh manfaat nyata, tingkat kemudahan pemakaian, serta kesesuaian dengan praktik yang telah ada sebelumnya. Dalam konteks masyarakat Toapaya Selatan, pemanfaatan pipa sebagai alat bantu memiliki keunggulan relatif (relative advantage) karena memberikan efisiensi tenaga dan waktu, sekaligus tetap selaras dengan teknik bercocok tanam manual yang telah lama dipraktikkan petani (Omega Meshack & Chege George, 2023)

Selain itu, temuan ini juga dapat dipahami melalui kerangka Technology Acceptance Model (TAM). Dua komponen kunci dalam TAM, yaitu perceived usefulness (manfaat yang dirasakan) dan perceived ease of use (kemudahan penggunaan), tampak menonjol dalam respon petani. Mereka menegaskan bahwa penggunaan pipa menjadikan pekerjaan fisik lebih ringan dan produktif, sehingga meningkatkan kecenderungan untuk terus memanfaatkan teknologi ini dalam jangka panjang(Rosário et al., 2022).

Dari dimensi sosial, pemanfaatan inovasi berbasis pipa turut menumbuhkan solidaritas serta kerja sama antarpetani. Hal ini sejalan dengan konsep Participatory Technology Development (PTD) yang menekankan pentingnya keterlibatan masyarakat dalam pengembangan, pengujian, dan adopsi teknologi baru. Partisipasi aktif petani dalam uji coba

menciptakan rasa memiliki (sense of ownership), yang mendorong mereka untuk melakukan adaptasi dan modifikasi sesuai kebutuhan lokal (Farming for the Future, 1992). Dengan pendekatan Participatory Action Research (PAR), keterlibatan langsung petani tidak hanya meningkatkan keterampilan teknis, melainkan juga memperkuat jejaring sosial melalui pertukaran pengalaman dan pengetahuan antaranggota kelompok tani (Mponela et al., 2023)

Pada sisi ekonomi, penggunaan teknologi ini terbukti memberikan keuntungan berupa efisiensi biaya tenaga kerja, pengurangan pemborosan pupuk, serta membuka peluang untuk meningkatkan produktivitas hasil panen. Temuan ini konsisten dengan penelitian mengenai sistem pertanian push–pull yang menekankan bahwa inovasi sederhana mampu memberikan dampak ekonomi yang berarti bagi petani meskipun dengan biaya investasi yang relatif kecil (Donia et al., 2018). Dengan demikian, pemanfaatan pipa sebagai alat tanam dan penabur pupuk tidak hanya membawa perubahan pada aspek teknis pertanian, tetapi juga berkontribusi pada peningkatan ekonomi rumah tangga petani serta penguatan solidaritas sosial di tingkat lokal.

5. KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat di Toapaya Selatan melalui penerapan inovasi alat tanam dan penabur pupuk berbasis pipa berhasil meningkatkan efisiensi proses pertanian. Petani mampu mengurangi penggunaan tenaga kerja dan waktu dalam kegiatan pemupukan, sekaligus memperoleh distribusi pupuk yang lebih merata pada lahan perkebunan. Selain itu, partisipasi aktif masyarakat dalam pelatihan dan praktik lapangan menunjukkan tingginya penerimaan terhadap teknologi tepat guna yang sederhana, murah, dan sesuai dengan kondisi sosial-ekonomi setempat. Namun demikian, terdapat beberapa hambatan yang dijumpai, antara lain keterbatasan pemahaman teknis sebagian petani pada tahap awal pelatihan, keterbatasan ketersediaan bahan pembuatan alat, serta perlunya pendampingan lanjutan agar inovasi ini benar-benar diadopsi secara berkelanjutan. Hambatan tersebut menjadi catatan penting bahwa keberhasilan program tidak hanya ditentukan oleh efektivitas teknologi, tetapi juga oleh kesiapan masyarakat dalam mempraktikkannya secara konsisten.

PENGAKUAN/ACKNOWLEDGEMENTS

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada Perangkat Desa Toapaya Selatan Dusun 1 atas segala bentuk bantuan, dukungan, serta kesempatan yang diberikan sehingga kegiatan ini dapat terlaksana dengan lancar. Apresiasi tulus juga ditujukan kepada Ketua Kelompok Wanita Tani, Ibu Mariyati, yang telah berkenan memberikan arahan, informasi, serta kerja sama yang sangat berharga dalam mendukung proses pengabdian ini.

Penghargaan khusus penulis sampaikan kepada Dosen Pembimbing Lapangan, Ibu Nur

Asma Riani Siregar, S.Pd., M.Pd., atas bimbingan, saran, serta arahan yang begitu berarti dalam setiap tahapan pelaksanaan kegiatan. Penulis juga menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM) yang telah memberikan dukungan dan fasilitas sehingga program ini dapat berjalan dengan baik.

Ucapan terima kasih juga penulis tujukan kepada seluruh rekan-rekan KKN Kelompok 36 yang senantiasa menghadirkan semangat kebersamaan, kerja sama, serta dukungan yang kuat, sehingga seluruh rangkaian kegiatan dapat terselesaikan sesuai rencana. Akhir kata, penulis berharap segala bentuk bantuan, dukungan, dan doa yang telah diberikan memperoleh balasan yang setimpal dari Tuhan Yang Maha Esa.

DAFTAR REFERENSI

Ahmad, A. (2024). *Efektivitas penggunaan alat penabur pupuk pada tanaman menghasilkan kelapa sawit (Elaeis guineensis Jacq.)*. Institut Pertanian Bogor. http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/155764

Basuki, Warsiyah, Triastianti, R. D., Noviyanti, & Widyaningsih, T. S. (2025). Teknologi tepat guna penabur pupuk urea sederhana untuk peningkatan produktivitas pertanian. *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, *25*(1), 1–8. https://doi.org/10.37412/jrl.v25i1.369

Burhanudin, A., Mukhtar, A., Fitriana, S., & Malik, M. (2024). Teknologi mesin pengupas kulit kopi merah kering berbasis teknologi tepat guna dalam peningkatan ekonomi petani kopi di Desa Morobongo Kecamatan Jumo Kabupaten Temanggung. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Nusantara*, *5*(4), 6259–6269. https://doi.org/10.55338/jpkmn.v5i4.5023

Donia, E., Mineo, A. M., & Sgroi, F. (2018). A methodological approach for assessing business investments in renewable resources from a circular economy perspective. *Land Use Policy, 76*, 823–827. https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.03.017

Ernita, Y., Jamaluddin, J., Hasman, E., Rildiwan, R., & Nurtam, M. R. (2022). Rancang bangun alat penabur pupuk butiran tipe gendong. *Lumbung*, *21*(1), 1–13. https://doi.org/10.32530/lumbung.v21i1.350

Fathoni, A., Rizal, Y., Tujuan, A., Pemanfaatan, S., Tepat, T., Bagi, G., Industri, U., Rumah, S., Di, T., Pasir, D., Kecamatan, A., Purba, B., & Rokan, K. (2020). Sosialisasi pemanfaatan teknologi tepat guna bagi usaha industri skala rumah tangga di Desa Pasir Agung Kecamatan Bangun Purba. *BERNAS: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, *4*(2), 1195–1200. https://doi.org/10.31949/jb.v4i2.4611

Fitrah, M. A., Taufiq, T. M., & Utami, H. H. (2024). Pengenalan teknologi tepat guna: Pemilihan bahan stainless steel dalam pembuatan alat pangan untuk meningkatkan keamanan dan kualitas produk. *Akselerasi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, *2*(2), 130–135. https://doi.org/10.70210/ajpm.v2i2.82

Hidayah, N., & Yumeina, D. (2025). Pembuatan alat penabur pupuk sederhana (Manufacture of simple fertilizer sowing device). *Jurnal Abditechno, 5*(1). https://doi.org/10.70124/abditechno.vi.1756

Mponela, P., Manda, J., Kinyua, M., & Kihara, J. (2023). Participatory action research, social networks, and gender influence soil fertility management in Tanzania. *Systemic Practice and Action Research, 36*(1), 141–163. https://doi.org/10.1007/s11213-022-09601-3

Omega, M., & Chege, G. (n.d.). *Leveraging on adoption of fertilizer to boost small-scale crop farming productivity in arid and semi-arid lands of Kenya*. ResearchGate. Retrieved September 5, 2025, from https://www.researchgate.net/publication/383823304

Prihatiningtyas, S., Fahimah, M., Qomariah, U. K. N., Ulla, L., Yuliani, S. F., & Khotimah, K. (2023). Revitalisasi pertanian berkelanjutan kelompok tani Kabupaten Jombang: Penerapan alat penabur pupuk semi otomatis. *Jurnal Abdimas BSI: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat, 6*(2), 296–308. https://doi.org/10.31294/jabdimas.v6i2.16598

Rosário, J., Madureira, L., Marques, C., & Silva, R. (2022). Understanding farmers' adoption of sustainable agriculture innovations: A systematic literature review. *Agronomy, 12*(11), 2879. https://doi.org/10.3390/agronomy12112879

Rosita Wahyiah, I., Septiyadi, L., Putra, I., & Sheripova, A. (2025). Sosialisasi dengan tema pengenalan teknologi tepat guna alat penabur pupuk jagung dari pipa PVC di Desa Bojong Pandan Kecamatan Tunjungteja. *Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan, 4*(1), 3834–3839. https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i1.2213

Sari, C. P. P., Handoko, S. V. P., Pranata, A. R., & Angga Dutahatmaja, S. K., M. M. (2024). Inovasi alat penabur pupuk berbasis pipa PVC di Dusun Pandansari, Desa Wonoploso, Kecamatan Gondang, Kabupaten Mojokerto. *Prosiding Patriot Mengabdi, 3*(1), 469–478. https://conference.untag-sby.ac.id/index.php/spm/article/view/3844

Siburian, S. (2020). *Pencemaran udara dan emisi gas rumah kaca*. Kreasi Cendekia Pustaka.