

Pemberdayaan Kelompok Wanita Tani Melalui Inovasi Penanaman Tumpang Sari Berbasis Pertanian Berkelanjutan di Desa Wonopringgo Kabupaten Pekalongan

Farchan Mushaf Al Ramadhani¹, Heri Ariadi², Ahsarul Mufid³, Ubad Badrudin⁴, Fariz Kustiawan Alfarys⁵, Wagiyana⁶, Elvin Cahyanita⁷, Dimas Hari Sapto⁸

^{1,2,3,4,8} Universitas Pekalongan, Jawa Tengah Indonesia, ⁵Universitas Negeri Surabaya, Jawa Timur Indonesia, ^{6,7} Universitas Jember, Jawa Timur Indonesia

Email: farchanmushaf@unikal.ac.id¹, ariadi_heri@yahoo.com², ahsarul99@gmail.com³, barofa@ymail.com⁴, farizalfarys@unesa.ac.id⁵, wagiyana.faperta@unej.ac.id⁶, elvin@unej.ac.id⁷, dimas.heri2019@gmail.com⁸

Abstract: *This community service program aimed to improve the knowledge of the Women Farmers Group (KWT) regarding an intercropping system based on sustainable agriculture in Wonopringgo Village, Pekalongan Regency. The problems faced by the community included limited understanding of intercropping cultivation techniques and the dominance of monoculture farming systems, resulting in suboptimal land utilization. The activity was conducted on September 1, 2025, at the Intercropping Demonstration Plot in Wonopringgo Village involving 25 KWT members. The implementation methods included investigation, preparation, action, extension and training, reflection through pre-tests and post-tests, and mentoring. The intercropping system applied combined maize and soybean plants. The results showed an increase in participants' knowledge regarding the intercropping system and its benefits. During the pre-test, only 2 participants (8%) understood the intercropping system, while after the activity all participants (100%) understood it. Participants' understanding of the benefits of intercropping also increased from 0% to 100% after the activity.*

Abstrak : *Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan meningkatkan pengetahuan Kelompok Wanita Tani (KWT) mengenai sistem tumpang sari berbasis pertanian berkelanjutan di Desa Wonopringgo Kabupaten Pekalongan. Permasalahan mitra meliputi rendahnya pemahaman tentang teknik budidaya tumpang sari dan dominannya pola tanam monokultur yang menyebabkan pemanfaatan lahan belum optimal. Kegiatan dilaksanakan pada 1 September 2025 di Demplot Tumpang Sari Desa Wonopringgo dengan melibatkan 25 anggota KWT. Metode pelaksanaan meliputi investigasi, persiapan, tindakan, penyuluhan dan pelatihan, refleksi melalui pre-test dan post-test, serta pendampingan. Sistem tumpang sari yang diterapkan menggunakan kombinasi tanaman jagung dan kedelai. Hasil kegiatan menunjukkan peningkatan pengetahuan peserta mengenai sistem tumpang sari dan manfaatnya. Pada pre-test hanya 2 peserta (8%) yang memahami sistem tumpang sari, sedangkan setelah kegiatan seluruh peserta (100%) telah memahaminya.*

Keywords : *Community Empowerment, Intercropping, Sustainable Agriculture, Women Farmers Group*

PENDAHULUAN

Pertanian merupakan sektor strategis yang berperan penting dalam menjaga ketahanan pangan, meningkatkan kesejahteraan masyarakat, serta mendukung perekonomian pedesaan di Indonesia (Marina et al., 2024). Sistem pertanian berkelanjutan saat ini menjadi perhatian utama karena adanya tantangan berupa keterbatasan lahan, penurunan kualitas lingkungan, perubahan iklim, dan rendahnya

efisiensi pemanfaatan sumber daya pertanian (Castillo-Díaz et al., 2025). Kondisi tersebut menuntut adanya inovasi budidaya yang mampu meningkatkan produktivitas tanpa mengabaikan aspek keberlanjutan lingkungan. Salah satu pendekatan yang dinilai efektif adalah penerapan sistem tumpang sari karena mampu mengoptimalkan penggunaan lahan, meningkatkan keanekaragaman tanaman, serta mengurangi risiko kegagalan panen (Moreira et al., 2024).

Desa Wonopringgo Kecamatan Wonopringgo Kabupaten Pekalongan merupakan wilayah yang memiliki potensi pengembangan sektor pertanian, khususnya tanaman hortikultura dan tanaman pangan skala rumah tangga. Namun demikian, sebagian masyarakat masih menerapkan pola budidaya konvensional dengan sistem tanam tunggal yang menyebabkan pemanfaatan lahan belum optimal (Al Ramadhani et al., 2024; Handriatni et al., 2024). Selain itu, keterbatasan pengetahuan masyarakat mengenai teknik budidaya berkelanjutan juga menjadi kendala dalam meningkatkan produktivitas pertanian. Kondisi tersebut berdampak pada rendahnya diversifikasi hasil pertanian serta belum maksimalnya pemanfaatan pekarangan sebagai sumber pangan keluarga (Rahadirajasha et al., 2026).

Kelompok Wanita Tani (KWT) memiliki peran penting dalam mendukung ketahanan pangan rumah tangga dan pemberdayaan ekonomi masyarakat (Nuraini & Resdati, 2025). Keterlibatan perempuan dalam kegiatan pertanian tidak hanya berfungsi sebagai tenaga pendukung, tetapi juga sebagai penggerak utama dalam pengelolaan pekarangan dan produksi pangan keluarga desa (Faizien, 2025). Akan tetapi, kemampuan anggota KWT dalam menerapkan inovasi budidaya pertanian masih perlu ditingkatkan, khususnya terkait sistem penanaman tumpang sari yang efisien dan ramah lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan kegiatan pendampingan yang tidak hanya memberikan penyuluhan secara teoritis, tetapi juga praktik langsung agar anggota KWT mampu memahami dan mengimplementasikan teknik budidaya tumpang sari secara mandiri.

Berdasarkan permasalahan tersebut, kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan melalui program pemberdayaan Kelompok Wanita Tani dengan inovasi penanaman tumpang sari berbasis pertanian berkelanjutan di Desa Wonopringgo. Kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan, keterampilan, dan kesadaran masyarakat mengenai pemanfaatan lahan secara optimal melalui sistem tumpang sari. Selain itu, kegiatan ini diharapkan dapat mendukung diversifikasi tanaman, meningkatkan ketahanan pangan rumah tangga, serta memperkuat peran perempuan dalam pembangunan pertanian desa. Dengan adanya pendampingan yang berkelanjutan, sistem tumpang sari diharapkan dapat menjadi model budidaya yang adaptif, produktif, dan berkelanjutan bagi masyarakat pedesaan.

METODE

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan pada tanggal 1 September 2025 di Demplot Tumpang Sari Desa Wonopringgo, Kecamatan Wonopringgo, Kabupaten Pekalongan. Kegiatan ini diikuti oleh 25 peserta yang terdiri atas anggota Kelompok Wanita Tani (KWT) dan Kepala Desa Wonopringgo. Keterlibatan Kepala Desa dalam kegiatan pengabdian menjadi faktor penting dalam mendukung keberlanjutan program melalui dukungan kelembagaan dan kebijakan di tingkat desa. Seluruh peserta mengikuti rangkaian kegiatan mulai dari penyuluhan, pelatihan, praktik lapangan, hingga pendampingan secara aktif dan partisipatif.

Alat dan bahan yang digunakan dalam kegiatan pengabdian ini disesuaikan dengan kebutuhan penerapan sistem tumpang sari pada lahan demplot. Alat yang digunakan meliputi cangkul, sabit, ember, alat penyiram tanaman, tali ukur, dan alat dokumentasi kegiatan. Sementara itu, bahan yang digunakan terdiri atas benih jagung, benih kedelai, pupuk organik, pupuk anorganik pendukung, serta media tanam pada lahan demplot. Sistem tumpang sari yang diterapkan dalam kegiatan ini menggunakan kombinasi tanaman jagung dan kedelai karena kedua tanaman tersebut dinilai memiliki kompatibilitas yang baik dalam pemanfaatan unsur hara, ruang tumbuh, dan intensitas cahaya sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan lahan pertanian.

Metode pelaksanaan kegiatan pengabdian dilakukan melalui beberapa tahapan yang sistematis, yaitu investigasi, persiapan, tindakan, penyuluhan dan pelatihan, refleksi, serta pendampingan (Afiatan et al., 2025; Al Ramadhani et al., 2025; Supriyanto et al., 2024). Tahap investigasi dilakukan melalui observasi lapangan dan diskusi bersama mitra untuk mengidentifikasi permasalahan terkait pola budidaya tanaman yang masih dilakukan secara monokultur dan belum optimalnya pemanfaatan lahan pertanian. Tahap persiapan meliputi koordinasi dengan pemerintah desa dan anggota KWT, penyiapan alat dan bahan, serta penyusunan materi penyuluhan dan pelatihan. Tahap tindakan dilakukan melalui pembuatan demplot tumpang sari jagung dan kedelai yang dilanjutkan dengan kegiatan penyuluhan dan pelatihan mengenai teknik budidaya, pemeliharaan tanaman, dan manfaat sistem tumpang sari berbasis pertanian berkelanjutan. Selanjutnya tahap refleksi dilakukan melalui *pre-test* dan *post-test* untuk mengukur peningkatan pengetahuan peserta (Mahfur et al., 2025; Supriyanto et al., 2025), sedangkan tahap pendampingan dilaksanakan melalui monitoring dan komunikasi intensif guna memastikan peserta mampu menerapkan sistem tumpang sari secara mandiri dan berkelanjutan (Ariadi et al., 2025).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat mengenai pendampingan penanaman tumpang sari di Desa Wonopringgo telah dilaksanakan dengan baik dan mendapatkan antusiasme yang tinggi dari seluruh peserta. Kegiatan diawali dengan penyuluhan mengenai konsep pertanian berkelanjutan dan

sistem tumpang sari, kemudian dilanjutkan dengan praktik langsung penanaman jagung dan kedelai pada lahan demplot. Peserta aktif mengikuti seluruh rangkaian kegiatan, mulai dari diskusi, praktik penanaman, hingga sesi tanya jawab terkait teknik budidaya dan pemeliharaan tanaman. Pendampingan yang dilakukan secara langsung di lapangan memberikan pengalaman praktis kepada peserta sehingga mempermudah pemahaman mengenai penerapan sistem tumpang sari. Dokumentasi kegiatan pengabdian kepada masyarakat ditunjukkan pada Gambar 1.

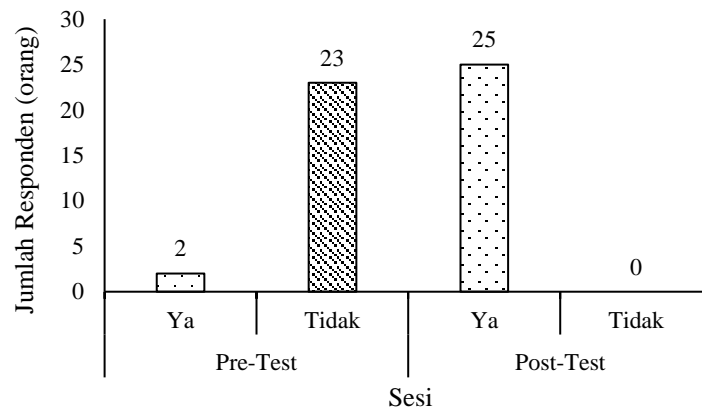


Gambar 1. Dokumentasi kegiatan pengabdian kepada masyarakat

Melalui kegiatan penyuluhan dan praktik lapangan, peserta tidak hanya memperoleh pengetahuan teoritis tetapi juga memahami secara langsung manfaat penerapan sistem tumpang sari pada lahan pertanian. Kombinasi tanaman jagung dan kedelai yang diterapkan pada demplot memberikan gambaran nyata mengenai pemanfaatan lahan yang lebih efisien dan produktif dibandingkan sistem tanam tunggal. Selain itu, kegiatan pendampingan juga mendorong munculnya kesadaran peserta mengenai pentingnya diversifikasi tanaman sebagai upaya mendukung ketahanan pangan keluarga dan pertanian berkelanjutan. Peningkatan pemahaman peserta terhadap sistem tumpang sari menjadi salah satu indikator keberhasilan kegiatan pengabdian yang dilaksanakan di Desa Wonopringgo.

Pengetahuan peserta mengenai sistem tumpang sari menjadi salah satu indikator penting dalam kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini. Berdasarkan hasil *pre-test* diketahui bahwa hanya terdapat 2 orang peserta (8%) yang telah mengetahui dan memahami tentang sistem tumpang sari, sedangkan sebanyak 23 orang peserta (92%) lainnya belum memahami sistem budidaya tersebut. Setelah kegiatan penyuluhan dan pendampingan dilaksanakan, seluruh peserta (100%) telah menyatakan telah

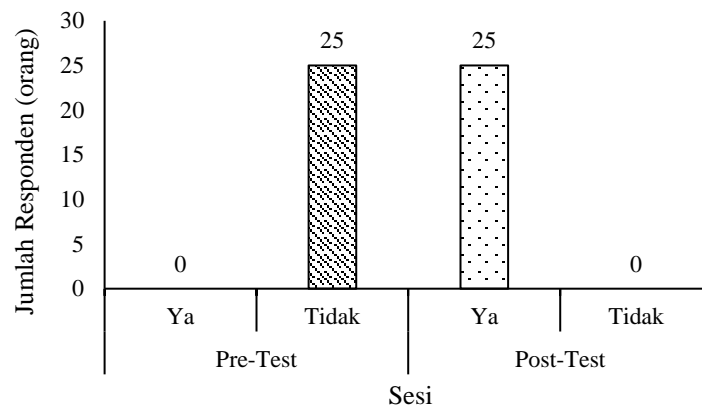
mengetahui dan memahami sistem tumpang sari. Hasil peningkatan pengetahuan peserta sebelum dan sesudah kegiatan pengabdian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengetahuan peserta tentang sistem tumpang sari

Peningkatan hasil *post-test* menunjukkan bahwa metode penyuluhan dan pendampingan yang dipadukan dengan praktik langsung di lapangan efektif dalam meningkatkan pemahaman peserta mengenai sistem tumpang sari (Alam et al., 2025). Peserta menjadi lebih mudah memahami konsep budidaya karena dapat melihat secara langsung pola penanaman jagung dan kedelai pada lahan demplot yang telah disiapkan. Sistem tumpang sari merupakan metode budidaya dengan menanam dua atau lebih jenis tanaman pada lahan yang sama dalam waktu bersamaan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan lahan, unsur hara, air, dan intensitas cahaya (Zhang et al., 2025). Selain mampu meningkatkan produktivitas lahan, sistem tumpang sari juga memberikan manfaat berupa diversifikasi hasil pertanian, pengurangan risiko serangan hama dan penyakit, serta mendukung penerapan pertanian berkelanjutan yang lebih ramah lingkungan (Chadfield et al., 2022).

Pengetahuan peserta mengenai manfaat sistem tumpang sari mengalami peningkatan yang signifikan setelah kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilaksanakan. Hasil *pre-test* menunjukkan bahwa seluruh peserta atau sebanyak 25 orang peserta (100%) belum mengetahui manfaat dari penerapan sistem tumpang sari pada lahan pertanian. Setelah kegiatan penyuluhan dan pendampingan dilakukan, seluruh peserta (100%) menyatakan telah mengetahui dan memahami manfaat sistem tumpang sari dengan baik. Peningkatan pengetahuan peserta terkait manfaat sistem tumpang sari sebelum dan sesudah kegiatan pengabdian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengetahuan peserta tentang manfaat sistem tumpang sari

Hasil tersebut menunjukkan bahwa kegiatan penyuluhan yang dipadukan dengan praktik lapangan mampu meningkatkan pemahaman peserta mengenai pentingnya penerapan sistem tumpang sari dalam mendukung pertanian berkelanjutan (Chairiyah et al., 2026). Melalui demonstrasi langsung pada lahan demplot, peserta dapat memahami bahwa kombinasi tanaman jagung dan kedelai mampu memanfaatkan ruang tumbuh dan unsur hara secara lebih efisien dibandingkan sistem monokultur. Secara umum, sistem tumpang sari memiliki berbagai manfaat, antara lain meningkatkan produktivitas lahan, menambah diversifikasi hasil pertanian, mengurangi risiko gagal panen, serta membantu menjaga kesuburan tanah. Selain memberikan keuntungan secara ekonomi bagi petani, sistem tumpang sari juga mendukung konservasi lingkungan melalui pemanfaatan sumber daya yang lebih efektif dan berkelanjutan (Akchaya et al., 2025; Yu et al., 2025).

KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat melalui pendampingan penanaman tumpang sari di Desa Wonopringgo berhasil meningkatkan pengetahuan dan pemahaman peserta mengenai sistem tumpang sari serta manfaat penerapannya dalam pertanian berkelanjutan. Pendekatan penyuluhan yang dipadukan dengan praktik langsung pada lahan demplot mampu memberikan pengalaman nyata kepada peserta sehingga materi yang disampaikan lebih mudah dipahami dan diterapkan. Penerapan tumpang sari jagung dan kedelai memberikan gambaran mengenai pemanfaatan lahan yang lebih efisien, produktif, dan ramah lingkungan dibandingkan sistem tanam tunggal. Selain meningkatkan kapasitas anggota Kelompok Wanita Tani, kegiatan ini juga mendorong kesadaran masyarakat terhadap pentingnya diversifikasi tanaman dalam mendukung ketahanan pangan keluarga dan keberlanjutan sektor pertanian di tingkat desa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi Republik Indonesia atas bantuan pendanaan yang telah diberikan. Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini terlaksana dengan dukungan dari Program Hibah Skema Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat Tahun 2025 dengan Nomor Kontrak Induk 123/C3/DT.05.00/PM/2025.

DAFTAR PUSTAKA

- Afiatan, A. S., Al Ramadhani, F. M., Mufid, A., Handriatni, A., Badrudin, U., Jazilah, S., Alfarisy, F. K., Wagiyana, W., Cahyanita, E., Ali Mudhor, M., & Zahrah, N. A. N. (2025). Edukasi budidaya hidroponik kepada siswa SMK Diponegoro Kabupaten Pekalongan sebagai solusi mengatasi keterbatasan lahan. *Rahmah : Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 1(3), 216–225. <https://doi.org/10.65065/wt2np309>
- Akchaya, K., Parasuraman, P., Pandian, K., Vijayakumar, S., Thirukumaran, K., Mustaffa, M. R. A. F., Rajpoot, S. K., & Choudhary, A. K. (2025). Boosting resource use efficiency, soil fertility, food security, ecosystem services, and climate resilience with legume intercropping: a review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, 1–22. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1527256>
- Al Ramadhani, F. M., Ariadi, H., Mufid, A., Handriatni, A., Sajuri, & Ximenes, R. da C. (2024). A comprehensive study on the business feasibility, and optimization model for paddy cultivation on marginal agricultural land in Pekalongan District. *Jurnal AGRISEP: Kajian Masalah Sosial Ekonomi Pertanian Dan Agribisnis*, 23(2), 351–372. <https://doi.org/10.31186/jagrisep.23.02.351-372>
- Al Ramadhani, F. M., Badrudin, U., Ariadi, H., Fauziyah, F., & Nugroho, I. (2025). Pengembangan budidaya pertanian terpadu dengan sistem budidaya intercropping dan akuaponik di Desa Wonopringgo Kabupaten Pekalongan. *Journal of Community Development*, 6(1), 211–220. <https://doi.org/10.47134/comdev.v6i1.1702>
- Alam, Y., Fauzi, Moh. H., Harliana, H., Khasanah, U. N., & Handoko, W. D. (2025). Peningkatan kapasitas masyarakat dalam produksi pupuk kompos organik berkelanjutan dari limbah rumah tangga. *BHAKTI NAGORI (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat)*, 5(2), 1142–1148. https://doi.org/10.36378/bhakti_nagori.v5i2.5146
- Ariadi, H., Al Ramadhani, F. M., Mardiana, T. Y., Nisa, S. K., Maharani, K., & Sapto, D. H. (2025). Penerapan sistem budidaya minapadi organik sebagai upaya peningkatan produktivitas pertanian di Desa Wonopringgo, Kabupaten Pekalongan. *PengabdianMu: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 10(11), 2423–2431. <https://doi.org/10.33084/pengabdianmu.v10i11.10622>
- Castillo-Díaz, F. J., Belmonte-Ureña, L. J., Martín-Navarro, C., & Camacho-Ferre, F. (2025). Balancing agricultural sustainability and conservation: Strategies for resource intensive systems in Spain and beyond. *Global Ecology and Conservation*, 60, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2025.e03633>

- Chadfield, V. G. A., Hartley, S. E., & Redeker, K. R. (2022). Associational resistance through intercropping reduces yield losses to soil-borne pests and diseases. *New Phytologist*, 235(6), 2393–2405. <https://doi.org/10.1111/nph.18302>
- Chairiyah, N., Mansyur, N. I., Ismandari, T., Pudjiwati, E. H., Zahara, S., Adiwena, M., Nurjannah, N., Andi, A., & Syamsir, S. (2026). Optimalisasi pengelolaan pekarangan berbasis pelatihan untuk meningkatkan ketahanan pangan keluarga pada KWT Dahlia di Kelurahan Juata Permai. *JURPIKAT (Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat)*, 7(1), 513–527. <https://doi.org/10.37339/jurpikat.v7i1.2951>
- Faizien, H. A. (2025). Peran perempuan dalam pembangunan ekonomi pertanian. *Jurnal Riset Rumpun Ilmu Tanaman*, 4(1), 49–63. <https://doi.org/10.55606/jurrit.v4i1.4695>
- Handriatni, A., Ariadi, H., Al Ramadhani, F. M., Jazilah, S., & Sajuri. (2024). Study assessment of soil and water quality conditions on barren agricultural lands in tropical regions. *Journal of Environment and Earth Science*, 6(3), 176–185. <https://doi.org/10.30564/jees.v6i3.6977>
- Mahfur, M., Al Ramadhani, F. M., Efrilia, E., Ariqoh, S. H., Fadilah, R. N., Shofaro, M., Nurhayati, P., & Arkanie, M. R. (2025). Pemanfaatan eco enzyme untuk kesehatan lingkungan dan peningkatan kesehatan masyarakat Desa Susukan Kabupaten Pematang. *BAKTIMU: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 5(2), 61–72. <https://doi.org/10.37874/bm.v5i2.1740>
- Marina, I., Mukhlis, M., & Harti, A. O. R. (2024). Development strategy of leading agricultural commodities: Findings from LQ, GRM, and Shift-Share analysis. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 24(2), 181–190. <https://doi.org/10.25181/jppt.v24i2.3321>
- Moreira, B., Gonçalves, A., Pinto, L., Prieto, M. A., Caroch, M., Caleja, C., & Barros, L. (2024). Intercropping systems: An opportunity for environment conservation within nut production. *Agriculture*, 14(7), 1–23. <https://doi.org/10.3390/agriculture14071149>
- Nuraini, D., & Resdati, R. (2025). Partisipasi Kelompok Wanita Tani (KWT) “Bukit Mawar” terhadap ketahanan pangan rumah tangga. *Journal of Community Development*, 6(1), 1–18. <https://doi.org/10.47134/comdev.v6i1.1737>
- Rahadirajasha, P. M., Rahma, A., Marcella, C. B., Nurdin, Z. A. R., Nauval, B. H., Saputra, D. R., Tadewa, I., Arrayani, F. B., Maharani, S. P., Asmarani, A., & Puspitasari, H. M. (2026). Optimalisasi produktivitas lahan pertanian Desa Matesih melalui sistem tanam tumpang sari sebagai wujud pertanian berkelanjutan. *Bima Abdi: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 6(1), 301–312. <https://doi.org/10.53299/ba-jpm.v6i1.3744>
- Supriyanto, E. A., Afiatan, A. S., Badrudin, U., Sajuri, S., Al Ramadhani, F. M., Silfiyani, S., Arwanda, M., & Sari, D. K. (2024). Pelatihan pembuatan pupuk organik cair pada Lembaga Masyarakat Desa Hutan (LMDH) Desa Pringsurat Kecamatan Kajen Kabupaten Pekalongan. *PengabdianMu: Jurnal Ilmiah Pengabdian Kepada Masyarakat*, 9(10), 1834–1842. <https://doi.org/10.33084/pengabdianmu.v9i10.7849>
- Supriyanto, E. A., Badrudin, U., Sajuri, S., Al Ramadhani, F. M., Vitrinova, R., & Arifin, I. (2025). Edukasi dan penanaman mangrove untuk mendukung ekowisata di Desa Mulyorejo Kabupaten Pekalongan. *Archive: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(2), 398–408. <https://doi.org/10.55506/arch.v4i2.179>

- Yu, R. P., Dresbøll, D. B., Finckh, M. R., Justes, E., van der Werf, W., Fletcher, A., Carlsson, G., & Li, L. (2025). Intercropping: ecosystem functioning and sustainable agriculture. *Plant and Soil*, 506(1), 1–6. <https://doi.org/10.1007/s11104-024-07111-w>
- Zhang, N., Jin, J., & Chen, J. (2025). Water production efficiency and economic benefits under diversified planting modes of intercropping-multiple cropping in arid regions. *PLoS ONE*, 20(3), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0318540>