

## **Sinergi Kompos Berbasis Lokal dan Budidaya Kacang Hijau: Pengabdian Masyarakat untuk Peningkatan Produktivitas Pertanian**

**Supriyono<sup>1</sup>, Mercy Bientri Yunindanova<sup>1\*</sup>, MTh. Sri Budiaستuti<sup>1</sup>, Aprilia Ike Nurmalaسari<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret

\*Email: [mercybientri\\_fp@staff.uns.ac.id](mailto:mercybientri_fp@staff.uns.ac.id)

### **Abstrak**

Kegiatan pengabdian masyarakat ini dilaksanakan bersama Kelompok Tani Ngudi Makmur I, Desa Sukosari, Kecamatan Jumantono, Kabupaten Karanganyar. Tujuan kegiatan adalah untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan petani dalam mengelola sumber daya lokal guna mendukung pertanian berkelanjutan. Program difokuskan pada dua aspek utama, yaitu pembuatan pupuk kompos berbasis bahan organik lokal dan penerapan budidaya kacang hijau (*Vigna radiata*) sebagai tanaman pangan bernilai gizi tinggi. Metode yang digunakan meliputi sosialisasi, pelatihan partisipatif, dan pendampingan lapangan. Pendekatan ini dirancang agar petani memperoleh tidak hanya pemahaman teoritis, tetapi juga pengalaman praktik langsung dalam proses produksi kompos maupun budidaya kacang hijau. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa kompos yang dihasilkan memiliki kualitas baik (tekstur remah, warna gelap, tidak berbau, dan siap diaplikasikan). Budidaya kacang hijau dengan pemupukan kompos memperlihatkan pertumbuhan vegetatif dan generatif yang optimal. Kombinasi pupuk sintetik dan organik dengan dosis 10–20 t/ha terbukti paling efektif dalam meningkatkan jumlah biji per polong dan hasil biji dibandingkan perlakuan lain. Program ini terbukti membantu petani mengatasi mahalnya harga pupuk kimia, karena kompos berbasis lokal dapat menjadi alternatif murah dan ramah lingkungan. Respon petani sangat positif, sebab kegiatan ini memberi solusi nyata dalam menekan biaya produksi, meningkatkan kesuburan tanah, serta memperkuat diversifikasi usaha tani. Dengan demikian, kegiatan ini berkontribusi pada pembangunan kemandirian petani sekaligus peningkatan produktivitas pertanian berbasis potensi lokal.

**Kata Kunci:** kemandirian petani, diversifikasi pangan, keberlanjutan, pemberdayaan masyarakat

---

### **PENDAHULUAN**

Pertanian berkelanjutan semakin menjadi kebutuhan mendesak seiring menipisnya ketersediaan pupuk sintetik dan meningkatnya biaya produksi pertanian. Perubahan pada input pertanian penting, seperti pupuk, dapat memengaruhi rantai pasok pangan (Morão, 2025). Ketergantungan petani pada pupuk kimia membawa konsekuensi terhadap kesehatan tanah, kesehatan manusia (Tagkas et al., 2024), dan keberlanjutan usaha tani. Oleh karena itu, dibutuhkan alternatif pemupukan yang ramah lingkungan dan ekonomis, salah satunya melalui pemanfaatan pupuk organik berbasis sumber daya lokal. Pupuk organik berperan penting dalam memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kandungan bahan organik, serta menjaga keseimbangan mikroba tanah yang mendukung pertumbuhan tanaman. Optimasi penggunaan pupuk organik pada lahan pertanian diperlukan untuk meningkatkan produktivitas tanaman dan kesehatan tanah (Zhou et al., 2022).

Salah satu kendala utama yang dihadapi petani adalah kurangnya pemahaman mengenai proses pembuatan pupuk organik yang memenuhi standar mutu. Bahan organik seperti seresah daun, kotoran ternak, maupun sisa tanaman sebenarnya sangat melimpah di sekitar lahan pertanian, namun belum banyak diolah menjadi pupuk organik yang siap digunakan. Proses pengomposan atau dekomposisi bahan organik memerlukan pemahaman mengenai teknik,

bahan tambahan, serta kondisi lingkungan yang tepat agar menghasilkan kompos berkualitas. Banyak faktor yang memengaruhi kualitas kompos, sehingga diperlukan pengetahuan dan pemahaman yang baik mengenai proses pengomposan (Azim et al., 2018).

Kegiatan pengabdian masyarakat bersama Kelompok Tani Ngudi Makmur I di Desa Sukosari, Kecamatan Jumantono, Kabupaten Karanganyar, diarahkan untuk menjawab tantangan tersebut. Sosialisasi, pelatihan, dan demonstrasi pembuatan kompos dilaksanakan untuk meningkatkan keterampilan petani dalam memanfaatkan bahan organik lokal. Program ini juga mengintegrasikan penggunaan kompos pada budidaya kacang hijau (*Vigna radiata*) sebagai salah satu komoditas pangan yang bernilai gizi tinggi dan mudah dibudidayakan.

Budidaya kacang hijau dipilih karena memiliki siklus hidup yang relatif singkat, dapat tumbuh di berbagai kondisi lahan, serta kaya protein nabati yang penting bagi ketahanan pangan masyarakat. Kacang hijau dikenal sebagai pangan yang menyehatkan bagi tubuh (Hou et al., 2019). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa konsumsi kacang hijau selama enam minggu memberikan manfaat signifikan bagi orang dewasa paruh baya yang sehat, terutama melalui peningkatan aktivitas enzim antioksidan dan penurunan ekspresi mediator inflamasi (Muchimapura et al., 2024).

Melalui penerapan pupuk kompos lokal pada tanaman kacang hijau, diharapkan petani memperoleh pengalaman langsung dalam melihat manfaat penggunaan pupuk organik. Sehingga, kegiatan ini tidak hanya berorientasi pada peningkatan produktivitas tanaman, tetapi juga mendorong kemandirian petani, menekan biaya produksi, dan mendukung pembangunan pertanian berkelanjutan.

## METODE

Pengabdian kepada masyarakat ini diawali dengan sosialisasi pada tanggal 7 Mei 2025 yang dihadiri oleh 20 peserta dari Kelompok Tani Ngudi Makmur I. Kegiatan ini menyampaikan pentingnya pupuk organik, cara pembuatan, serta manfaat bagi tanah dan tanaman. Sosialisasi juga menampilkan contoh bahan dan alat pembuatan kompos seperti *compost bag*, EM4, molase, dan bahan organik lokal. Selanjutnya, demonstrasi pembuatan kompos secara langsung dilakukan dengan memanfaatkan kotoran sapi, tanah bawah bambu, bekatul, buah dan sayuran busuk, molase, serta EM4 sebagai sumber mikroba dekomposer.

Tahap berikutnya adalah praktik lanjutan di rumah masing-masing petani dengan menggunakan bahan utama seresah dedaunan. Petani diberikan *compost bag* untuk mempermudah proses pengomposan secara mandiri. Setelah kompos matang, uji aplikatif dilakukan pada budidaya kacang hijau dengan beberapa perlakuan pemupukan (kontrol tanpa pupuk, pupuk kimia, kombinasi kompos dan pupuk kimia dalam dosis berbeda, serta kompos tunggal). Selain itu, pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman kacang hijau juga diamati serta hasilnya disampaikan pada peserta. Metode ini dipilih agar petani memperoleh keterampilan praktis sekaligus bukti nyata manfaat penggunaan kompos berbasis lokal.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sosialisasi

Kegiatan sosialisasi (Gambar 1.) pengabdian masyarakat bersama Kelompok Tani Ngudi Makmur I di Dusun Bakaran, Desa Sukosari, Kecamatan Jumantono, Kabupaten Karanganyar, diawali dengan pengenalan pentingnya pupuk organik sebagai solusi atas keterbatasan pupuk

kimia. Tim pengabdian menjelaskan bahwa bahan organik lokal yang mudah dijumpai seperti daun, jerami, kotoran ternak, serta limbah dapur dapat dimanfaatkan kembali menjadi pupuk organik berkualitas melalui proses pengomposan. Berbagai bahan organik seperti sisa tanaman, limbah dapur, kotoran ternak, serta bahan kaya karbon dan nitrogen dapat digunakan dalam proses pengomposan untuk menghasilkan kompos yang berkualitas (Azim et al., 2018; Yunindanova et al., 2014; Yunindanova et al., 2020).

Sebagai inovasi sederhana, peserta diperkenalkan pada *compos bag* (Gambar 2.), yaitu kantong khusus yang dapat digunakan untuk membuat kompos secara praktis di rumah. Konsep *compos bag* menekankan pemanfaatan bahan lokal yang tersedia di sekitar petani dengan memperhatikan rasio bahan hijau (sisa sayuran, rumput, limbah dapur segar) dan bahan coklat (jerami kering, ranting, serbuk gergaji, atau dedaunan kering). Rasio seimbang antara bahan hijau sebagai sumber nitrogen dan bahan coklat sebagai sumber karbon menjadi kunci keberhasilan dalam menghasilkan kompos berkualitas (Kumar et al. 2010).

Melalui metode ini, petani diharapkan lebih mudah dan termotivasi untuk membuat kompos secara mandiri, karena prosesnya sederhana, tidak membutuhkan lahan luas, serta bisa dilakukan secara berkelanjutan. Respon peserta terhadap pengenalan *compos bag* sangat positif, karena mereka melihat metode ini sebagai solusi nyata yang sesuai dengan kondisi lapangan sekaligus mendukung upaya pertanian berkelanjutan.



**Gambar 1.** Proses sosialisasi



**Gambar 2.** Pemberian *Compost Bag*

### **Pelatihan Partisipatif**

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat dilanjutkan dengan pelatihan partisipatif pembuatan kompos berbasis bahan lokal yang diikuti oleh anggota Kelompok Tani. Pelatihan ini dirancang agar peserta tidak hanya menerima teori, tetapi juga secara langsung mempraktikkan tahapan pengomposan dengan bahan yang tersedia di lingkungan sekitar.

Tahapan pelatihan (Gambar 3.) dimulai dari persiapan bahan utama berupa kotoran sapi, seresah daun, dan sayuran busuk yang berasal dari sumber lokal. Bahan organik hijau dan coklat kemudian dicampur dengan bahan tambahan seperti bekatul dan tanah bawah rumpun bambu untuk memperkaya populasi mikroba pengurai. Selanjutnya, larutan dekomposer berupa EM4 yang telah dicampur dengan molase ditambahkan ke dalam bahan untuk mempercepat proses fermentasi. Peserta dilibatkan secara langsung dalam proses pencampuran, penataan lapisan bahan, hingga penyiraman agar kelembapan tetap terjaga.



**Gambar 3.** Proses pelatihan pembuatan kompos dengan pelatihan partisipatif

Proses ini dilakukan secara berkelompok dengan suasana gotong royong, sehingga setiap peserta berkesempatan memahami secara detail langkah-langkah yang harus dilakukan. Pada akhir kegiatan, calon kompos ditutup dengan terpal untuk menjaga kondisi dekomposisi. Sebagai penutup, peserta bersama tim pengabdian melakukan dokumentasi bersama. Melalui pelatihan partisipatif ini, petani tidak hanya memperoleh keterampilan teknis, tetapi juga keyakinan bahwa pembuatan pupuk organik dengan metode sederhana dan berbasis lokal dapat dilakukan secara mandiri, murah, dan berkelanjutan.

#### **Pendampingan Budidaya Kacang Hijau dengan Penggunaan Kompos**

Kegiatan pengabdian masyarakat tidak hanya berhenti pada tahap pelatihan pembuatan kompos, tetapi juga dilanjutkan dengan pendampingan budidaya kacang hijau (*Vigna radiata*) menggunakan kompos yang telah dihasilkan. Kacang hijau merupakan sumber protein dan nutrisi penting yang banyak dibudidayakan di Asia dan kini mulai berkembang ke berbagai wilayah lain. Komoditas ini berperan dalam diversifikasi sistem pangan global sekaligus peningkatan gizi masyarakat (Wang et al., 2022; Price et al., 2022). Untuk mencapai produktivitas dan mutu biji yang optimal, aspek pemupukan menjadi faktor penting yang tidak dapat diabaikan (Silva Volpato et al., 2025).

Tahap awal pendampingan dimulai dengan persiapan media tanam berupa tanah yang telah dicampur dengan kompos. Campuran ini kemudian dimasukkan ke dalam polybag sebagai wadah tanam, dengan tujuan memberikan kondisi media yang subur dan kaya unsur hara. Setelah media tanam siap (Gambar 4A.), peserta bersama tim pengabdian melakukan penanaman benih kacang hijau secara langsung. Proses penanaman dilakukan dengan teknik sederhana, di mana benih ditempatkan pada media tanam sedalam  $\pm 2$  cm, kemudian ditutup

tipis dengan tanah. Pendampingan ini dilakukan secara partisipatif, sehingga setiap anggota kelompok tani terlibat aktif dalam proses pengisian polybag, penataan, hingga penanaman benih.

Tahap selanjutnya adalah pemeliharaan awal (Gambar 4B.), meliputi penyiraman rutin dan pengamatan pertumbuhan benih. Melalui kegiatan ini, petani memperoleh pemahaman praktis mengenai manfaat penggunaan kompos terhadap pertumbuhan tanaman, sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia. Respon peserta sangat positif karena kegiatan ini menunjukkan hasil nyata dari siklus lengkap: mulai dari pengolahan bahan organik menjadi kompos hingga aplikasinya pada budidaya kacang hijau.



**Gambar 4.** Pendampingan budidaya kacang hijau dengan penggunaan kompos. (A) Persiapan media tanam dengan mencampur tanah dan kompos, pengisian ke dalam polybag berukuran 35 x 35 cm, serta penanaman benih, masing-masing 2 benih secara partisipatif oleh anggota kelompok tani. (B) Pemeliharaan awal tanaman kacang hijau melalui penyiraman dan pengamatan pertumbuhan benih pada media berbasis kompos.

Hasil penggunaan kompos pada tanaman kacang hijau selanjutnya diamati. Hasil menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan vegetatif kacang hijau (Tabel 1.). Tanpa pemupukan menghasilkan tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, panjang, dan lebar daun yang terendah. Pemberian pupuk sintetik mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman secara signifikan dibandingkan tanpa pupuk, khususnya pada tinggi tanaman dan jumlah daun. Menariknya, kombinasi pupuk sintetik dengan pupuk organik, terutama pada dosis 20–30 t/ha, memperlihatkan peningkatan yang lebih baik pada panjang dan lebar daun. Hal ini menunjukkan adanya peran pupuk organik dalam memperbaiki ketersediaan hara dan mendukung perkembangan vegetatif.

Pada parameter hasil dan bobot brangkas (Tabel 2.), hasil pengamatan yang dilanjutkan dengan pengolahan data menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan berpengaruh nyata terhadap jumlah biji per polong, bobot 1000 biji, hasil biji per lubang tanam, serta bobot segar dan kering brangkas kacang hijau. Tanpa pupuk menghasilkan nilai terendah pada semua variabel. Pemberian pupuk sintetik secara tunggal meningkatkan hasil secara signifikan, terutama pada bobot segar brangkas (37,08 g) dan bobot kering brangkas (6,78 g). Kombinasi pupuk sintetik dengan pupuk organik dosis 10–20 t/ha menghasilkan jumlah biji

per polong (7,50–7,63) dan hasil biji per lubang tanam (27,70–28,73 g) tertinggi dibandingkan perlakuan lain. Hal ini menunjukkan adanya sinergi antara pupuk sintetik dan organik dalam meningkatkan produktivitas kacang hijau.

**Tabel 1.** Pengaruh pupuk sintetik dan organik pada pertumbuhan kacang hijau

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun	Diameter Batang (mm)	Panjang Daun (cm)	Lebar Daun (cm)
Tanpa Pupuk	19,00 a	6,50 a	1,50 a	4,25 a	2,45 a
Pupuk Sintetik	26,50 b	9,50 b	2,00 a	5,38 b	3,25 ab
Pupuk Sintetik + Organik 10 t/ha	24,38 ab	9,50 b	2,25 a	6,18 b	4,13 bcd
Pupuk Sintetik + Organik 20 t/ha	24,50 ab	11,00 b	2,50 a	6,88 b	4,56 cd
Pupuk Sintetik + Organik 30 t/ha	27,63 b	10,25 b	2,00 a	6,88 b	5,00 d
Pupuk Organik 30 t/ha	25,00 ab	11,75 b	1,75 a	5,23 b	3,43 abc

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama dalam kolom tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 0,05.

**Tabel 2.** Pengaruh pupuk sintetik dan organik pada bobot brangkasan dan hasil kacang hijau

Perlakuan	Jumlah biji per polong	Bobot 1000 biji (g)	Hasil biji per lubang tanam (g)	Bobot segar brangkasan (g)	Bobot kering brangkasan (g)
Tanpa Pupuk	2,07 a	23,46 a	2,60 a	3,30 a	0,75 a
Pupuk Sintetik	5,20 b	27,75 a	19,38 ab	37,08 b	6,78 c
Pupuk Sintetik + Organik 10 t/ha	7,63 b	45,88 a	27,70 b	46,45 b	5,47 bc
Pupuk Sintetik + Organik 20 t/ha	7,50 b	50,55 a	28,73 b	40,80 b	5,01 bc
Pupuk Sintetik + Organik 30 t/ha	6,10 b	46,45 a	16,98 ab	23,63 ab	4,93 bc
Pupuk Organik 30 t/ha	6,58 b	45,67 a	17,70 ab	26,48 ab	3,26 ab

Keterangan: Angka yang diikuti huruf sama dalam kolom tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT 0,05.

Sementara itu, pemberian pupuk organik tunggal (30 t/ha) memberikan peningkatan hasil dibanding tanpa pupuk, meskipun relatif lebih rendah dibandingkan kombinasi dengan pupuk sintetik. Secara keseluruhan, kombinasi pupuk sintetik dengan pupuk organik pada dosis 10–20 t/ha memberikan pengaruh terbaik terhadap pertumbuhan dan hasil kacang hijau. Hal ini menunjukkan pentingnya integrasi pupuk organik dalam sistem pemupukan berkelanjutan.

### Keunggulan dan Tantangan Pengabdian

Pengabdian ini menggunakan sistem partisipatif, yaitu sebuah pendekatan yang menempatkan petani sebagai mitra aktif dalam setiap proses kegiatan (Méndez et al., 2017). Sistem ini memiliki keunggulan karena mampu menghasilkan pengetahuan bersama (*co-created knowledge*) yang tidak hanya bersifat teoritis, tetapi juga praktis, aplikatif, dan dapat langsung ditindaklanjuti oleh petani di lapangan. Dengan prinsip *complexity thinking*, setiap persoalan pertanian dipahami dalam konteks nyata sesuai kondisi sosial, budaya, dan ekologi masyarakat. Hal ini memungkinkan terciptanya solusi yang adaptif dan relevan dengan kebutuhan petani.

Selain itu, sistem partisipatif juga mendorong terjadinya transformasi sosial, karena petani memperoleh pengalaman langsung dalam proses pembelajaran, sekaligus merasakan manfaat nyata dari inovasi yang diterapkan. Petani tidak lagi diposisikan sebagai objek, melainkan sebagai pemilik pengetahuan dan pengalaman yang sejajar dengan peneliti maupun penyuluh.

Dengan demikian, hasil pengabdian menjadi lebih inklusif, berkelanjutan, serta memperkuat ketahanan pertanian dan kesejahteraan masyarakat tani (Prajapati et al., 2025).

Namun demikian, pendekatan ini tetap menghadapi tantangan. Keterbatasan modal, sarana, dan prasarana yang dimiliki petani masih menjadi hambatan yang perlu diatasi. Oleh karena itu, diperlukan pendampingan berkelanjutan agar pengetahuan dan keterampilan yang sudah diperoleh dapat terus diaplikasikan dalam jangka panjang. Dengan dukungan berbagai pihak, sistem partisipatif diyakini tetap menjadi jalan yang efektif, berkelanjutan, dan relevan dalam mendukung pembangunan pertanian di tingkat akar rumput.

## KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian masyarakat ini berhasil meningkatkan pengetahuan dan keterampilan petani dalam membuat serta memanfaatkan kompos berbasis bahan lokal. Aplikasi kompos pada budidaya kacang hijau terbukti mendukung pertumbuhan tanaman dan mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia. Program ini memberikan kontribusi nyata dalam menekan biaya produksi dan mendukung pertanian berkelanjutan berbasis potensi lokal.

## SARAN

Pendampingan lanjutan perlu dilakukan agar petani konsisten dalam memproduksi dan menggunakan kompos lokal. Selain itu, pengembangan kegiatan sebaiknya diperluas pada komoditas lain untuk memperkuat penerapan pertanian berkelanjutan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Sebelas Maret (UNS) melalui Hibah Grup Riset Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM HGR-UNS) Tahun 2025 dengan Nomor Kontrak 370/UN27.22/PT.01.03/2025, yang telah memberikan dukungan pendanaan sehingga kegiatan pengabdian masyarakat berjudul “Pembuatan Kompos dan Aplikasinya pada Budidaya Tanaman Kacang Hijau” dapat terlaksana dengan baik. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Kelompok Tani Ngudi Makmur I, Desa Sukosari, Kecamatan Jumantono, Kabupaten Karanganyar atas partisipasi aktif dalam kegiatan ini.

## REFERENSI

- Azim, K., Soudi, B., Boukhari, S., Perissol, C., Roussos, S., & Alami, I. T. 2018. Composting parameters and compost quality: A literature review. *Organic Agriculture*, 8(2): 141–158. DOI: 10.1007/s13165-017-0180-z.
- Hou, D., Yousaf, L., Xue, Y., Hu, J., Wu, J., Hu, X., Feng, N., & Shen, Q. 2019. Mung bean (*Vigna radiata* L.): Bioactive polyphenols, polysaccharides, peptides, and health benefits. *Nutrients*, 11(1238). DOI:10.3390/nu11061238.
- Kumar, M., Ou, Y., & Lin, J. 2010. Co-composting of green waste and food waste at low C/N ratio. *Waste Management*. 30(4): 602–609. DOI: 10.1016/j.wasman.2009.12.005.
- Méndez, V. E., Caswell, M., Gliessman, S. R., & Cohen, R. 2017. Integrating agroecology and participatory action research (PAR): Lessons from Central America. *Sustainability*. 9(5): 705. DOI: 10.3390/su9050705.
- Morão, H. 2025. The economic consequences of fertilizer supply shocks. *Food Policy*, 133: 102835. DOI: 10.1016/j.foodpol.2025.102835.

- Muchimapura, S., Thukhammee, W., Phuthong, S., Potue, P., Khamseekaew, J., Tong-un, T., & Sangartit, W. 2024. Mung bean functional protein enhances endothelial function via antioxidant activity and inflammation modulation in middle-aged adults: A randomized double-blind trial. *Foods*. 13(21): 3427. DOI:10.3390/foods13213427.
- Prajapati, C. S., Priya, N. K., Bishnoi, S., Vishwakarma, S. K., Buvaneswari, K., Shastri, S., Tripathi, S., & Jadhav, A. 2025. The role of participatory approaches in modern agricultural extension: Bridging knowledge gaps for sustainable farming practices. *Journal of Experimental Agriculture International*. 47(2): 204–222. DOI:10.9734/jeai/2025/v47i23281.
- Price, D., Jackson, K. G., Lovegrove, J. A., & Givens, D. I. 2022. The effects of whey proteins, their peptides and amino acids on vascular function. *Nutrition Bulletin*. 47(1): 9–26. DOI:10.1111/nbu.12553.
- Silva Volpato, N., Gomez, F. M., Giménez, V. D., & others. 2025. A global dataset on mungbean for managing seed yield and quality. *Scientific Data*. 12, 658. DOI:10.1038/s41597-025-05016-6.
- Tagkas, C. F., Rizos, E. C., Markozannes, G., Karalexi, M. A., Wairegi, L., & Ntzani, E. E. 2024. Fertilizers and human health—A systematic review of the epidemiological evidence. *Toxics*. 12(10): 694. DOI:10.3390/toxics12100694.
- Wang, Y., Hill, E. R., Campbell, W. W., & O'Connor, L. E. 2022. Plant- and animal-based protein-rich foods and cardiovascular health. *Current Atherosclerosis Reports*. 24:197–213. DOI:10.1007/s11883-022-00999-5.
- Yunindanova, M. B., Agusta, H., & Asmono, D. 2014. The effect of maturity level of empty fruit bunch compost and mulch from palm oil waste to tomato productivity in Ultisol soil. *Sains Tanah–Journal of Soil Science and Agroclimatology*, 10(2): 91–99. DOI:10.15608/stjssa. v10i2.144.
- Yunindanova, M. B., Supriyono, S., & Hertanto, B. S. 2020. Pengolahan gulma invasif enceng gondok menjadi pupuk organik layak pasar sebagai solusi masalah Rawa Pening. *PRIMA: Journal of Community Empowering and Services*. 4(2). DOI:jurnal.uns.ac.id/prima/article/view/42053.
- Zhou, Z., Zhang, S., Jiang, N., Xiu, W., Zhao, J., & Yang, D. 2022. Effects of organic fertilizer incorporation practices on crops yield, soil quality, and soil fauna feeding activity in the wheat-maize rotation system. *Frontiers in Environmental Science*. 10: 1058071. DOI:10.3389/fenvs.2022.1058071.