

***Sustainable Food House* Berbasis Tomat Organik sebagai Model Pemberdayaan Dasa Wisma dalam Mendukung Ketahanan Pangan Desa**

Puji Harsono^{1*}, Sulandjari¹, Eddy Tri Haryanto¹, dan Mercy Bientri Yunindanova¹

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret

*Email: pujiharsono@staff.uns.ac.id

Abstrak

Tomat merupakan salah satu komoditas hortikultura penting yang menawarkan nilai gizi tinggi, manfaat ekonomi, dan potensi pasar yang besar. Namun, budidaya tomat masih sangat bergantung pada input kimia yang memiliki dampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan. Untuk mengatasi tantangan ini dan mendukung ketahanan pangan lokal di desa, Program Kemitraan Masyarakat (PKM) tahun 2025 dilaksanakan bekerja sama dengan mitra Dasa Wisma (Dawis) Johosari I, Sukoharjo, Jawa Tengah. Program ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan anggota Dawis dalam budidaya tomat organik melalui pendekatan *experiential learning*. Kegiatan meliputi pelatihan penggunaan bahan organik, teknik pembibitan, produksi biochar dari sekam padi menggunakan pirolisis, aplikasi jamur mikoriza arbuskular, serta identifikasi dan pengendalian hama dan penyakit utama menggunakan nanobiopestisida yang terbuat dari minyak sereh, dan panen dan pasca panen. Hasil kegiatan menunjukkan keberhasilan anggota Dawis dalam memproduksi bibit tomat organik dengan tingkat perkecambahan sebesar 85% dan rata-rata waktu perkecambahan 7 hari. Mereka juga berhasil menghasilkan biochar 100% utuh dari kulit padi. Selain itu, anggota Dawis mampu mengidentifikasi dan mengendalikan hama serta penyakit utama seperti ulat grayak, kutu daun, layu fusarium, dan antraknosa. Peserta juga mempraktikkan kriteria panen, teknik panen, dan penanganan pasca panen sesuai dengan pedoman *Good Handling Practices* (GHP). Secara keseluruhan, kegiatan ini tidak hanya meningkatkan kapasitas Dawis dalam budidaya tomat organik tetapi juga berkontribusi dalam memperkuat ketahanan pangan di desa dengan mempromosikan praktik pertanian yang sehat dan ramah lingkungan di tingkat komunitas.

Kata Kunci: biochar, *experiential learning*, ketahanan pangan desa, nanobiopestisida, tomat organik

PENDAHULUAN

Ketahanan pangan merupakan salah satu isu utama dalam pembangunan pedesaan yang berkelanjutan. Tidak hanya dari sisi ketersediaan makanan, ketahanan pangan juga menyangkut akses harga yang terjangkau, kualitas gizi, dan pemanfaatan sumber daya alam secara lestari. Ketahanan pangan rumah tangga di komunitas pedesaan sangat bergantung pada produksi pertanian lokal (Garrity et al., 2024). Banyak daerah pedesaan di Indonesia menghadapi tantangan seperti terbatasnya lahan produktif, biaya input pertanian yang tinggi, khususnya pupuk dan pestisida kimia (Hasibuan et al., 2022), rendahnya akses terhadap benih unggul, serta menurunnya ketertarikan generasi muda terhadap pertanian (Ngadi et al., 2023) sehingga ketergantungan pada pasokan luar desa meningkat dan ketahanan pangan lokal menjadi rentan.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, model pemberdayaan masyarakat yang memanfaatkan potensi lokal sangat dibutuhkan. Dasa Wisma sebagai unit terkecil dalam organisasi kemasyarakatan memiliki peluang strategis dalam memperkuat ketahanan pangan di tingkat keluarga melalui peran ibu rumah tangga. Akan tetapi, potensi ini masih belum optimal karena keterbatasan pengetahuan teknik, kurangnya akses informasi tentang praktik pertanian berkelanjutan, dan minimnya pendampingan secara kontinu.

Tomat dipilih sebagai fokus dalam pengembangan *Sustainable Food House* karena beberapa alasan. Pertama, tomat termasuk komoditas hortikultura yang memiliki nilai gizi tinggi, mengandung vitamin, mineral, dan senyawa antioksidan seperti likopen sehingga dapat membantu pemenuhan kebutuhan gizi masyarakat. Kedua, permintaan pasar tomat relatif stabil dan terus meningkat di Indonesia, serta terdapat peluang ekonomi yang cukup menjanjikan bagi petani kecil (Fhira et al., 2018). Permasalahan utama dalam produksi tomat di Indonesia tampaknya terletak pada rendahnya kuantitas hasil produksi, inkonsistensi kualitas yang dihasilkan, serta belum terjaminnya kontinuitas pasokan sepanjang tahun (Saptana et al., 2023). Ketiga, budidaya tomat secara organik memungkinkan penggunaan sumber daya lokal dan pengurangan ketergantungan pada input kimia, yang sejalan dengan tuntutan pertanian ramah lingkungan dan keberlanjutan.

Experiential learning merupakan sebuah filosofi pendidikan yang menekankan bahwa pengalaman hidup, pendidikan, dan pekerjaan seseorang berperan sentral dalam proses belajar serta pemahaman terhadap pengetahuan baru (Fry, Ketteridge, & Marshall, 2009; Kolb & Kolb, 2009). Pembelajaran akan lebih efektif apabila peserta dilibatkan secara langsung dalam kegiatan nyata, seperti praktik lapangan, proyek, kerja terintegrasi, maupun pemberdayaan masyarakat, bukan hanya menerima pengetahuan secara pasif. Filosofi ini bersifat holistik karena memandang proses belajar sebagai perpaduan antara teori, pengalaman personal, refleksi, dan penerapan praktis. Dalam kerangka ini, personalisasi proses belajar menjadi penting, karena setiap individu memiliki kebutuhan, minat, latar belakang, dan pengalaman yang berbeda, sehingga pembelajaran tidak dilakukan dengan pola seragam, melainkan memberi ruang bagi peserta untuk mengaitkan pengalaman pribadinya dengan materi baru yang dipelajari. Pendekatan ini sangat relevan diterapkan dalam kegiatan pengabdian masyarakat karena memungkinkan peserta seperti kelompok tani atau Dasa Wisma untuk belajar dari praktik langsung yang sesuai dengan konteks lokal mereka, sehingga hasilnya lebih aplikatif, berkelanjutan, dan berdampak nyata bagi komunitas.

Dengan demikian, pengembangan *Sustainable Food House* berbasis tomat organik di Dasa Wisma diharapkan dapat menjadi solusi konkret dalam memperkuat ketahanan pangan desa. Model ini tidak hanya diarahkan pada peningkatan produktivitas pertanian, tetapi juga pada peningkatan kemandirian pangan keluarga, ekonomi rumah tangga yang lebih stabil, serta lingkungan yang lebih sehat.

METODE

Program Kemitraan Masyarakat (PKM) tahun 2025 dilaksanakan bekerja sama dengan mitra Dasa Wisma (Dawis) Johosari I, Sukoharjo, Jawa Tengah. Pendekatan yang digunakan adalah *experiential learning*, yaitu pembelajaran berbasis pengalaman langsung. Melalui pendekatan ini, anggota Dawis tidak hanya menerima teori, tetapi juga berlatih secara praktis dalam setiap tahapan budidaya tomat organik. Tahapan kegiatan diawali dengan sosialisasi konsep *Sustainable Food House* berbasis tomat organik, dilanjutkan dengan pelatihan intensif mengenai teknik penggunaan bahan organik sebagai pupuk dasar, proses pembibitan, dan pembuatan biochar dari sekam padi melalui teknologi pirolisis sederhana.

Selanjutnya, kegiatan difokuskan pada peningkatan keterampilan teknis melalui pendampingan budidaya. Anggota Dawis (Dasa Wisma) dilatih dalam aplikasi jamur mikoriza arbuskular untuk meningkatkan serapan hara tanaman, serta diajarkan teknik identifikasi dan

pengendalian hama serta penyakit utama tomat menggunakan nanobiopestisida berbahan minyak sereh. Evaluasi dilakukan dengan observasi lapangan, wawancara, dan penilaian keberhasilan pertumbuhan tanaman serta keterampilan anggota Dawis dalam menerapkan teknik organik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sosialisasi

Kegiatan sosialisasi diawali dengan penyuluhan mengenai pemanfaatan bahan organik dan pangan organik pada budidaya tomat. Materi yang disampaikan mencakup topik penting seperti pembibitan tomat organik, pengendalian hama dan penyakit utama tanaman tomat secara organik dengan pendekatan Pengendalian Hama Terpadu (PHT), serta prinsip-prinsip dasar budidaya yang ramah lingkungan. Pelaksanaan penyuluhan berjalan dengan antusiasme tinggi, terlihat dari peran serta aktif para peserta dalam sesi diskusi. Beberapa pertanyaan yang diajukan kepada Tim PKM HGR menunjukkan ketertarikan sekaligus kebutuhan informasi praktis di lapangan, antara lain: (a) apa kelebihan hasil panen tomat organik dibandingkan dengan tomat anorganik, (b) apakah media untuk pembibitan tomat organik boleh dicampur dengan pupuk kimia, (c) jenis insektisida apa yang diizinkan untuk memberantas kutu keriting daun (Aphids), dan (d) bagaimana gejala serangan jamur pada tanaman tomat.

Sosialisasi ini menjadi landasan penting sebelum pelatihan teknis. Kegiatan ini memberi pemahaman utuh tentang urgensi pertanian organik. Peserta juga termotivasi untuk menerapkan praktik berkelanjutan di lahan mereka. Pembangunan pertanian berkelanjutan memerlukan pemberdayaan dan keterlibatan seluruh pelaku dalam rantai produksi dan distribusi (Kusnandar, et al., 2019). Dokumentasi kegiatan sosialisasi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses sosialisasi

Pelatihan Partisipatif: Teknologi Budidaya Tomat dari Media Tanam hingga Panen

Pelatihan partisipatif dalam program PKM HGR UNS 2025 bertujuan membekali anggota Pokdawis Johosari I dengan keterampilan praktis budidaya tomat organik. Kegiatan dimulai dengan pembibitan tomat (Gambar 2.) menggunakan teknik yang memastikan bibit vigor dan memiliki viabilitas baik. Proses pembibitan ini dilengkapi dengan aplikasi jamur mikoriza arbuskula untuk meningkatkan daya serap hara tanaman serta memperbaiki kualitas pertumbuhan. Tanaman bermikoriza lebih tahan dibandingkan tanaman tanpa inokulasi, ditunjukkan dengan biomassa lebih tinggi, kandungan N dan P yang lebih besar, serta peningkatan aktivitas enzim pertahanan (Zhang et al. 2022). Hasil pembibitan menunjukkan daya kecambah tinggi (85%) dan kecepatan berkecambah yang sesuai dengan standar varietas tomat. Hal ini menandakan keberhasilan peserta dalam menerapkan teknik dasar pembibitan.

Selanjutnya, peserta dilatih membuat arang sekam sebagai salah satu input organik penting dalam media tanam (Gambar 3.). Pembuatan arang sekam dilakukan dengan teknik pyrolysis menggunakan pembakaran terkontrol tanpa oksigen. Arang bio sekam yang dihasilkan berfungsi sebagai sumber karbon sekaligus media yang menjaga kelembaban tanah. Hasil praktik menunjukkan keberhasilan peserta menghasilkan arang sekam berkualitas tinggi, yang kemudian diaplikasikan pada lahan bedengan untuk mendukung pertumbuhan tomat organik.

Sebagai produk utama pirolisis, arang (biochar) dari sekam padi terbukti efektif berfungsi sebagai adsorben senyawa organik kompleks pada beragam kondisi suhu. biochar arang sekam mampu menyerap polutan karena kombinasi struktur mikropori, luas permukaan besar, adanya gugus fungsional aktif di permukaan, serta afinitas kimia yang kuat terhadap molekul organik kompleks, yang semuanya diperkuat oleh proses pirolisis pada suhu optimal (Herrera et al., 2022).



Gambar 2. Kegiatan pembibitan tomat

Peserta juga dilatih untuk mengidentifikasi hama dan penyakit utama tanaman tomat melalui observasi lapangan di lahan demplot yang disediakan tim pengabdian (Gambar 4.). Beberapa gejala serangan hama dan penyakit berhasil diamati di lapangan. Ulat buah (*Helicoverpa armigera*) merusak buah tomat yang masih muda. Kutu daun (Aphids) menempel pada daun, menyebabkan keriting, sekaligus menjadi vektor penyakit. Tanaman juga menunjukkan gejala layu yang mengindikasikan adanya penyakit tular tanah. Selain itu, terdapat bercak hitam pada buah tomat yang menandakan serangan jamur seperti Anthracnose atau Alternaria.



Gambar 3. Kegiatan pembuatan arang sekam

Setelah proses identifikasi, peserta kemudian diarahkan pada tahap pengendalian hama dan penyakit menggunakan pendekatan ramah lingkungan berbasis nanobiopestisida minyak serai wangi. Minyak esensial ini mengandung senyawa sitronela yang terbukti efektif sebagai pengusir kutu daun, pengendali penggerek buah, serta memiliki sifat antifungi dan antibakteri alami. Minyak esensial serai wangi (*Cymbopogon nardus/citratatus*) kaya senyawa aktif seperti sitronelal, sitronelol, dan geraniol, efektif sebagai penolak dan pengendali hama (termasuk aphids) serta penggerek buah, dan juga memiliki sifat antifungi serta antibakteri (Caballero-Gallardo et al., 2023; Istianto et al., 2025; Gao et al., 2020; Valková et al., 2022). Dengan metode ini, mereka belajar langsung bagaimana menekan serangan hama dan penyakit tanpa pestisida sintesis, sehingga budidaya tomat tetap aman, sehat, dan berkelanjutan. Tahapan ini sekaligus menanamkan kesadaran akan pentingnya deteksi dini gejala serangan serta keterampilan menerapkan pengendalian organik yang efektif dan berkesinambungan.



Gambar 4. Proses identifikasi hama dan penyakit utama melalui observasi lapangan

Pelatihan juga menekankan pentingnya pemahaman kriteria panen tomat. Peserta diperkenalkan pada cara penilaian panen secara visual, fisik, maupun menggunakan metode sederhana di lapangan (Gambar 5.). Pendekatan *experiential learning* memungkinkan peserta langsung mempraktikkan teknik panen sesuai prinsip *Good Handling Practices (GHP)*. *Good Handling Practices (GHP)* sangat penting diterapkan karena buah dan sayuran merupakan komoditas yang mudah rusak sehingga memerlukan penanganan yang hati-hati. Di negara berkembang, kerugian pascapanen dalam jumlah besar kerap terjadi akibat praktik penanganan yang tidak tepat (Palumbo et al., 2022; Kunwar et al. 2024). Dengan demikian, hasil panen tomat dapat dijaga mutunya dan bernilai jual lebih tinggi, sekaligus meminimalisasi kehilangan hasil akibat panen yang kurang tepat.

Sebagai rangkaian akhir, peserta diajak memahami tahapan pascapanen sederhana. Salah satunya melalui praktik pengolahan tomat segar menjadi jus. Kegiatan ini menambah pengetahuan tentang diversifikasi produk tomat. Peserta juga mendapat gambaran potensi nilai tambah di tingkat rumah tangga. Secara keseluruhan, pelatihan ini membuka wawasan anggota Pokdawis Johosari I. Mereka belajar budidaya tomat organik mulai dari media tanam hingga panen dan pascapanen. Kegiatan ini memperkuat kapasitas masyarakat dalam mengembangkan pertanian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.



Gambar 5. Kegiatan panen dan pasca panen

Evaluasi Kegiatan

Dari sisi keunggulan, kegiatan pelatihan partisipatif budidaya tomat organik ini dinilai sangat komprehensif karena mencakup seluruh tahapan budidaya mulai dari media tanam, pembibitan, pembuatan arang sekam, pengendalian hama dan penyakit, hingga panen dan pascapanen. Peserta tidak hanya menerima teori, tetapi juga memperoleh pengalaman langsung melalui praktik lapangan berbasis *experiential learning*. Selain itu, kegiatan bersifat *local oriented* karena memanfaatkan sumber daya yang tersedia di sekitar masyarakat, seperti sekam padi, pupuk kandang, serta nanobiopestisida berbahan minyak serai wangi. Pendekatan ini memperkuat kemandirian pangan sekaligus mendorong penggunaan teknologi ramah lingkungan. Keunggulan lain adalah pelaksanaan program dalam skala kecil dan fokus, yaitu pada Pokdawis Johosari I, sehingga memungkinkan interaksi intensif, diskusi terbuka, dan pendampingan yang lebih personal sesuai kebutuhan peserta.

Namun demikian, terdapat beberapa kelemahan yang perlu dicatat sebagai bahan evaluasi. Pertama, kegiatan masih dilaksanakan dalam lingkup terbatas sehingga dampaknya belum menjangkau kelompok tani atau komunitas lain di sekitar wilayah Sukoharjo. Kedua, sarana dan prasarana praktik masih terbatas, sehingga beberapa kegiatan seperti pembuatan arang sekam atau pengamatan bibit harus dilakukan secara bergantian. Ketiga, meskipun antusiasme peserta tinggi, konsistensi penerapan di lapangan masih menghadapi kendala karena tidak semua anggota memiliki lahan atau sumber daya untuk langsung mengaplikasikan teknologi yang dipelajari. Selain itu, aspek keberlanjutan jangka panjang seperti monitoring, evaluasi berkelanjutan, dan dukungan akses pasar masih perlu diperkuat agar manfaat pelatihan dapat dirasakan secara lebih luas dan berkesinambungan.

Secara khusus, tantangan juga muncul pada saat pembuatan biochar dari sekam padi melalui proses pirolisis. Pengendalian suhu menjadi faktor krusial karena sangat menentukan kualitas biochar, terutama luas permukaan, mikropori, dan gugus fungsional. Suhu yang terlalu rendah menghasilkan karbon tidak sempurna, sedangkan suhu yang terlalu tinggi meningkatkan biaya energi. Proses pirolisis yang tidak terkontrol juga berisiko menghasilkan asap berlebihan dan emisi gas berbahaya seperti CO dan tar, yang dapat menurunkan efisiensi serta berdampak negatif pada lingkungan. Selain itu, kandungan silika yang tinggi pada sekam

padi dapat menghasilkan biochar rapuh atau pori yang kurang optimal apabila tidak diolah dengan tepat (Chatterjee et al., 2020; Tomczyk et al., 2020; Zhang et al., 2021). Konsumsi energi yang besar dalam proses ini menjadi kendala bagi petani atau kelompok masyarakat karena keterbatasan biaya dan peralatan. Tantangan lainnya adalah skalabilitas dan keberlanjutan. Teknologi pirolisis efisien masih terbatas pada skala industri, sementara peralatan sederhana di tingkat komunitas sering kali menghasilkan mutu biochar yang tidak seragam.

Dengan mempertimbangkan keunggulan, kelemahan, dan tantangan tersebut, kegiatan ini tetap dapat menjadi model percontohan yang efektif dalam meningkatkan kapasitas petani untuk budidaya tomat organik. Pada saat yang sama, hasil evaluasi ini memberikan catatan penting bagi penyempurnaan pelaksanaan program, terutama dalam penguatan aspek keberlanjutan, ketersediaan sarana praktik, serta teknologi pendukung yang lebih adaptif bagi masyarakat desa.

KESIMPULAN

Pelaksanaan PKM 2025 bersama Dawis Johosari I berhasil meningkatkan keterampilan budidaya tomat organik melalui pendekatan *experiential learning* mencakup pembibitan, pembuatan biochar, serta pengendalian hama dan penyakit secara organik. Peserta juga mempraktikkan kriteria panen, teknik panen, dan penanganan pascapanen sesuai prinsip *Good Handling Practices* (GHP) untuk menjaga mutu dan keamanan hasil. Kegiatan ini berkontribusi nyata dalam memperkuat ketahanan pangan lokal dengan mendorong pertanian sehat dan ramah lingkungan di tingkat komunitas.

SARAN

Kegiatan serupa perlu diperluas ke kelompok tani lain agar dampak positifnya lebih luas. Pendampingan lanjutan dan penyediaan sarana praktik yang memadai penting untuk menjaga konsistensi penerapan budidaya organik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Universitas Sebelas Maret (UNS) yang telah memberikan dukungan pendanaan melalui Program Kemitraan Masyarakat (PKM) tahun 2025 dengan nomor kontrak 370/UN27.22/PT.01.03/2025.

REFERENSI

- Caballero-Gallardo, K., Olivero-Verbel, J., & Stashenko, E. 2023. Deleterious effects of *Cymbopogon nardus* (L.) essential oil on a predator's life cycle and midgut. *Insects*. 14(4): 367. DOI:10.3390/insects14040367.
- Chatterjee, R., Sharma, S., & Biswas, D. 2020. Effect of pyrolysis temperature on physicochemical properties of biochar. *Frontiers in Energy Research*. 8:85. DOI:10.3389/fenrg.2020.00085.
- Fhira, N., Saepudin, D., Adiwijaya, & Wisesty, U. N. 2018. Planting date recommendation for chili and tomato based on economic value prediction of agricultural commodities. *The Open Agriculture Journal*. 12: 156–163. DOI:10.2174/1874331501812010156.

- Fry, H., Ketteridge, S., & Marshall, S (Eds). 2009. A handbook for teaching and learning in higher education: Enhancing academic practice (3rd ed.). New York, USA: Routledge.
- Gao, S., Liu, G., Li, Y., Mei, J., & Wang, Z. 2020. Antimicrobial activity of lemongrass essential oil and its component citral against pathogenic bacteria and fungi. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*.10: 603858. DOI:10.3389/fcimb.2020.603858.
- Garrrity, D. P., Dobie, P., & Vorley, B. 2024. Local food system approaches to address food and nutrition security. *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 66: 101443. DOI: 10.1016/j.cosust.2023.101443.
- Hasibuan, A. M., Gregg, D., & Stringer, R. 2022. Risk preferences, intra-household dynamics and spatial effects on chemical inputs use: Case of small-scale citrus farmers in Indonesia. *Land Use Policy*. 122: 106323. DOI: 10.1016/j.landusepol.2022.106323.
- Herrera, K., Morales, L. F., Tarazona, N. A., Aguado, R., & Saldarriaga, J. F. 2022. Use of biochar from rice husk pyrolysis: Part A: Recovery as an adsorbent in the removal of emerging compounds. *ACS Omega*. 7(9): 7625–7637. DOI:10.1021/acsomega.1c06147.
- Istianto, M., Sutanto, K. D., Ikawati, S., Wicaksono, R. C., Widyaningsih, S., Dwiastuti, M. E., Triasih, U., Endarto, O., Affandi, A., Handoko, H., Yustina, I., Mufidah, L., Wuryantini, S., Nurjanani, N., Agustini, S., Setyorini, D., & Utami, D. W. 2025. Sustainable pest management with citronella oil for eco-friendly control of *Aphis gossypii* in chili plants. *Global Journal of Environmental Science and Management*. 11(2): 00–00. DOI:10.22034/gjesm.2025.02.20.
- Kolb, A., & Kolb, D. 2009. The learning way: Meta-cognitive aspects of experiential learning. *Simulation Gaming*. 40(3): 297-327.
- Kunwar, A., Bist, D. R., Khatri, L., Dharni, R., & Joshi, G. R. 2024. Optimizing post-harvest handling practices to reduce losses and enhance quality of fruits and vegetables. *Food and Agri Economics Review*. 4(2): 78–82. DOI:10.26480/faer.02.2024.78.82.
- Kusnandar, K., Brazier, F. M., & van Kooten, O. 2019. Empowering change for sustainable agriculture: the need for participation. *International Journal of Agricultural Sustainability*. 17(4): 271–286. DOI:10.1080/14735903.2019.1633899.
- Ngadi, N., Zaelany, A. A., Latifa, A., Harfina, D., Asiati, D., Setiawan, B., Ibnu, F., Triyono, T., & Rajagukguk, Z. 2023. Challenge of agriculture development in indonesia: rural youth mobility and aging workers in agriculture sector. *Sustainability*. 15(2): 922. DOI:10.3390/su15020922.
- Palumbo, M., Attolico, G., Capozzi, V., Cozzolino, R., Corvino, A., de Chiara, M. L. V., Pace, B., Pelosi, S., Ricci, I., Romaniello, R., & Cefola, M. 2022. Emerging postharvest technologies to enhance the shelf-life of fruit and vegetables: an overview. *Foods*. 11(23): 3925. DOI:10.3390/foods11233925.
- Saptana, Sukmaya, S. G., Perwita, A. D., Malihah, F. D., Wardhana, I. W., Pitaloka, A. D., Ghaisani, S. A., Sayaka, B., Ilham, N., Karmawati, E., Ariani, M., Susilowati, S. H., Sumaryanto, & Saliem, H. P. 2023. Competitiveness analysis of fresh tomatoes in Indonesia: Turning comparative advantage into competitive advantage. *PLoS ONE*. 18(11): e0294980. DOI: 10.1371/journal.pone.0294980.
- Tomczyk, A., Sokołowska, Z., & Boguta, P. 2020. Biochar physicochemical properties: pyrolysis temperature and feedstock kind effects. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. 19: 191–215. DOI:10.1007/s11157-020-09523-3.

- Valková, V., Ďúranová, H., & Galovičová, L. 2022. *Cymbopogon citratus* essential oil: Its application as an antimicrobial and antibiofilm agent in agriculture and food. *Agronomy*. 12(1): 155. DOI:10.3390/agronomy12010155.
- Zhang W, Yu L, Han B, Liu K, Shao X. 2022. Mycorrhizal inoculation enhances nutrient absorption and induces insect-resistant defense of *Elymus nutans*. *Front Plant Sci*. 13:898969. DOI:10.3389/fpls.2022.898969.
- Zhang, P., Sun, H., Yu, L., & Sun, T. 2021. Functional biochar and its balanced design. *ACS Environmental Au*. 1(1): 32–44. DOI:10.1021/acsenvironau.1c00032.