

TRANSFORMASI HIJAU DI PESISIR SURABAYA: PENERAPAN TEKNOLOGI CERDAS DALAM PERTANIAN PERKOTAAN UNTUK PEMBERDAYAAN MASYARAKAT

Purnomo Edi Sasongko¹, Haidar Fari Aditya², Ramadhani Mahendra Kusuma³, Yudi Nur Supriadi⁴

^{1,2,3}Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

⁴Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jakarta

Email: purnomoedis@upnjatim.ac.id

Abstrak

Pengelolaan lingkungan pesisir menjadi tantangan utama di wilayah perkotaan seperti Surabaya yang menghadapi tekanan urbanisasi dan perubahan iklim. Artikel ini membahas implementasi teknologi cerdas dalam pertanian perkotaan sebagai bagian dari transformasi hijau untuk memberdayakan masyarakat pesisir. Kegiatan pengabdian masyarakat ini mencakup penerapan sistem pertanian hidroponik dan vertikultur yang didukung oleh teknologi berbasis Internet of Things (IoT) untuk memonitoring lingkungan tumbuh tanaman. Selain meningkatkan hasil panen, teknologi ini membantu masyarakat mengelola sumber daya secara efisien, seperti air dan nutrisi. Pelatihan dan pendampingan intensif diberikan untuk meningkatkan kapasitas masyarakat dalam memanfaatkan teknologi dan mengembangkan kewirausahaan berbasis hasil pertanian. Hasil program menunjukkan adanya peningkatan pendapatan rumah tangga, kesadaran lingkungan, dan keberlanjutan ekosistem pesisir. Artikel ini menawarkan model pemberdayaan berbasis teknologi yang dapat direplikasi di wilayah pesisir lainnya, berkontribusi pada tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs).

Kata kunci: transformasi hijau, teknologi cerdas, pertanian perkotaan, pemberdayaan masyarakat, pesisir Surabaya

Abstract

Coastal environmental management is a major challenge in urban areas such as Surabaya which are facing the pressures of urbanization and climate change. This article discusses the implementation of smart technologies in urban agriculture as part of the green transformation to empower coastal communities. This community service activity includes the application of hydroponic and verticulture farming systems supported by Internet of Things (IoT)-based technology to monitor the plant growing environment. In addition to increasing crop yields, this technology helps communities manage resources efficiently, such as water and nutrients. Intensive training and mentoring are provided to increase community capacity in utilizing technology and developing agricultural product-based entrepreneurship. The results of the program show an increase in household income, environmental awareness, and sustainability of coastal ecosystems. This article offers a technology-based empowerment model that can be replicated in other coastal areas, contributing to the sustainable development goals (SDGs).

Keywords: green transformation, smart technology, urban agriculture, community empowerment, coastal Surabaya

PENDAHULUAN

Pertanian perkotaan semakin mendapat perhatian sebagai solusi untuk memenuhi kebutuhan pangan di wilayah perkotaan yang padat penduduk, khususnya di kawasan pesisir (Supriadi et al., 2023). Kawasan pesisir perkotaan, seperti Kota Surabaya memiliki peran strategis baik secara ekonomi maupun lingkungan. Namun, urbanisasi yang cepat sering kali memberikan tekanan pada lingkungan alam dengan mengganggu ekosistem lokal dan mempengaruhi ketahanan pangan (Firman, 2020; Widyaningrum, 2021). Penerapan teknologi pertanian ramah lingkungan

dan cerdas, atau yang dikenal sebagai "*smart farming*" menawarkan pendekatan inovatif untuk mengatasi tantangan-tantangan ini (Saputra, 2022).

Konsep pertanian perkotaan dengan pendekatan yang berkelanjutan dan cerdas sejalan dengan upaya menciptakan wilayah perkotaan yang tangguh terhadap perubahan lingkungan (Hadi, 2019; Kusuma & Supriyadi, 2024). Dengan memanfaatkan teknik pertanian cerdas yang mengoptimalkan produksi tanaman dan memantau kondisi lingkungan pertanian perkotaan dapat menjadi pilihan yang layak untuk menjamin ketahanan pangan lokal serta mendukung kesehatan ekosistem pesisir (Rahmawati, 2020). Pendekatan ini tidak hanya berkontribusi pada suplai pangan di perkotaan akan tetapi juga berperan dalam mengurangi jejak karbon dan mempromosikan ruang hijau dalam konteks perkotaan (Santoso, 2023).

Di Surabaya, penerapan teknologi ramah lingkungan pada pertanian perkotaan bertujuan untuk menghadapi tantangan yang khas di wilayah pesisir. Tanah pesisir yang sering terpengaruh oleh salinitas dan keterbatasan lahan subur menjadi kendala bagi praktik pertanian konvensional. Sistem pertanian perkotaan yang canggih termasuk hidroponik, pertanian vertikal, dan pemantauan berbasis *Internet of Things* (IoT), memungkinkan pemanfaatan sumber daya yang lebih efisien dan adaptabilitas terhadap lingkungan pesisir (Prasetyo, 2021). Disamping itu, integrasi teknologi ini dapat memberdayakan masyarakat lokal dengan menyediakan mata pencaharian yang berkelanjutan sehingga tercipta keseimbangan antara pembangunan perkotaan dan konservasi lingkungan (Sari, 2023).

Pengabdian masyarakat ini bertujuan untuk menerapkan teknologi ramah lingkungan dan cerdas dalam pertanian perkotaan di kawasan pesisir Surabaya. Kegiatan ini mencakup penyuluhan dan pendampingan terkait manfaat, tantangan, dan dampak dari integrasi teknologi hijau dalam pertanian perkotaan dengan fokus pada solusi berkelanjutan yang sesuai dengan karakteristik lingkungan perkotaan pesisir. Program ini juga dirancang untuk menjadi contoh yang dapat diadaptasi bagi pembangunan perkotaan berkelanjutan di kota-kota lain, sehingga mendorong adopsi praktik serupa demi masa depan yang lebih hijau dan tangguh.

METODOLOGI

Areal lahan di kawasan pesisir pantai timur Kota Surabaya merupakan area yang berfungsi sebagai kawasan lindung hutan mangrove atau bakau, tambak ikan dan garam, serta pemukiman. Sebagai bagian dari wilayah Kota Surabaya, area Kecamatan Gunung Anyar dan Kecamatan Rungkut mencakup luas wilayah masing-masing sebesar 10,15 km² dan 21,85 km². Kawasan ini memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem pesisir sekaligus mendukung kebutuhan ekonomi masyarakat setempat melalui aktivitas tambak dan pemanfaatan hutan bakau. Kegiatan pengabdian masyarakat ini dirancang sebagai serangkaian aktivitas yang terstruktur untuk mendukung peningkatan kapasitas dan pemahaman masyarakat dalam bidang pertanian perkotaan serta efisiensi energi. Program ini berfokus pada penerapan teknologi ramah lingkungan yang diharapkan mampu meningkatkan keterampilan masyarakat dalam pengelolaan sumber daya secara berkelanjutan.

Sosialisasi program Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM) Edu tahun 2024.

Sosialisasi ini bertujuan memberikan wawasan menyeluruh kepada masyarakat mengenai tujuan, manfaat, serta rencana implementasi program yang akan dijalankan. Melalui kegiatan ini, peserta diperkenalkan pada konsep-konsep utama yang mendasari program sehingga mereka memahami peran penting teknologi ramah lingkungan dalam mendukung ketahanan pangan dan efisiensi energi di wilayah perkotaan.

Pendampingan teknis dalam budidaya tanaman di dalam *greenhouse*.

Pada tahap ini masyarakat diberikan bimbingan dalam mengelola sistem budidaya tanaman secara lebih efektif di dalam *greenhouse*. Kegiatan ini mencakup evaluasi terhadap sistem yang ada, pemeliharaan berkala, serta perbaikan yang dibutuhkan untuk memastikan hasil pertanian yang optimal. Dengan pendampingan teknis yang intensif, diharapkan masyarakat dapat meningkatkan keterampilan mereka dalam budidaya tanaman yang efisien dan berkelanjutan.

Demonstrasi instalasi alat untuk meningkatkan efisiensi sarana produksi dan konsumsi energi listrik.

Kegiatan ini bertujuan memperkenalkan teknologi yang dapat membantu masyarakat dalam mengurangi konsumsi energi dan biaya operasional. Melalui demonstrasi ini, peserta diajarkan cara memasang dan menggunakan alat-alat hemat energi yang mendukung keberlanjutan lingkungan. Upaya ini diharapkan mampu memperkenalkan praktik yang tidak hanya ramah lingkungan tetapi juga ekonomis bagi masyarakat.

Secara keseluruhan, kegiatan ini bertujuan untuk membekali masyarakat dengan pengetahuan dan keterampilan yang diperlukan dalam mengelola sumber daya secara efisien, meningkatkan hasil pertanian, dan mendukung keberlanjutan lingkungan, dengan melibatkan secara aktif para pengelola dan anggota KGA EduFarm 2, calon anggota kelompok tani di Kelurahan Gunung Anyar, serta perangkat dari Kelurahan dan Kecamatan Gunung Anyar yang diharapkan mampu memperkuat kolaborasi dan memperluas dampak program bagi masyarakat khususnya dalam pengembangan keterampilan praktis dan pengetahuan terkait pengelolaan pertanian perkotaan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Permasalahan yang dihadapi Masyarakat

Praktik budidaya tanaman oleh warga Kelurahan Gunung Anyar di Kecamatan Gunung Anyar dan Kelurahan Medokan Ayu di Kecamatan Rungkut umumnya memanfaatkan lahan pekarangan atau fasilitas umum milik RT/RW setempat. Meski kegiatan ini sudah berjalan sejak tahun 2020, pengelolaan lahan yang dilakukan oleh beberapa anggota kelompok tani Urban Farming masih belum optimal. Salah satu permasalahan yang menonjol adalah rendahnya efisiensi dalam pemanfaatan air dan aplikasi pupuk kimia yang tepat. Sebagian besar lahan kebun di kawasan ini belum mampu mengoptimalkan penggunaan pupuk dan air, sehingga hasil budidaya belum mencapai potensi maksimal (Hasanah et al., 2022; Sudarsono, 2021).

Tantangan utama yang dihadapi dalam budidaya tanaman urban farming di kawasan ini adalah rendahnya kesuburan tanah. Hal ini disebabkan oleh penggunaan tanah eks-urugan perumahan sebagai media tanam, yang umumnya tidak memiliki kandungan unsur hara yang memadai

untuk pertumbuhan tanaman optimal (Rahmatullah & Ismail, 2020). Selain itu, penggunaan pupuk kimia belum sesuai dengan prinsip tepat jenis, tepat dosis, tepat lokasi, dan tepat waktu, yang seharusnya diikuti untuk mencapai efisiensi dan efektivitas dalam pemupukan. Penggunaan pupuk yang tidak terkontrol dapat menyebabkan degradasi tanah lebih lanjut dan berpotensi merusak struktur ekosistem tanah (Santoso & Wijaya, 2021).

Sumber air yang digunakan untuk irigasi juga menjadi kendala dalam budidaya tanaman ini, terutama pada musim kemarau. Warga sebagian besar bergantung pada air selokan, air hujan, dan air PDAM yang kualitasnya tidak selalu terjamin. Ketergantungan ini menghambat pertumbuhan tanaman secara optimal dan menimbulkan ketidakpastian dalam kualitas produk pangan yang dihasilkan (Nugroho et al., 2022). Kondisi ini menunjukkan perlunya intervensi teknologi dan metode pengelolaan yang lebih efisien dalam pemanfaatan sumber daya air dan pupuk.

Dalam upaya mewujudkan pertanian perkotaan yang berkelanjutan maka diperlukan penerapan teknologi yang ramah lingkungan serta peningkatan kemampuan manajerial dalam budidaya tanaman. Pendekatan ini bertujuan untuk mengatasi berbagai kendala yang dihadapi, termasuk optimalisasi praktik budidaya melalui pendampingan teknis dan pengenalan metode irigasi serta pemupukan yang lebih efisien. Langkah-langkah ini diharapkan mampu meningkatkan kualitas media tanam dan produktivitas tanaman. Sehingga, berkontribusi pada ketahanan pangan di wilayah perkotaan. Media tanam yang digunakan saat ini sebagian besar terdiri dari tanah urugan yang diperoleh dari lokasi-lokasi tertentu (misalny, Gresik dan Mojosari) selama proses pembangunan pemukiman. Sehingga, kualitas tanah tersebut relatif rendah dan belum pernah diuji di laboratorium untuk mengukur kandungan hara dan kesuburannya. Pasokan nutrisi dalam praktik budidaya ini masih bergantung pada pupuk kimia yang menyebabkan tingginya biaya produksi komersial.

Implementasi Teknologi Ramah Lingkungan dalam Budidaya Pekarangan

Pembuatan Biopori

Pengabdian masyarakat ini menitikberatkan pada penerapan teknologi ramah lingkungan dalam budidaya tanaman melalui praktik daur ulang limbah pertanian dengan metode pengomposan di lahan. Pengomposan ini bertujuan untuk memperbaiki kualitas tanah sekaligus meningkatkan kesehatan tanaman secara menyeluruh yang berdampak positif bagi lingkungan dan produksi pangan yang lebih berkelanjutan (de Corato, 2020). Salah satu metode efektif dalam pemanfaatan sampah organik adalah pembuatan lubang resapan biopori (LRB) atau saluran peresapan biopori (SPB). LRB berbentuk silindris dengan diameter sekitar 10 cm dan kedalaman hingga 100 cm yang berfungsi sebagai tempat dekomposisi sampah organik dan meningkatkan infiltrasi air ke dalam tanah. Teknologi ini telah terbukti memperbaiki struktur tanah dan memperkuat ketahanan tanaman terhadap kondisi lingkungan yang beragam (Karuniastuti, 2014; Putra & Wijaya, 2019).



Gambar 1. Pemanfaatan Lahan Kosong/Fasum untuk Budidaya Sayur di RW XIV Kelurahan Gunung Anyar Tambak

Biopori memiliki peran penting dalam meningkatkan daya serap air pada tanah. Sehingga, mendukung pengelolaan air yang lebih efisien dan memperbaiki kualitas tanah. Pengisian lubang biopori dengan sampah organik membantu memperbaiki kondisi *subsoil*, meningkatkan kemampuan tanah menyerap air lebih dalam, memperluas area peresapan air, serta mendukung pertumbuhan akar yang lebih mendalam (Aditya et al., 2022). Selain itu, biopori juga meningkatkan cadangan karbon dalam tanah, yang berfungsi sebagai carbon sink alami,

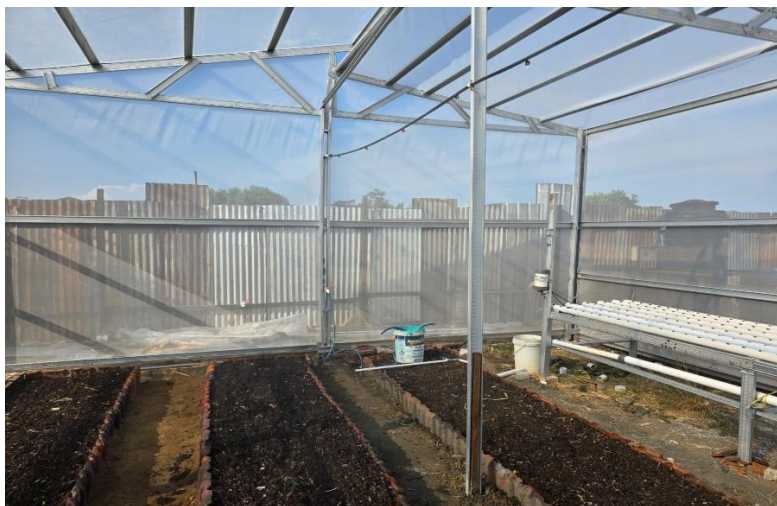
mendukung keseimbangan ekosistem secara keseluruhan (Sari & Yuniarti, 2018). Dengan demikian, penerapan biopori tidak hanya menambah cadangan air tanah tetapi juga membantu mencegah aliran permukaan yang berpotensi menyebabkan erosi (Aditya et al., 2023).

Lebih lanjut, pemanfaatan sampah organik dalam biopori, seperti daun, ranting, bunga, buah, serta sisa dapur, berkontribusi dalam mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia (Aditya et al., 2022). Hasilnya adalah produk pertanian yang lebih sehat, berkualitas, dan organik, sesuai dengan prinsip pertanian berkelanjutan dan ramah lingkungan (Handayani, 2019; Kusuma, et al., 2023). Peningkatan daya serap dan simpan air dalam tanah melalui biopori yang berisi kompos juga berperan dalam memperpanjang ketersediaan air di tanah, yang dapat mengurangi kebutuhan irigasi dari sumber air lainnya seperti PDAM, sehingga mendukung penghematan sumber daya air (Prasetyo & Nugroho, 2020)

Pembuatan Greenhouse

Permasalahan yang sering dijumpai dalam kegiatan budidaya tanaman secara hidroponik oleh anggota kelompok tani dan masyarakat di tingkat individu mencakup beberapa aspek teknis penting. Pertama, pengaturan waktu penyalaan pompa air untuk irigasi masih dilakukan secara manual, yang berdampak pada kurang efisiennya distribusi air bagi tanaman. Kedua, sistem hidroponik yang digunakan umumnya belum dilengkapi dengan indikator level air pada tandon irigasi, sehingga pengendalian pasokan air tidak dapat dilakukan secara optimal. Ketiga, sistem tersebut juga belum memiliki pengaturan jadwal pemberian nutrisi yang disesuaikan dengan kebutuhan spesifik pada setiap tahap pertumbuhan tanaman. Kondisi ini menunjukkan bahwa optimalisasi teknologi dalam sistem hidroponik perlu ditingkatkan untuk memastikan efisiensi dan keberlanjutan dalam praktik budidaya yang dilakukan. Teknologi budidaya tanaman di dalam rumah kaca (*greenhouse*) memang memerlukan investasi awal yang tinggi, namun manfaat ekonomis jangka panjangnya sangat menjanjikan. Beberapa inovasi teknologi dapat diterapkan untuk menurunkan biaya investasi pada pembangunan *greenhouse*. Salah satu teknologi utama adalah *Digital Timer*, yang berfungsi sebagai alat pengatur waktu otomatis untuk sistem irigasi. Teknologi ini memungkinkan pengaturan jadwal dan durasi pemberian air

melalui berbagai metode seperti aliran, tetes, atau pengkabutan. Selain itu, alat ini dapat mengatur aliran nutrisi pada sistem hidroponik, pengisian air di tandon irigasi, dan pengkabutan untuk menjaga suhu serta kelembapan udara dalam *greenhouse*. Pompa air dan exhaust fan juga dapat diintegrasikan dalam sistem ini untuk mengontrol durasi dan frekuensi pengaliran udara yang tepat yang membantu menjaga iklim mikro rumah kaca yang sesuai dengan kebutuhan tanaman (Kusuma & Nugroho, 2023; Lee et al., 2024).



Gambar 2. Interior Greenhouse di Kecamatan Gununganyar

Di samping itu, katup apung otomatis pada tandon air irigasi memberikan solusi pengisian air yang hemat energi untuk mengurangi konsumsi listrik dengan memastikan cadangan air yang selalu cukup untuk kebutuhan irigasi. Katup ini membantu petani meminimalkan penggunaan tenaga manual untuk pengisian air. Sehingga, mengoptimalkan efisiensi operasional (Sari et al., 2023). Perangkat aerator juga penting, terutama dalam sistem hidroponik karena menyediakan oksigen yang dibutuhkan akar tanaman. Aerator menghasilkan gelembung oksigen yang berfungsi untuk mendukung proses metabolisme tanaman secara efektif. Sehingga, kesehatan akar dan pertumbuhan tanaman dapat ditingkatkan (Garcia & Smith, 2022). Panel surya adalah teknologi hemat energi lainnya yang berfungsi sebagai sumber penerangan di malam hari. Dengan menyimpan energi matahari pada siang hari panel ini menyediakan pencahayaan yang dibutuhkan tanaman untuk fotosintesis pada malam hari. Sehingga, dapat meminimalkan

ketergantungan pada energi listrik konvensional dan mendukung keberlanjutan lingkungan (Thompson & Park, 2024).



Gambar 3. Pembuatan Greenhouse sebagai upaya Pemanfaatan Lahan Fasum

Pada aspek sirkulasi udara, *exhaust fan* berfungsi untuk menjaga sirkulasi udara bersih dengan mengatur ventilasi yang membantu menjaga suhu dan kelembapan yang optimal di dalam rumah kaca. Ventilasi yang terjaga ini mampu mengurangi risiko penyakit tanaman yang disebabkan oleh kelembapan berlebih (Brown et al., 2023). Saat ini, meskipun teknologi irigasi canggih telah tersedia, kelompok tani di Kecamatan Rungkut dan Kecamatan Gununganyar sebagian besar belum memanfaatkan perangkat *timer* otomatis yang dapat menyebabkan tingginya biaya listrik karena masih menggunakan sistem manual. Salah satu solusi tambahan untuk peningkatan efisiensi dalam budidaya adalah penggunaan pompa aerator pada larutan nutrisi di media hidroponik, yang membantu meningkatkan kandungan oksigen dalam air sehingga tanaman dapat tumbuh lebih optimal (Doe & Green, 2023). Sistem irigasi kabut juga menjadi komponen penting dalam rumah kaca, karena dapat secara otomatis menyesuaikan suhu dalam ruangan sesuai kebutuhan tanaman, menjadikan rumah kaca lingkungan yang ideal untuk pertumbuhan tanaman seperti bunga dan sayuran (Rahman & Torres, 2024).

Kesimpulan

Kegiatan pengabdian masyarakat yang dilakukan di Kecamatan Gunung Anyar dan Kecamatan Rungkut berhasil memberikan pemahaman dan keterampilan baru kepada masyarakat setempat dalam memanfaatkan teknologi ramah lingkungan untuk budidaya tanaman secara efisien dan berkelanjutan. Kawasan ini memiliki potensi besar untuk pengembangan pertanian perkotaan, terutama melalui penerapan teknologi rumah kaca (*greenhouse*) dan metode hidroponik yang lebih efisien. Implementasi teknologi seperti *Digital Timer*, katup apung otomatis, aerator, dan panel surya mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air dan energi, serta memastikan kondisi iklim mikro yang optimal untuk pertumbuhan tanaman. Selain itu, inovasi seperti lubang resapan biopori juga terbukti mendukung pengelolaan air dan peningkatan kualitas tanah secara signifikan.

Meski terdapat tantangan dalam implementasi seperti minimnya penggunaan perangkat otomatis dan rendahnya kualitas media tanam. Program ini berhasil menunjukkan bahwa penerapan teknologi yang tepat dapat mengatasi kendala tersebut. Pendampingan teknis yang diberikan dalam program ini juga memungkinkan masyarakat untuk mengoptimalkan lahan yang ada dan meningkatkan hasil produksi pertanian. Diharapkan, kegiatan ini dapat menjadi langkah awal menuju pengelolaan sumber daya yang lebih bijak dan mendukung ketahanan pangan di wilayah perkotaan. Lebih jauh, partisipasi aktif dari pengelola, calon anggota kelompok tani, dan perangkat kelurahan serta kecamatan berperan penting dalam memperkuat kolaborasi dan memperluas dampak positif dari program ini, terutama dalam meningkatkan keterampilan praktis dan pengetahuan terkait pertanian perkotaan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, H. F., Rahmadhini, N., Kusuma, R. M., Wijayanti, F., & Lestari, S. R. (2022). Pemanfaatan Limbah Rumah Tangga Untuk Pembuatan Pupuk Organik Cair di Desa Panjuran Sukodono Sidoarjo. *Batara Wisnu Journal: Indonesian Journal of Community Services*, 2(3), 572-579. <https://doi.org/10.53363/bw.v2i3.134>
- Aditya, H. F., Kusuma, R. M., Windriyanti, W., & Arifin, M. (2022). Pemanfaatan Dan Pengelolaan Sampah Daun Mangga Sebagai Pupuk Kompos di Desa Oro-Oro Ombo, Kecamatan Rembang, Kabupaten Pasuruan. *Batara Wisnu: Indonesian Journal of Community Services*, 2(1), 18-27. <https://doi.org/10.53363/bw.v2i1.65>

- Aditya, H. F., Wijayanti, F., Kusuma, R. M., Lestari, S. R., Tarigan, P. L., Destianisma, W. F., & Supriadi, Y. N. (2023). Penerapan Sistem Pertanian Organik pada Komoditas dalam Menghadapi Lahan Kritis Di Kelompok Tani Sumber Makmur Abadi Pasuruan Jawa Timur. *Batara Wisnu: Indonesian Journal of Community Services*, 3(2), 287-295. <https://doi.org/10.53363/bw.v3i2.181>
- Brown, A., Chen, L., & Smith, R. (2023). Ventilation strategies in greenhouse agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 17(3), 78-91.
- de Corato, U. (2020). Agricultural waste recycling in the horticultural industry: Environmental and economic impacts of compost and anaerobic digestates utilization. *Waste Management*, 102, 767-774. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.11.030>
- Doe, J., & Green, M. (2023). Automated irrigation in urban greenhouse farming. *Journal of Urban Agriculture*, 14(2), 78-88.
- Firman, T. (2020). Urbanization and its impact on the environment. *Journal of Urban Studies*, 45(2), 132-140.
- Garcia, R., & Smith, T. (2022). The role of aeration in hydroponic systems. *Agriculture and Environmental Technology*, 19(4), 112-127.
- Hadi, R. (2019). Sustainable urban development: A resilience approach. *Environmental Management Review*, 11(3), 215-228.
- Handayani, A. (2019). Penerapan Biopori dalam Mendukung Pertanian Organik dan Pengelolaan Sampah. *Jurnal Pertanian Organik*, 11(1), 55-63.
- Hasanah, N., Dewi, A., & Prasetyo, Y. (2022). Efisiensi penggunaan air pada sistem pertanian perkotaan di kawasan pesisir. *Journal of Urban Agriculture*, 15(2), 120-135.
- Karuniastuti, D. (2014). Efektivitas Lubang Resapan Biopori dalam Mengurangi Limpasan Permukaan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 15(2), 72-80.
- Kusuma, A., & Nugroho, S. (2023). Efektivitas katup apung otomatis pada sistem irigasi tandon di rumah kaca. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 8(4), 101-115.
- Kusuma, R. M., & Supriyadi, Y. N. (2024). Dimensi Kota Hijau Urban Farming: Inovasi dan Keberlanjutan dalam Pengembangan Pertanian Kota. *Eureka Media Aksara*.
- Kusuma, R. M., Wijayanti, F., Tarigan, P. L., Sasongko, P. E., & Supriadi, Y. N. (2023). Sustainable Urban Farming Through Household Waste Utilization: A Community Engagement Initiative in PKK RW IX Griya Bhayangkara, Sidoarjo. *Jurnal Abdimas Bina Bangsa*, 4(2), 1323-1330. <https://doi.org/10.46306/jabb.v4i2.634>
- Lee, M., Thompson, D., & Park, H. (2024). Smart timer applications in hydroponic greenhouse farming. *Environmental Agricultural Science*, 11(2), 35-47.
- Nugroho, D., Wijayanti, R., & Sutanto, A. (2022). Pengaruh sumber air pada pertumbuhan tanaman di perkotaan: Studi kasus di Surabaya. *Environmental Sustainability Journal*, 8(3), 220-234.
- Prasetyo, B. (2021). Application of IoT in urban farming: Coastal city perspective. *Technology and Agriculture Journal*, 22(1), 90-98.
- Prasetyo, M., & Nugroho, T. (2020). Efektivitas Biopori Berkompos dalam Meningkatkan Kualitas Tanah dan Menghemat Air Irigasi. *Journal of Soil and Water Conservation*, 8(3), 135-141.

- Putra, H., & Wijaya, A. (2019). Penerapan Teknologi Biopori untuk Meningkatkan Kualitas Tanah di Lahan Pertanian. *Journal of Agricultural and Environmental Science*, 5(3), 112-119.
- Rahman, F., & Torres, G. (2024). Cooling systems in controlled greenhouse environments. *Journal of Modern Agriculture*, 15(1), 67-79.
- Rahmatullah, M., & Ismail, A. (2020). Tantangan tanah eks-urugan dalam budidaya tanaman perkotaan. *Agricultural Science Review*, 7(4), 85-92.
- Rahmawati, L. (2020). Smart farming in coastal urban areas: Benefits and challenges. *Journal of Environmental Conservation*, 14(4), 301-308.
- Santoso, D. (2023). Green spaces and urban agriculture in sustainable cities. *Journal of Green Technology*, 10(2), 67-78.
- Santoso, I., & Wijaya, R. (2021). Dampak penggunaan pupuk kimia pada kualitas tanah dan hasil tanaman: Kajian di lahan pertanian perkotaan. *Journal of Soil and Crop Management*, 9(1), 90-105.
- Saputra, M. (2022). Introduction to eco-friendly technology in urban farming. *Agricultural Innovations*, 18(3), 147-155.
- Sari, F. (2023). Empowering local communities through smart farming. *Journal of Rural Development*, 8(2), 45-56.
- Sari, L., & Yuniarti, E. (2018). Pengaruh Lubang Resapan Biopori Terhadap Daya Serap Air dan Kualitas Tanah. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 6(2), 85-92.
- Supriadi, Y. N., Rosmawarni, N., Setiadi, I. K., Kusuma, R. M., & Saragih, G. S. (2023). Hydroponic Green House Business Development Strategy Using Business Model Canvas (BMC). *Migration Letters*, 20(5), 157-172. <https://doi.org/10.59670/ml.v20i5.3534>
- Widyaningrum, A. (2021). Challenges in urban food security: Case of coastal cities. *Asian Journal of Urban Affairs*, 9(1), 100-115.