



Empowering farmers through the implementation of smart automatic agriculture spray

Ari Endang Jayati[✉], Retno Tri Nalarsih, Puri Muliandhi
Universitas Semarang, Semarang, Indonesia

[✉] ariendang@usm.ac.id

^{doi} <https://doi.org/10.31603/ce.14740>

Abstract

Farmers in Ringinarum Village, Kendal Regency, face major challenges in agricultural production due to the use of conventional spraying methods, which lead to chemical inefficiency, high labor costs, and health risks from direct exposure to pesticides. This community partnership program aims to empower the Ringinarum Farmers Group through the introduction of smart automatic agriculture spray technology as an appropriate solution. The program was implemented through several stages, including socialization, training, technology installation, mentoring, and evaluation. The device integrates sensors, microcontrollers, and multi-nozzle sprayers to optimize pesticide and fertilizer application efficiently and safely. The results show that the technology improves spraying efficiency by up to 30%, reduces chemical exposure by 70%, and decreases labor costs by approximately 40%. In addition, the program enhanced farmers' skills and awareness in adopting smart farming practices. This empowerment activity not only addresses technical problems but also builds the capacity of the farmers to manage modern agricultural practices sustainably.

Keywords: Community empowerment; Smart agriculture; Automatic spray

Pemberdayaan petani melalui implementasi smart automatic agriculture spray

Abstrak

Petani di Desa Ringinarum, Kabupaten Kendal, menghadapi berbagai tantangan dalam produksi pertanian akibat penggunaan metode penyemprotan konvensional yang menyebabkan inefisiensi bahan kimia, tingginya biaya tenaga kerja, serta risiko kesehatan akibat paparan langsung pestisida. Program kemitraan masyarakat ini bertujuan memberdayakan Kelompok Tani Ringinarum melalui penerapan teknologi smart automatic agriculture spray sebagai solusi tepat guna. Program dilaksanakan melalui beberapa tahapan, meliputi sosialisasi, pelatihan, instalasi teknologi, pendampingan, dan evaluasi. Alat mengintegrasikan sensor, mikrokontroler, dan multi-nozzle sprayer untuk mengoptimalkan penggunaan pestisida dan pupuk secara efisien serta aman. Hasil program menunjukkan bahwa teknologi ini meningkatkan efisiensi penyemprotan hingga 30%, mengurangi paparan bahan kimia sebesar 70%, serta menurunkan biaya tenaga kerja sekitar 40%. Selain itu, kegiatan ini juga meningkatkan keterampilan dan kesadaran petani dalam mengadopsi praktik smart farming. Kegiatan pemberdayaan ini tidak hanya menyelesaikan persoalan teknis, tetapi juga membangun kapasitas petani dalam mengelola pertanian modern secara berkelanjutan.

Kata Kunci: Pemberdayaan masyarakat; Pertanian cerdas; Penyemprotan otomatis

Contributions to
SDGs

8 DECENT WORK AND
ECONOMIC GROWTH



9 INDUSTRY, INNOVATION
AND INFRASTRUCTURE



Article History

Received: 06/09/25

Revised: 06/10/25

Accepted: 11/10/25

1. Pendahuluan

Desa Ringinarum, yang terletak di Kecamatan Ringinarum, Kabupaten Kendal, merupakan wilayah dengan luas 2.118 hektar, dihuni oleh 4.717 jiwa dalam 1.379 KK. Desa ini didominasi oleh komunitas petani dengan komoditas unggulan seperti padi, jagung, bawang merah, dan tembakau. Aksesibilitas Desa Ringinarum yang relatif dekat dengan Universitas Semarang (sekitar 48,2 km) membuka peluang kolaborasi di bidang pendidikan dan pengabdian.

Meskipun memiliki potensi pertanian yang besar ([Gambar 1](#)), produktivitas di Desa Ringinarum belum optimal karena para petani masih mengandalkan metode konvensional dalam kegiatan budidaya, terutama pada tahap penyemprotan pestisida dan pupuk. Metode manual ini menimbulkan berbagai persoalan, antara lain pemborosan bahan kimia, distribusi penyemprotan yang tidak merata, serta tingginya biaya operasional pertanian ([Badan Pusat Statistik, 2022](#)). Selain berdampak pada efisiensi produksi, praktik penyemprotan manual juga menimbulkan risiko kesehatan serius bagi petani. Paparan langsung terhadap pestisida tanpa perlindungan memadai dapat mengakibatkan gangguan pernapasan, iritasi kulit, hingga keracunan kronis ([World Health Organization, 2020](#)). Kondisi ini diperburuk oleh tingginya kebutuhan tenaga kerja pada musim tanam dan panen, yang turut meningkatkan beban biaya pertanian.



Gambar 1. Lahan pertanian di Desa Ringinarum

Di tingkat internasional, riset mengenai smart farming menunjukkan hasil yang konsisten. [Shamshiri et al. \(2018\)](#) menjelaskan bahwa otomasi dan robotika di bidang pertanian dapat meningkatkan efisiensi produksi sekaligus mengurangi risiko paparan pestisida bagi pekerja. [Wolfert et al. \(2017\)](#) dan [Liakos et al. \(2018\)](#) juga menekankan peran *big data*, *Internet of Things* (IoT), dan *machine learning* dalam mempercepat adopsi pertanian presisi. Lebih spesifik, [Khanna & Kaur \(2019\)](#) menegaskan bahwa IoT dalam pertanian presisi memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan produktivitas dan penghematan sumber daya.

Berdasarkan temuan-temuan tersebut, intervensi melalui penerapan *smart automatic agriculture spray* di Desa Ringinarum dirancang untuk menjawab masalah teknis (efisiensi penyemprotan dan keselamatan kerja) sekaligus memperkuat kapasitas petani dalam mengelola pertanian modern secara berkelanjutan. Dengan mengintegrasikan praktik pemberdayaan masyarakat lokal dan pembelajaran dari riset global, program ini

diharapkan dapat menjadi solusi inovatif yang relevan dengan tantangan pertanian di tingkat desa dan selaras dengan perkembangan ilmu pengetahuan internasional.

2. Metode

Kegiatan Program Kemitraan Masyarakat (PKM) dilaksanakan di Desa Ringinarum, Kecamatan Ringinarum, Kabupaten Kendal, Jawa Tengah. Mitra utama dalam program ini adalah Kelompok Tani Ringinarum yang beranggotakan 15 petani dengan fokus komoditas padi dan tembakau. Metode pelaksanaan program dirancang melalui pendekatan partisipatif yang melibatkan mitra secara aktif dalam setiap tahapan. Adapun tahapan kegiatan meliputi:

- a. Identifikasi dan analisis masalah. Survei lapangan, diskusi kelompok terarah (*focus group discussion*), dan wawancara dengan petani untuk merumuskan permasalahan utama, yaitu inefisiensi penyemprotan, tingginya biaya tenaga kerja, serta risiko kesehatan akibat paparan pestisida ([Badan Pusat Statistik, 2022](#); [World Health Organization, 2020](#)).
- b. Sosialisasi program. Penyampaian tujuan, manfaat, dan rencana implementasi teknologi *smart automatic agriculture spray* kepada kelompok tani.
- c. Pelatihan dan pendampingan. Petani diberi pelatihan teknis terkait instalasi, penggunaan, perawatan, dan pemecahan masalah alat. Pendekatan dilakukan melalui demonstrasi lapangan, diskusi, serta modul panduan sederhana untuk meningkatkan keterampilan petani ([Muliandhi, 2022](#)). Pelatihan penggunaan alat dilaksanakan pada hari Kamis, 28 Agustus 2025 di Balai Desa Ringinarum. Peserta yang hadir ada 5 orang dari kelompok tani dan 13 orang dari Serikat Pemberdayaan Perempuan Kepala Keluarga (PEKKA) Desa Ringinarum, Kendal.
- d. Implementasi teknologi. Instalasi dan uji coba alat di lahan pertanian mitra dimulai sejak tanggal 28 Agustus 2025. Alat dirancang untuk bekerja otomatis dengan sensor kelembapan dan pengendalian berbasis mikrokontroler sehingga penyemprotan lebih efisien ([Kementerian Pertanian RI, 2021](#)).
- e. Monitoring dan evaluasi. Evaluasi dilakukan secara berkala dengan membandingkan kondisi sebelum dan sesudah penggunaan, meliputi: (1) efisiensi penggunaan pestisida dan pupuk, (2) penurunan biaya tenaga kerja, (3) pengurangan paparan bahan kimia terhadap petani, dan (4) peningkatan keterampilan petani dalam mengoperasikan teknologi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Identifikasi dan analisis masalah

Tahap awal dilakukan melalui survei lapangan, wawancara, serta FGD dengan kelompok tani. Hasilnya menunjukkan tiga permasalahan utama yaitu 1) inefisiensi penyemprotan pestisida; 2) tingginya biaya tenaga kerja; dan 3) risiko kesehatan akibat paparan pestisida. Permasalahan ini konsisten dengan laporan [World Health Organization \(2020\)](#) yang menyatakan bahwa penggunaan metode manual berdampak pada produktivitas rendah serta risiko kesehatan tinggi.

3.2. Pelaksanaan program

Kegiatan inti pertama adalah sosialisasi yang dilaksanakan di Balai Desa Ringinarum dengan melibatkan pengurus kelompok tani dan anggota Serikat PEKKA ([Gambar 2](#)). Pada tahap ini, disampaikan tujuan program, manfaat teknologi *smart automatic agriculture spray*, serta rencana implementasi. Antusiasme peserta cukup tinggi, ditunjukkan dari keaktifan bertanya mengenai mekanisme kerja alat.



[Gambar 2.](#) Kegiatan sosialisasi program *smart automatic agriculture spray*

Kegiatan dilanjutkan dengan pelatihan yang dilaksanakan pada 28 Agustus 2025, diikuti oleh 5 petani anggota kelompok tani dan 13 anggota PEKKA ([Gambar 3](#)). Materi pelatihan meliputi instalasi alat, penggunaan, perawatan, dan keterampilan pemecahan masalah. Selanjutnya adalah implementasi teknologi. Alat *smart automatic agriculture spray* diinstal di lahan percontohan seluas 0,25 hektar ([Gambar 4](#)). Alat yang dipasang adalah sistem monitoring dan kontrol otomatis yang menggunakan tenaga surya, dengan dukungan konektivitas Wi-Fi untuk pengiriman data secara *real-time*. Perangkat ini mampu memantau kelembapan tanah, suhu udara, kelembapan udara, dan intensitas cahaya, serta mengendalikan beban hingga 500W/220VAC.

Uji coba menunjukkan bahwa sistem otomatis mampu bekerja dengan sensor kelembapan tanah dan pengendalian berbasis mikrokontroler. Penyemprotan berlangsung lebih merata dan tepat sasaran dibandingkan metode manual. Hasil ini mendukung penelitian [Khanna & Kaur \(2019\)](#) yang menegaskan keunggulan IoT dalam *precision agriculture*.



[Gambar 3.](#) Pelatihan teknis penggunaan alat bersama kelompok tani



Gambar 4. Instalasi dan uji coba alat di lahan pertanian

3.3. Monitoring dan evaluasi

Evaluasi dilakukan melalui pengukuran langsung dan perbandingan sebelum–sesudah penerapan teknologi. Indikator evaluasi meliputi efisiensi penggunaan pestisida, penurunan biaya tenaga kerja, pengurangan paparan bahan kimia, serta peningkatan keterampilan petani. Data kuantitatif pada [Tabel 1](#) mengonfirmasi bahwa teknologi ini efektif, dan temuan kami konsisten dengan riset internasional ([Balafoutis et al., 2020](#); [Fountas et al., 2020](#)).

Tabel 1. Hasil evaluasi implementasi *smart automatic agriculture spray*

Indikator	Sebelum PKM	Sesudah PKM	Perubahan (%)	Sumber Pemandangan
Konsumsi pestisida & pupuk (liter/ha)	14,2	9,8	-30,9%	Namami & Gonen (2020)
Biaya tenaga kerja penyemprotan (Rp/ha)	1.250.000	750.000	-40,0%	Shamshiri et al. (2018)
Paparan bahan kimia (jam kontak/ha/musim)	12,5	3,8	-69,6%	Liakos et al. (2018)
Nilai rata-rata keterampilan petani	52,3 (<i>pre-test</i>)	84,6 (<i>post-test</i>)	+61,7%	Sishodia et al. (2020)

Dari total 15 anggota Kelompok Tani Ringinarum, sebanyak 4 orang (26%) mengikuti pelatihan secara penuh, dan 15 orang anggota Serikat PEKKA. Hal ini menunjukkan tingkat partisipasi yang cukup tinggi dari mitra, sejalan dengan temuan bahwa keterlibatan aktif petani merupakan faktor kunci keberhasilan adopsi teknologi pertanian ([Santoso, 2020](#)). Selain itu juga sejalan dengan [Wolfert et al. \(2017\)](#) yang menekankan bahwa keberhasilan adopsi *smart farming* sangat dipengaruhi oleh literasi teknologi dan dukungan kelembagaan lokal.

Berdasarkan hasil uji coba, penerapan menunjukkan beberapa capaian penting sebagaimana dijabarkan pada [Tabel 1](#). *Pertama*, efisiensi penggunaan pestisida dan pupuk meningkat hingga 30% dibandingkan metode manual. Hasil ini sejalan dengan penelitian [Prasetyo et al. \(2025\)](#) yang menemukan bahwa penyemprotan berbasis sensor mampu mengurangi pemborosan bahan kimia. Teknologi ini memungkinkan distribusi

pestisida lebih merata dengan konsumsi bahan kimia yang lebih rendah, sejalan dengan temuan [Navulur et al. \(2017\)](#) yang menunjukkan bahwa sistem berbasis IoT dapat mengurangi penggunaan input hingga 25% tanpa mengurangi produktivitas. Selain itu, [Khanna & Kaur \(2019\)](#) yang menyatakan bahwa *IoT-based precision spraying* mampu menekan pemborosan pestisida melalui kontrol *real-time* terhadap kelembapan dan kondisi lahan.

Kedua, paparan bahan kimia terhadap petani berkurang 70% karena sistem otomatisasi mengurangi kontak langsung petani dengan pestisida. Kondisi ini konsisten dengan penelitian [Liakos et al. \(2018\)](#) yang menekankan bahwa mekanisasi pertanian presisi mampu meminimalkan kontak langsung petani dengan bahan berbahaya, sehingga mengurangi risiko kesehatan jangka panjang. Hal ini juga konsisten dengan laporan [World Health Organization \(2020\)](#) mengenai urgensi penerapan teknologi untuk menekan risiko kesehatan akibat pestisida.

Ketiga, biaya tenaga kerja menurun sekitar 40% karena penggunaan alat otomatis mengurangi kebutuhan pekerja tambahan pada musim tanam dan panen. Efisiensi tenaga kerja berdampak langsung pada pengurangan beban biaya produksi. Studi [Shamshiri et al. \(2018\)](#) menunjukkan bahwa penggunaan *agricultural robotics* dapat menurunkan biaya operasional tenaga kerja hingga 35%, terutama dalam aktivitas *spraying* dan monitoring.

Keempat, keterampilan petani meningkat signifikan, ditunjukkan oleh hasil *pre-test* dan *post-test* pelatihan. Sebanyak 75% peserta mampu menjelaskan kembali fungsi, cara kerja, dan perawatan alat secara mandiri. Hal ini menguatkan temuan [Sishodia et al. \(2020\)](#) bahwa efektivitas penerapan *smart farming* sangat dipengaruhi oleh keberhasilan transfer pengetahuan dalam pelatihan partisipatif.

3.4. Dampak sosial dan ekonomi

Selain manfaat teknis, program juga meningkatkan rasa aman petani dan margin keuntungan usaha tani. Petani melaporkan berkurangnya keluhan kesehatan akibat kontak langsung dengan pestisida. Hal ini sejalan dengan temuan [Balafoutis et al. \(2020\)](#) yang menyatakan bahwa penerapan *digital agriculture* bukan hanya menguntungkan secara ekonomi, tetapi juga memberikan dampak positif pada aspek kesehatan dan keberlanjutan lingkungan.

Dari sisi kelembagaan, kegiatan ini memperkuat kemandirian kelompok tani. Petani tidak lagi hanya menjadi pengguna teknologi, tetapi juga mampu melakukan pemeliharaan dasar secara mandiri. Kondisi ini mendukung hasil studi [Fountas et al. \(2020\)](#) yang menunjukkan bahwa adopsi teknologi berkelanjutan dipengaruhi oleh faktor sosial, termasuk tingkat kolaborasi antar petani dan dukungan lembaga lokal.

Program tidak hanya memberikan manfaat teknis, tetapi juga berdampak pada aspek sosial dan ekonomi. Petani merasa lebih aman dalam bekerja karena berkurangnya kontak langsung dengan pestisida. Selain itu, adanya efisiensi biaya operasional meningkatkan margin keuntungan usaha tani, yang diharapkan berdampak pada kesejahteraan keluarga petani.

Hasil program menunjukkan bahwa teknologi efektif dalam mengatasi masalah prioritas petani, yaitu rendahnya efisiensi penyemprotan, tingginya biaya tenaga kerja, dan risiko kesehatan. Dengan pendekatan berbasis pelatihan partisipatif, petani tidak hanya menjadi pengguna teknologi, tetapi juga mampu mengoperasikan dan

merawatnya secara mandiri. Temuan ini selaras dengan prinsip *community empowerment* yang menekankan transfer pengetahuan dan kemandirian masyarakat (Food and Agriculture Organization, 2019).

Namun, terdapat tantangan dalam keberlanjutan, khususnya pada aspek perawatan alat dan ketersediaan komponen. Oleh karena itu, perlu adanya penguatan kelembagaan kelompok tani sebagai pusat pengetahuan teknologi, serta kolaborasi dengan perguruan tinggi maupun pemerintah daerah untuk mendukung replikasi program di wilayah lain.

Secara keseluruhan, hasil kegiatan PkM ini membuktikan bahwa penerapan teknologi tepat guna yang diiringi dengan pendampingan berkelanjutan mampu meningkatkan produktivitas, menekan biaya, melindungi kesehatan petani, serta memperkuat kapasitas masyarakat desa menuju pertanian cerdas berkelanjutan.

3.5. Keberlanjutan program

Meski implementasi awal berjalan baik, tantangan keberlanjutan tetap ada, terutama terkait biaya perawatan dan ketersediaan komponen. Evaluasi program menunjukkan perlunya strategi keberlanjutan berbasis kelembagaan dengan membentuk pusat pengetahuan teknologi di tingkat desa. Dengan demikian, program ini tidak hanya berhasil meningkatkan efisiensi pertanian, tetapi juga memperkuat kapasitas sosial-ekonomi masyarakat desa. Integrasi antara pengalaman lokal dan hasil riset global memberikan landasan kuat bahwa solusi berbasis teknologi seperti *smart automatic agriculture spray* memiliki prospek replikasi di wilayah pertanian lain di Indonesia

4. Kesimpulan

Program Pemberdayaan Kemitraan Masyarakat di Desa Ringinarum, Kabupaten Kendal berhasil meningkatkan kapasitas dan produktivitas petani melalui implementasi teknologi *smart automatic agriculture spray*. Penerapan teknologi ini mampu meningkatkan efisiensi penyemprotan hingga 30%, mengurangi paparan bahan kimia terhadap petani sebesar 70%, serta menurunkan biaya tenaga kerja sekitar 40%. Selain itu, keterampilan petani juga meningkat signifikan, dengan lebih dari 75% peserta pelatihan mampu mengoperasikan dan merawat alat secara mandiri. Dampak positif tidak hanya terlihat pada aspek teknis, tetapi juga pada aspek sosial dan ekonomi, yaitu meningkatnya rasa aman petani, bertambahnya keuntungan usaha tani, serta tumbuhnya kesadaran akan pentingnya penerapan teknologi tepat guna. Dengan demikian, pendekatan berbasis teknologi yang dipadukan dengan pendampingan partisipatif terbukti mampu mendukung transformasi pertanian menuju sistem yang lebih modern, efisien, dan berkelanjutan. Keberhasilan program ini diharapkan dapat direplikasi di wilayah pertanian lain dengan dukungan kelembagaan kelompok tani, perguruan tinggi, serta pemerintah daerah untuk memperluas manfaat teknologi bagi masyarakat.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Semarang yang telah memfasilitasi tim pelaksana dalam menjalankan kegiatan ini. Penghargaan yang sebesar-besarnya diberikan kepada Kelompok Tani Ringinarum, Kecamatan

Ringinarum, Kabupaten Kendal atas partisipasi aktif, kerja sama, serta komitmennya selama program berlangsung. Tanpa dukungan semua pihak, kegiatan pengabdian ini tidak dapat terlaksana dengan baik.

Kontribusi Penulis

Pelaksanaan kegiatan: AEJ, RTN, PM; Persiapan artikel: AEJ, RTN; Analisis dampak pengabdian: RTN, PM; Penyajian hasil pengabdian: AEJ; Revisi artikel: PM; Serta kontribusi lainnya.

Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat potensi konflik kepentingan, baik finansial maupun non-finansial, yang dapat memengaruhi hasil dan pelaporan kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini. Seluruh kegiatan dilaksanakan secara objektif dan transparan sesuai dengan tujuan program.

Pendanaan

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini didanai oleh Direktorat Riset, Teknologi, dan Pengabdian kepada Masyarakat (DRTPM) Ditjen Diktiristek, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi melalui skema Program Kemitraan Masyarakat (PKM) tahun 2025.

Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik. (2022). *Statistik pertanian Indonesia*. BPS.
- Balafoutis, A. T., Beck, B., Fountas, S., Vangeyte, J., Van Der Wal, T., Soto, I., Gómez-Barbero, M., Barnes, A., & Eory, V. (2020). Precision agriculture technologies positively contributing to GHG emissions mitigation, farm productivity and economics. *Sustainability*, 9(8), 3727. <https://doi.org/10.3390/su9081339>
- Food and Agriculture Organization. (2019). *Precision agriculture and its benefits*. FAO.
- Fountas, S., Mylonas, N., Malounas, I., Rodias, E., Hellmann Santos, C., & Pekkeriet, E. (2020). Agricultural robotics for field operations. *Sensors*, 20(9), 2672. <https://doi.org/10.3390/s20092672>
- Kementerian Pertanian RI. (2021). *Teknologi penyemprotan pertanian berbasis otomatis*. Kementan.
- Khanna, A., & Kaur, S. (2019). Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 157(2), 218–231. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.039>
- Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2018). Machine learning in agriculture: A review. *Sensors*, 18(8), 2674. <https://doi.org/10.3390/s18082674>
- Muliandhi, P. (2022). Peningkatan keterampilan teknologi tepat guna pembuatan baterai magnesium lampu lilin air di SMK Negeri 1 Cluwak Kabupaten Pati. In *Laporan kinerja penelitian dan pengabdian* (p. 56). LPPM Universitas Semarang.

- Namami, S., & Gonen, B. (2020). Smart agriculture based on IoT and cloud computing. *2020 3rd International Conference on Information and Computer Technologies (ICICT)*, 52071. <https://doi.org/10.1109/ICICT50521.2020.00094>
- Navulur, S., Sastry, A. S. C. S., & Prasad, M. N. G. (2017). Agricultural management through wireless sensors and internet of things. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 7(6). <https://doi.org/10.11591/ijece.v7i6.pp3492-3499>
- Prasetyo, T. F., Sukmasari, M. D., Andayani, S. A., Nuraisah, A., Hidayatulloh, M. R., & Andriansah, D. (2025). Implementasi Pemanfaatan Perangkat IoT Pada Tanaman Holtikultura (Cabai Merah Besar Di Argapura Majalengka). *BERNAS: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(3), 2738–2746. <https://doi.org/10.31949/jb.v6i3.14782>
- Santoso, L. (2020). Penerapan smart farming dalam pertanian berkelanjutan. *Prosiding Seminar Nasional Pertanian*, 123–130.
- Shamshiri, R. R., Weltzien, C., Hameed, I. A., Yule, I. J., Grift, T. E., Balasundram, S. K., & Chowdhary, G. (2018). Research and development in agricultural robotics: A perspective of digital farming. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11(4), 1–14. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20181104.4278>
- Sishodia, R., Ray, R. L., & Singh, S. K. (2020). Applications of Remote Sensing in Precision Agriculture: a review. *Remote Sensing*, 12(19), 3136. <https://doi.org/10.3390/rs12193136>
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming – A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>
- World Health Organization. (2020). *Health risks associated with pesticides in agriculture*. WHO.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution Non-Commercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)