

**PERAN KELOMPOK TANI DALAM ADOPSI  
INOVASI *DRONE SPRAYER* UNTUK PERTANIAN  
BERKELANJUTAN PADA KELOMPOK TANI SINAR  
II, DESA SUKAMAKMUR, KECAMATAN AJUNG,  
KABUPATEN JEMBER**

***THE ROLE OF FARMER GROUPS IN ADOPTING  
DRONE SPRAYER INNOVATIONS FOR SUSTAINABLE  
AGRICULTURE IN THE SINAR II FARMER GROUP,  
SUKAMAKMUR VILLAGE, AJUNG SUBDISTRICT,  
JEMBER REGENCY***

**Muhamad Dani Setyawan<sup>1</sup>, Nurul Dwi Novikarumsari\*<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universitas Jember; Kabupaten Jember, 68121, Indonesia  
e-mail: <sup>1</sup>danisetiyawan379@gmail.com, \*<sup>2</sup>nuruldwin@unej.ac.id

***Abstrak***

Pembangunan pertanian berkelanjutan dan inovatif menjadi fokus pemerintah dalam menarik minat generasi muda. Teknologi modern, praktik ramah lingkungan, dan peluang usaha menarik berperan penting, di mana generasi muda menjadi agen krusial dalam inovasi dan penerapan teknologi. Penelitian ini bertujuan menganalisis proses adopsi inovasi drone sprayer pada Kelompok Tani Sinar Tani II, Desa Sukamakmur, Kecamatan Ajung, Kabupaten Jember. Menggunakan metode kualitatif dengan purposive sampling, data dikumpulkan melalui observasi, wawancara mendalam, dan dokumentasi, kemudian dianalisis menggunakan model Miles dan Huberman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa adopsi drone sprayer melalui lima tahap: pengetahuan (melalui pertemuan kelompok dan informasi antar petani), persuasi (pembentukan sikap positif berdasarkan keuntungan, kesesuaian, dan kemudahan uji coba), keputusan (78,58% informan memutuskan mengadopsi), implementasi (kendala cuaca, kerusakan mesin, dan penggunaan untuk pengendalian hama penyakit), dan konfirmasi (kesediaan petani untuk keberlanjutan penggunaan karena manfaat yang dirasakan). Penelitian ini mengindikasikan pentingnya peran kelompok tani dan pertukaran informasi dalam tahap awal adopsi, serta perlunya mengatasi kendala teknis dan lingkungan untuk implementasi yang efektif.

***Kata kunci***—Adopsi, Drone sprayer, Kelompok Tani

***Abstract***

*Sustainable and innovative agricultural development is the government's focus in attracting the younger generation. Modern technology, environmentally friendly practices, and attractive business opportunities play an important role, where the younger generation is a crucial agent in technological innovation and application. This study aims to analyze the adoption process of drone sprayer innovation in the Sinar Tani II Farmer Group, Sukamakmur Village, Ajung District, Jember Regency Using a qualitative method with*

*purposive sampling, data were collected through observation, in-depth interviews, and documentation, then analyzed using the Miles and Huberman model. The results showed that the adoption of drone sprayers went through five stages: knowledge (through group meetings and information among farmers), persuasion (formation of positive attitudes based on benefits, suitability, and ease of trial), decision (78.58% of informants decided to adopt), implementation (weather constraints, machine damage, and use for disease pest control), and confirmation (farmers' willingness to continue use due to perceived benefits). This study indicates the important role of farmer groups and information exchange in the early stages of adoption, as well as the need to overcome technical and environmental constraints for effective implementation.*

**Keywords**—Adoption, Drone sprayer, Farmer Group

## I. PENDAHULUAN

Pembangunan pertanian yang berkelanjutan dan inovatif diyakini dapat menarik minat generasi muda serta mengatasi tantangan kekurangan tenaga kerja. Pertanian presisi, dengan memanfaatkan data untuk pengambilan keputusan yang efisien, menjadi semakin relevan. Salah satu teknologi dalam pertanian presisi adalah *drone sprayer*, yang menawarkan efisiensi dalam pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) daripada metode konvensional. *Drone sprayer* dapat mengurangi limbah pestisida dan dampak lingkungan, serta meningkatkan efektivitas pengendalian OPT melalui penyemprotan yang lebih merata dan presisi, terutama pada lahan yang sulit dijangkau oleh alat konvensional (Hanif *et al.*, 2022; García-Munguía *et al.*, 2024; Bharad *et al.*, 2024). *Drone sprayer* memiliki potensi untuk mengurangi penggunaan bahan kimia, dapat meningkatkan efektivitas penyemprotan, dan memantau kondisi tanaman dari udara. *Drone sprayer* memungkinkan aplikasi pestisida dan pupuk secara presisi, sehingga penggunaan bahan kimia dapat dikurangi hingga 30-40% dibandingkan metode konvensional, tanpa menurunkan hasil panen (Hanif *et al.*, 2022; García-Munguía *et al.*, 2024; Guebsi & Chokmani, 2024).

Jumlah petani di Desa Sukamakmur dari periode 2020-2023 mengalami penurunan jumlah. Tahun 2020 berjumlah 2.900 orang petani dan pada tahun 2023 mengalami penurunan menjadi 2800 orang petani. Tenaga kerja yang berkurang dari periode 2020-2023 serta tingginya kebutuhan dalam penyemprotan tanaman budidaya menjadi alasan utama penggunaan *drone sprayer* hingga saat ini. Tren global dalam adopsi drone untuk pertanian sebagian besar didominasi oleh aspek teknis, performa, dan efisiensi *drone sprayer*, seperti pengaruh tipe nozzle, ketinggian terbang, serta parameter lainnya terhadap hasil semprotan dan efisiensi penggunaan pestisida (Delavarpour *et al.*, 2023; Hanif *et al.*, 2022). Selain itu, penelitian ini mendalami terkait proses adopsi *drone sprayer* di kalangan petani kecil dan menengah terutama terkait faktor sosial-ekonomi, pelatihan, dan hambatan teknis. Tantangan seperti akses teknologi, biaya awal, dan keterampilan operator menjadi hambatan utama yang belum banyak dieksplorasi secara spesifik di komunitas petani Indonesia (Wachenheim *et al.*, 2021; Bharad *et al.*, 2024). Penelitian-penelitian sebelumnya lebih banyak dilakukan di negara maju atau Asia Timur, sehingga hasil dan rekomendasinya belum tentu relevan untuk diterapkan di kelompok tani Indonesia (Bharad *et al.*, 2024).

Kabupaten Jember, sebagai salah satu lumbung padi di Jawa Timur, juga menghadapi dinamika adopsi teknologi pertanian. Desa Sukamakmur, Kecamatan Ajung, dengan mayoritas penduduknya sebagai petani dan memiliki kelompok tani aktif, menjadi lokasi menarik untuk studi adopsi inovasi. Kelompok Tani Sinar Tani II di desa ini telah mulai mengimplementasikan *drone sprayer* sejak akhir tahun 2022 melalui kerjasama dengan pihak swasta. Meskipun demikian, proses adopsi teknologi baru tidak selalu

berjalan mulus dan dapat menghadapi berbagai kendala, termasuk kesesuaian lahan dan biaya operasional. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara mendalam proses adopsi inovasi *drone sprayer* dalam praktik pertanian di Kelompok Tani Sinar Tani II, Desa Sukamakmur, Kecamatan Ajung, Kabupaten Jember. Maka, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tahapan-tahapan yang dilalui petani dalam menerima dan menggunakan teknologi *drone sprayer*, mulai dari pertama kali mengetahui hingga akhirnya memutuskan untuk menggunakannya secara berkelanjutan.

## II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan pendekatan naratif untuk menganalisis proses adopsi inovasi *drone sprayer* pada Kelompok Tani Sinar Tani II Desa Sukamakmur. Lokasi penelitian dipilih secara *purposive* karena kelompok tani ini merupakan pengadopsi awal *drone sprayer*. Informan dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*, meliputi ketua kelompok tani (informan kunci), anggota kelompok tani baik pengadopsi dan non-pengadopsi sejumlah 15 orang, PPL, dan operator *drone sprayer*. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi non-partisipan, wawancara semi-terstruktur, dan dokumentasi. Analisis data menggunakan model interaktif Miles dan Huberman melalui kondensasi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan. Keabsahan data diuji dengan triangulasi sumber dan teknik.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sejak akhir tahun 2022, Kelompok Tani Sinar Tani II di Desa Sukamakmur mulai mengadopsi *drone sprayer* sebagai inovasi pertanian. Langkah awal implementasi teknologi ini ditandai dengan kegiatan sosialisasi yang diselenggarakan bersama PT Maxxi Tani, bertujuan untuk memperkenalkan manfaat dan cara pemanfaatan drone dalam aplikasi pertanian kepada para anggota kelompok tani. Kelompok Tani Sinar Tani II di Desa Sukamakmur saat ini memiliki satu unit *drone sprayer* dengan kapasitas antara 10 hingga 40 liter, yang tersimpan di fasilitas gudang kelompok. Pengadaan drone ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam aplikasi berbagai kebutuhan pertanian, seperti penyemprotan pestisida, pupuk, maupun zat kimia lainnya pada lahan anggota kelompok tani. Gambar 1 menunjukkan penggunaan *drone sprayer* di lahan pertanian Kelompok Tani Sinar Tani II berikut.



**Gambar 1.** Penggunaan *drone sprayer* di lahan petani

Gambar 1 menunjukkan penggunaan *drone sprayer* yang dilakukan oleh petugas lapang di lokasi lahan milik anggota kelompok tani. Respon kelompok tani Sinar Tani II terhadap hadirnya inovasi baru dari luar kawasan dapat diuraikan melalui tahapan proses tahapan adopsi inovasi (Rogers, 2003). Konsep tahapan adopsi inovasi, proses tersebut terbagi menjadi lima fase antara lain: Pengetahuan, Persuasi, Keputusan, Implementasi, dan Konfirmasi berikut.

### 3.1. Fase Pengetahuan

Fase pengetahuan dalam adopsi inovasi pertanian sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor utama, seperti tingkat pendidikan, pendapatan, kepemilikan aset, kemauan belajar, dan akses informasi. Tingkat pendidikan petani di Kelompok Tani Sinar Tani II berkorelasi positif dibuktikan dengan inisiatif aktif dalam mencari informasi mengenai inovasi *drone sprayer* melalui forum pertemuan kelompok dan diskusi informal. Hal ini disebabkan karena pendidikan meningkatkan kemampuan memahami manfaat dan cara kerja inovasi (Dissanayake *et al.*, 2022; Ruzzante *et al.*, 2021). Meskipun demikian, variasi pendapatan anggota kelompok berkisar Rp 700.000-Rp 4.000.000, sehingga berpotensi memengaruhi kemampuan adopsi teknologi ini, terutama terkait biaya sewa. Variasi pendapatan juga berperan penting dalam adopsi inovasi karena petani dengan pendapatan lebih tinggi cenderung lebih mampu mengadopsi teknologi (Munz & Schuele, 2022). Hal ini dikarenakan petani dengan pendapatan yang lebih tinggi memiliki sumber daya untuk menanggung biaya awal, seperti sewa atau pembelian alat. Kepemilikan aset juga diyakini mempermudah akses petani terhadap informasi dan mempercepat proses adopsi. Lahan dan alat pertanian mempermudah akses terhadap informasi dan mempercepat proses adopsi, karena petani dengan aset lebih banyak biasanya lebih terhubung dengan jaringan informasi dan lembaga pendukung (Wu, 2022). Modal dasar dalam penerimaan inovasi ini adalah tingginya kemauan belajar di kalangan petani. Petani yang aktif mengikuti pelatihan atau diskusi kelompok lebih cepat memahami dan mengadopsi teknologi baru (Li *et al.*, 2023). Sumber informasi utama mengenai *drone sprayer* diperoleh melalui pertemuan kelompok tani yang rutin diadakan sejak tahun 2022 hingga 2024. Saat ini, pengetahuan petani lebih terfokus pada manfaat praktis *drone sprayer*, terutama dalam pengendalian hama dan penyakit tanaman.

### 3.2 Fase Persuasi

Inovasi *drone sprayer* dinilai positif oleh petani dalam Kelompok Tani Sinar Tani II di Desa Sukamakmur. Keuntungan relatif dirasakan melalui potensi pengurangan biaya modal penyemprotan manual serta aplikasi perawatan yang lebih presisi sesuai kebutuhan tanaman. Mayoritas petani juga merasakan kesesuaian *drone sprayer* dengan kebutuhan mereka dalam mempercepat proses penyemprotan dan berpotensi meningkatkan kualitas produksi pertanian. Hal ini sejalan dengan temuan penelitian kecocokan teknologi dengan kebutuhan lokal dan potensi peningkatan hasil panen sangat memengaruhi keputusan adopsi (Parmaksiz & Cinar, 2023). Meskipun demikian, kerumitan muncul ketika operasional drone terhambat oleh keberadaan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET), kabel listrik, atau pepohonan tinggi di lahan, serta kendala teknis saat terjadi kerusakan pada alat. Kompleksitas teknologi dan keterbatasan infrastruktur menjadi hambatan signifikan dalam adopsi digital agriculture. Hambatan ini banyak ditemukan dalam literatur berbagai faktor penghambat utama dalam adopsi digital agriculture, terutama dengan di wilayah dengan infrastruktur terbatas (Fragomeli *et al.*, 2024). Aspek triability dinilai baik, mengingat adanya uji coba gratis yang difasilitasi oleh kelompok tani pada awal pengenalan *drone sprayer*. Hal ini terbukti dapat meningkatkan kepercayaan dan minat petani untuk mencoba teknologi baru. Terakhir, penggunaan *drone sprayer* diamati secara langsung oleh petani melalui peningkatan kuantitas dan kualitas hasil panen pertanian.

### 3.3 Fase Keputusan

Fase keputusan dalam proses adopsi inovasi menurut Rogers (2003), individu atau kelompok dihadapkan pada pilihan untuk menerima atau menolak inovasi yang telah

diperkenalkan sebelumnya. Keputusan ini didasarkan pada evaluasi terhadap keuntungan relatif, kesesuaian dengan nilai dan kebutuhan, kompleksitas, kemampuan untuk diuji coba, serta observabilitas hasil inovasi tersebut. Proses ini melibatkan pertimbangan rasional dan emosional, serta dapat dipengaruhi oleh faktor sosial dan pengalaman pribadi.

Konteks Kelompok Tani Sinar Tani II di Desa Sukamakmur pada fase keputusan ditandai dengan evaluasi terhadap drone sprayer yang telah diperkenalkan melalui sosialisasi dan uji coba. Petani mempertimbangkan aspek-aspek seperti efisiensi biaya, peningkatan hasil panen, serta kesesuaian teknologi dengan kondisi lahan dan sumber daya yang dimiliki. Sebagian besar petani memutuskan untuk mengadopsi teknologi ini, sementara sebagian kecil memilih untuk tidak mengadopsi karena pertimbangan teknis dan kondisi lahan yang tidak mendukung. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ruzzante et al., (2021) bahwa pendidikan petani, ukuran lahan, akses terhadap kredit, kepemilikan lahan, akses ke layanan penyuluhan, dan keanggotaan organisasi secara konsisten berkorelasi positif dengan adopsi berbagai teknologi pertanian, meskipun determinan adopsi sangat bervariasi tergantung pada teknologi, konteks budaya, dan geografi. Selain itu, pengetahuan, sikap, kondisi sosial-ekonomi, dan pengalaman petani secara signifikan memengaruhi keputusan mereka untuk mengadopsi inovasi pertanian (Nurmaida et al., 2023; Hendrita et al., 2025).

Keputusan untuk mengadopsi atau menolak inovasi merupakan langkah krusial dalam proses difusi inovasi, yang akan mempengaruhi tahap implementasi dan konfirmasi selanjutnya. Oleh karena itu, penting bagi penyuluh pertanian dan pihak terkait untuk memahami dinamika fase keputusan ini guna merancang strategi yang efektif dalam memperkenalkan dan mendukung adopsi inovasi di tingkat petani.

#### 3.4 Fase Implementasi

*Drone sprayer* di Kelompok Tani Sinar Tani II menemui beberapa tantangan permasalahan utama yang dihadapi yaitu kendala operasional saat musim hujan, yang seringkali menunda jadwal penyemprotan. Cuaca ekstrem, seperti hujan dan angin kencang, secara signifikan membatasi efektivitas dan keamanan operasi drone di lahan pertanian (Guebsi et al., 2024). Selain itu, potensi kerusakan pada unit *drone sprayer* juga menjadi perhatian karena dapat menghentikan aktivitas penyemprotan secara keseluruhan. Hal ini diperkuat oleh temuan bahwa keterbatasan teknis, masa pakai baterai, dan kebutuhan perawatan rutin merupakan hambatan utama dalam adopsi drone di pertanian (Hafeez et al., 2022).

Pengadaan *drone sprayer* di kelompok tani ini dilakukan melalui kerjasama dengan perusahaan swasta yang menyediakan jasa penyewaan. Hal ini merupakan salah satu strategi yang banyak diadopsi untuk mengurangi beban investasi awal, terutama bagi kelompok tani berskala kecil hingga menengah (Istiak et al., 2023; Guebsi et al., 2024). Meskipun demikian, inovasi *drone sprayer* dinilai telah selaras dengan kebutuhan petani dan manfaatnya masih dirasakan hingga saat ini dalam kegiatan pertanian mereka. Manfaat *drone sprayer* yang dirasakan petani, seperti efisiensi waktu, pengurangan biaya tenaga kerja, dan aplikasi pestisida yang lebih presisi. Oleh karena itu, pentingnya dukungan pelatihan teknis, perbaikan infrastruktur, serta kebijakan yang mendukung akses dan keberlanjutan teknologi di tingkat petani (Guebsi et al., 2024).

#### 3.5 Fase Konfirmasi

Adopsi *drone sprayer* di kalangan petani Kelompok Tani Sinar Tani II menunjukkan kecenderungan keberlanjutan. Sebagian besar petani menyatakan kesediaan untuk melanjutkan adopsi *drone sprayer* karena manfaat yang telah mereka rasakan secara langsung dalam praktik pertanian. Sementara itu, terdapat kelompok petani yang tidak langsung mengadopsi di awal dikarenakan kurangnya informasi mengenai inovasi tersebut pada masa pengenalan. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Guebsi et al. (2024) bahwa akses informasi, pelatihan, dan sosialisasi teknologi merupakan faktor kunci dalam mempercepat adopsi inovasi di kalangan petani. Lebih lanjut, sebagian kecil petani memutuskan untuk tidak mengadopsi *drone sprayer* karena karakteristik lahan yang tidak

sesuai untuk operasional drone, serta adanya keyakinan bahwa penyemprotan manual masih memberikan hasil yang lebih maksimal bagi kondisi lahan mereka. Hal ini sejalan dengan temuan bahwa faktor teknis, seperti ukuran dan bentuk lahan, serta preferensi individu, sangat memengaruhi keputusan adopsi teknologi pertanian (Katekar & Cheruko, 2023). Tabel 1 menunjukkan jumlah informan yang mengadopsi dan tidak mengadopsi *drone sprayer* berikut.

**Tabel 1.** Jumlah informan mengadopsi dan tidak mengadopsi *drone sprayer*

| No            | Konfirmasi       | Jumlah (Orang) | Persentase (%) |
|---------------|------------------|----------------|----------------|
| 1.            | Mengadopsi       | 12             | 78,58          |
| 2.            | Tidak Mengadopsi | 3              | 21,42          |
| <b>Jumlah</b> |                  | <b>15</b>      | <b>100,00</b>  |

Berdasarkan tabel 1 jumlah yang mengadopsi *drone sprayer* di kelompok tani Sinar Tani II sebanyak 12 orang atau 78,58% dan yang tidak mengadopsi sebanyak 3 orang atau 21,42%. Anggota kelompok tani Sinar Tani II yang mengadopsi sejumlah 12 orang yang merupakan petani yang memiliki lahan luas serta pendapatan yang cukup serta lahan yang sesuai dengan penggunaan *drone sprayer*. Petani dengan lahan lebih luas dan pendapatan lebih tinggi cenderung mengadopsi teknologi baru karena mereka dapat menanggung biaya investasi dan memperoleh manfaat ekonomi yang lebih banyak (Wachenheim & Zheng, 2021). Anggota yang tidak mengadopsi terdapat 3 orang yang merupakan petani yang lahannya tidak sesuai dengan tempat penggunaan *drone sprayer*. Petani dengan lahan kecil, terpisah-pisah, atau memiliki hambatan fisik seperti pepohonan dan infrastruktur, cenderung tidak mengadopsi drone sprayer karena keterbatasan manfaat dan efisiensi (Wachenheim & Zheng, 2021).

#### IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menggambarkan proses adopsi inovasi *drone sprayer* di Kelompok Tani Sinar Tani II berdasarkan lima tahapan adopsi inovasi menurut Rogers (2003). Hasil penelitian menunjukkan bahwa proses adopsi berlangsung secara bertahap dan dipengaruhi oleh berbagai faktor sosial, ekonomi, teknis, dan lingkungan. Tahap pengetahuan dimulai melalui pertemuan kelompok dan komunikasi personal sejak tahun 2022. Faktor seperti tingkat pendidikan, pendapatan, kepemilikan aset, kemauan belajar, dan akses informasi sangat memengaruhi pemahaman awal terhadap adopsi dan inovasi. Tahap persuasi menunjukkan penerimaan positif petani terhadap *drone sprayer* karena manfaatnya dalam meningkatkan efisiensi penyemprotan dan potensi hasil panen. Namun, hambatan fisik seperti SUTET, pepohonan tinggi, dan kerusakan alat menjadi pertimbangan dalam menilai kompleksitas adopsi inovasi ini. Tahap keputusan menghasilkan adopsi oleh sebagian petani, sementara sebagian lain terkendala kondisi lahan. Tahap implementasi menunjukkan bahwa inovasi ini telah diterapkan dengan dukungan kerjasama penyedia jasa swasta. Kendala utama yang dihadapi meliputi cuaca ekstrem, kerusakan alat, dan keterbatasan teknis lainnya. Meskipun demikian, manfaat seperti efisiensi waktu, pengurangan biaya tenaga kerja, dan presisi aplikasi pestisida masih dirasakan oleh petani. Tahap konfirmasi menunjukkan sebanyak 78,58% petani mengadopsi *drone sprayer*, sedangkan 21,42% tidak mengadopsi karena keterbatasan lahan dan keyakinan terhadap metode manual. Keberlanjutan adopsi diperkuat oleh manfaat nyata yang dirasakan, terutama oleh petani dengan lahan luas dan pendapatan lebih tinggi.

## V. SARAN

Keberlanjutan adopsi *drone sprayer*, disarankan agar petani terus aktif mencari informasi terbaru. Aspek menarik dari inovasi perlu diperkuat melalui pelatihan teknis yang berkelanjutan dan penyesuaian penggunaan dengan kebutuhan lokal. Keberhasilan adopsi perlu didokumentasikan dan disebarakan, serta solusi alternatif dipertimbangkan bagi lahan yang tidak sesuai. Peningkatan konsultasi dengan penyuluh lapangan swasta penting selama tahap implementasi. Terakhir, program pelatihan lanjutan dan akses pembiayaan perawatan atau pembelian *drone* baru perlu difasilitasi untuk mempertahankan motivasi petani dalam melanjutkan adopsi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bharad, N. B., Vagadia, V. R., Lakhani, A. L., Khanpara, B. M., & Dulawat, M. S. (2024). A comprehensive review of unmanned aerial vehicle (UAV) sprayers used in modern agriculture. *Journal of Scientific Research and Reports*, 30(10), 573–585. <https://doi.org/10.9734/jsrr/2024/v30i102483>
- Delavarpour, N., Koparan, C., Zhang, Y., Steele, D., Betitame, K., Bajwa, S., & Sun, X. (2023). A review of the current unmanned aerial vehicle sprayer applications in precision agriculture. *Journal of the ASABE*, 66(3), 581–598. <https://doi.org/10.13031/ja.15128>
- Dissanayake, C. A. K., Jayathilake, W., Wickramasuriya, H. V. A., Dissanayake, U., & Wasala, W. M. C. B. (2022). A review on factors affecting technology adoption in agricultural sector. *Journal of Agricultural Sciences – Sri Lanka*, 17(2), 280–296. <https://doi.org/10.4038/jas.v17i2.9743>
- Fragomeli, R., Annunziata, A., & Punzo, G. (2024). Promoting the transition towards Agriculture 4.0: A systematic literature review on drivers and barriers. *Sustainability*, 16(6), 2425. <https://doi.org/10.3390/su16062425>
- García-Munguía, A., Guerra-Ávila, P., Islas-Ojeda, E., Flores-Sánchez, J., Vázquez-Martínez, O., García-Munguía, A., & García-Munguía, O. (2024). A review of drone technology and operation processes in agricultural crop spraying. *Drones*, 8(11), 674. <https://doi.org/10.3390/drones8110674>
- Guebsi, R., Mami, S., & Chokmani, K. (2024). Drones in precision agriculture: A comprehensive review of applications, technologies, and challenges. *Drones*, 8(11), 686. <https://doi.org/10.3390/drones8110686>
- Hafeez, A., Husain, M., Singh, S., Chauhan, A., Khan, M., Kumar, N., Chauhan, A., & Soni, S. (2022). Implementation of drone technology for farm monitoring & pesticide spraying: A review. *Information Processing in Agriculture*, 9(4), 482–495. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2022.02.002>
- Hanif, A., Han, X., & Yu, S. (2022). Independent control spraying system for UAV-based precise variable sprayer: A review. *Drones*, 6(12), 383. <https://doi.org/10.3390/drones6120383>
- Hendrita, V., Supriyanti, J., Jarlis, R., Komala, R., & Taufiqqurrahman. (2025). Adopsi inovasi sistem jajar legowo tipe 4:1 pada kelompok tani di Jorong Gadih Kecamatan Tanjung Gadang. *JAGO TOLIS: Jurnal Agrokomples Tolis*, 5(2), 144–151. <https://doi.org/10.56630/jago.v5i2.802148>
- Istiak, M., Syeed, M., Hossain, M., Uddin, M., Hasan, M., Khan, R., & Azad, N. (2023). Adoption of unmanned aerial vehicle (UAV) imagery in agricultural management: A systematic literature review. *Ecological Informatics*, 78, 102305. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2023.102305>
- Katekar, V., & Cheruku, J. (2023). The application of drone technology for sustainable agriculture in India. *Current Agriculture Research Journal*, 10(3), 195–201. <https://doi.org/10.12944/carj.10.3.19>

- Li, J., Liu, G., Chen, Y., & Li, R. (2023). Study on the influence mechanism of adoption of smart agriculture technology behavior. *Scientific Reports*, 13(1), 8554. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-35091-x>
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldana, J. (2014). *Qualitative Data Analysis*. Thousand Oaks, California: Sage Publications.
- Munz, J., & Schuele, H. (2022). Influencing the success of precision farming technology adoption—A model-based investigation of economic success factors in small-scale agriculture. *Agriculture*, 12(11), 1773. <https://doi.org/10.3390/agriculture12111773>
- Nurmaida, S. I., Edwina, S., & Yulida, R. (2023). Adopsi inovasi budidaya bawang merah pada petani bawang merah di Kelurahan Toapaya Asri Kecamatan Toapaya Kabupaten Bintan. *Jurnal Sosial Ekonomi Pertanian*, 19(1), 1–17. <https://doi.org/10.20956/jsep.v19i1.24404>
- Parmaksiz, O., & Cinar, G. (2023). Technology acceptance among farmers: Examples of agricultural unmanned aerial vehicles. *Agronomy*, 13(8), 2077. <https://doi.org/10.3390/agronomy13082077>.
- Rogers, Everett M. 2003. “Diffusion of Innovations”, 5th ed. New York: Free Press. A Division of Macmillan Publishing Co Inc.
- Ruzzante, S., Labarta, R., & Bilton, A. (2021). Adoption of agricultural technology in the developing world: A meta-analysis of the empirical literature. *World Development*, 146, 105599. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105599>
- Wachenheim, C., Fan, L., & Zheng, S. (2021). Adoption of unmanned aerial vehicles for pesticide application: Role of social network, resource endowment, and perceptions. *Technology in Society*, 64, 101470. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101470>
- Wu, F. (2022). Adoption and income effects of new agricultural technology on family farms in China. *PLoS ONE*, 17(4), e0267101. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0267101>