

PELATIHAN TEKNOLOGI DRONE SEBAGAI UPAYA MENDUKUNG PERTANIAN PRESISI PADA KOMUNITAS PETANI

Choirul Anam*, Mariyatul Qibtiyah, Dian Eka Kusumawati, Emmy Hamidah, Istiqomah

Fakultas Pertanian, Universitas Islam Darul Ulum Lamongan, Indonesia

*e-mail korespondi: choirulanam@unisda.ac.id

Abstract

Precision agriculture is a strategic solution to address the challenges of modern farming, such as climate change, limited resources, and the need to increase productivity. One of the supporting technologies in this system is the unmanned aerial vehicle (drone), which is used for land mapping, crop growth monitoring, and targeted input application. This activity aimed to improve farmers' understanding and skills in operating drones through participatory training and hands-on practice. The program was conducted in Menongo Village, Sukodadi Subdistrict, Lamongan Regency, involving 25 members of a local farmer group. The training methods included lectures, discussions, demonstrations, and field practice. Pre-test results showed that 28 percent of participants understood the basics of drone use, which increased to 88 percent in the post-test. A total of 72 percent of participants were able to operate drones independently. The evaluation indicated that most participants considered the technology efficient and potentially supportive of farmer autonomy. The training helped build awareness, positive attitudes, and technical skills among farmers regarding drone technology. Follow-up programs and institutional collaboration are needed to ensure the sustainable implementation of this technology in local farming systems. Integrating drone technology in precision agriculture has the potential to strengthen the independence and competitiveness of farmers at the village level.

Keywords: Precision agriculture; drone technology; farmer training; innovation

Abstrak

Pertanian presisi merupakan solusi strategis untuk menjawab tantangan pertanian modern, seperti perubahan iklim, keterbatasan sumber daya, dan kebutuhan peningkatan produktivitas. Salah satu teknologi pendukung dalam sistem ini adalah pesawat tanpa awak atau drone, yang digunakan untuk pemetaan lahan, pemantauan pertumbuhan tanaman, dan aplikasi input secara tepat sasaran. Kegiatan ini bertujuan untuk meningkatkan pemahaman dan keterampilan petani dalam mengoperasikan drone melalui pelatihan partisipatif dan praktik langsung. Kegiatan dilaksanakan di Desa Menongo, Kecamatan Sukodadi, Kabupaten Lamongan, dengan melibatkan 25 anggota kelompok tani. Metode pelatihan meliputi ceramah, diskusi, demonstrasi, dan praktik lapangan. Hasil pre-test menunjukkan bahwa 28 persen peserta memahami dasar penggunaan drone, yang meningkat menjadi 88 persen pada post-test. Sebanyak 72 persen peserta mampu mengoperasikan drone secara mandiri. Evaluasi menunjukkan bahwa mayoritas peserta menilai teknologi ini efisien dan potensial mendukung kemandirian petani. Pelatihan ini membangun kesadaran, sikap positif, dan keterampilan teknis petani terhadap teknologi drone. Diperlukan program lanjutan dan kolaborasi kelembagaan agar teknologi ini dapat diterapkan secara berkelanjutan dalam sistem pertanian lokal. Integrasi teknologi drone dalam pertanian presisi berpotensi memperkuat kemandirian dan daya saing petani di tingkat desa.

Kata Kunci: Pertanian presisi; teknologi drone; pelatihan petani; inovasi

Accepted: 2025-06-11

Published: 2025-07-22

PENDAHULUAN

Pertanian saat ini menghadapi berbagai tantangan, mulai dari perubahan iklim, keterbatasan lahan, penurunan produktivitas, hingga efisiensi dalam penggunaan sumber daya seperti air, pupuk, dan pestisida. Untuk mengatasi berbagai tantangan tersebut, pendekatan *pertanian presisi* mulai diperkenalkan dan diterapkan dalam sistem pertanian modern. Pertanian presisi merupakan metode budidaya yang memanfaatkan teknologi informasi dan peralatan canggih untuk mengelola lahan pertanian secara spesifik lokasi, sehingga lebih efisien, produktif, dan berkelanjutan (Gebbers & Adamchuk, 2010).

Salah satu teknologi yang memainkan peran penting dalam pertanian presisi adalah drone (unmanned aerial vehicle/UAV). Teknologi drone dapat digunakan untuk pemetaan lahan, pemantauan pertumbuhan tanaman, deteksi serangan hama atau penyakit, hingga penyemprotan pupuk dan pestisida secara presisi (Zhang & Kovacs, 2012). Namun, adopsi teknologi ini di kalangan petani masih relatif rendah, terutama di daerah pedesaan, karena keterbatasan informasi, keterampilan, dan akses terhadap pelatihan (Hunt et al., 2018).

Sebagai respons terhadap hal tersebut, tim pengabdian kepada masyarakat dari Universitas Islam Darul Ulum Lamongan melakukan kegiatan pelatihan penggunaan teknologi drone di Desa Menongo, Kecamatan Sukodadi, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur. Mitra kegiatan ini adalah kelompok tani setempat yang selama ini aktif dalam kegiatan budidaya padi dan hortikultura. Kegiatan ini bertujuan untuk mengenalkan teknologi drone kepada petani secara praktis dan aplikatif, serta meningkatkan kapasitas mereka dalam menerapkan konsep pertanian presisi guna mendukung produktivitas dan efisiensi usaha tani.

Tujuan utama kegiatan pengabdian ini adalah:

1. Memberikan edukasi kepada petani tentang konsep dan manfaat pertanian presisi.
2. Meningkatkan keterampilan petani dalam mengoperasikan drone untuk kebutuhan pertanian, seperti pemetaan lahan dan pemantauan tanaman.
3. Mendorong adopsi teknologi modern dalam praktik pertanian di Desa Menongo, sehingga produktivitas dan efisiensi usaha tani dapat ditingkatkan.

METODE

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini dilaksanakan dengan pendekatan partisipatif dan edukatif, yang bertujuan untuk memberdayakan petani melalui pelatihan langsung dan pendampingan intensif. Metode ini dipilih karena pendekatan partisipatif terbukti efektif dalam membangun kapasitas masyarakat serta meningkatkan keberlanjutan adopsi teknologi (Chambers, 1994).

1. Lokasi dan mitra kegiatan

Pengabdian masyarakat ini dilaksanakan oleh dosen dan mahasiswa prodi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Islam Darul 'Ulum Lamongan pada 26 - 27 Mei 2025 yang bertempat di Desa Menongo, Kecamatan Sukodadi, Kabupaten Lamongan, Jawa Timur, dengan melibatkan Kelompok Tani Menongo Sejahtera sebagai mitra utama. Kelompok ini terdiri dari 25 petani aktif yang mayoritas mengelola lahan sawah padi dan hortikultura.

2. Tahapan pelaksanaan

Pelaksanaan kegiatan terdiri dari beberapa tahapan berikut:

a. Sosialisasi dan koordinasi

Tim pelaksana melakukan koordinasi awal dengan perangkat desa dan kelompok tani untuk menyampaikan maksud dan tujuan kegiatan serta membangun komitmen partisipasi. Pendekatan ini bertujuan membangun rasa kepemilikan (*sense of ownership*) terhadap kegiatan pelatihan (Pretty, 1995).

b. Pelatihan Pengenalan Teknologi Drone

Materi pelatihan mencakup pengenalan konsep pertanian presisi, jenis-jenis drone untuk pertanian, serta manfaat penggunaannya dalam kegiatan budidaya. Pelatihan disampaikan melalui metode ceramah interaktif dan diskusi kelompok.

c. Praktik Lapangan

Setelah sesi teori, peserta dilibatkan langsung dalam praktik pengoperasian drone, mulai dari kalibrasi, penerbangan otomatis (*automated flight*), hingga pemetaan lahan menggunakan citra udara. Praktik ini bertujuan meningkatkan keterampilan teknis dan kepercayaan diri petani dalam menggunakan perangkat UAV (Tokekar et al., 2016).

d. Evaluasi dan Pendampingan

Evaluasi dilakukan melalui pre-test dan post-test untuk mengetahui peningkatan pemahaman peserta. Selain itu, tim pelaksana juga memberikan pendampingan lanjutan selama 2 minggu setelah pelatihan guna memastikan keberhasilan implementasi dan menyelesaikan kendala teknis yang mungkin dihadapi petani.

3. Metode evaluasi

Evaluasi pelatihan mencakup aspek pengetahuan, sikap, dan keterampilan peserta, yang dikumpulkan melalui kuesioner dan observasi langsung. Pendekatan evaluasi ini sejalan dengan model *Kirkpatrick Evaluation Model* yang umum digunakan dalam pelatihan berbasis kompetensi (Kirkpatrick & Kirkpatrick, 2006).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Partisipasi peserta dan respons komunitas

Kegiatan pelatihan diikuti oleh 25 orang anggota Kelompok Tani Menongo Sejahtera dengan tingkat kehadiran mencapai 100%. Antusiasme peserta sangat tinggi, terlihat dari keterlibatan aktif dalam sesi diskusi, tanya jawab, serta semangat saat mengikuti praktik lapangan penggunaan drone. Hal ini menunjukkan bahwa para petani memiliki minat yang besar terhadap inovasi teknologi dalam bidang pertanian.

Respons positif ini menunjukkan bahwa petani mulai menyadari pentingnya penerapan teknologi untuk mendukung efisiensi dan akurasi dalam usaha tani mereka (Sishodia, Ray, & Thomson, 2020). Kesadaran ini diperkuat oleh pengalaman langsung yang mereka dapatkan selama pelatihan, yang memberikan gambaran nyata mengenai manfaat praktis dari penggunaan drone, seperti efisiensi waktu kerja, penghematan biaya operasional, dan kemudahan dalam pemantauan kondisi tanaman di lahan yang luas.

Selain itu, partisipasi aktif juga mencerminkan adanya rasa kepemilikan (*sense of ownership*) terhadap teknologi baru, karena pendekatan pelatihan dilakukan secara partisipatif dan aplikatif. Kegiatan ini tidak hanya meningkatkan pengetahuan teknis petani, tetapi juga membangun semangat kolektif untuk bersama-sama menerapkan inovasi dalam sistem pertanian mereka. Keterlibatan tokoh masyarakat dan perangkat desa juga turut mendukung keberhasilan kegiatan ini, karena menciptakan suasana kolaboratif antara petani, akademisi, dan pemerintah desa.

Dengan dasar partisipasi yang kuat ini, dapat disimpulkan bahwa penerimaan awal terhadap teknologi drone cukup tinggi dan berpotensi untuk dikembangkan lebih lanjut melalui program lanjutan seperti pendampingan teknis, pembentukan unit usaha bersama, atau pengadaan alat melalui dana desa.



Gambar 1. Kegiatan pembekalan penggunaan drone

2. Peningkatan pengetahuan dan keterampilan

Hasil pre-test menunjukkan bahwa hanya **28%** peserta memiliki pemahaman dasar mengenai konsep dan fungsi drone dalam pertanian. Mayoritas peserta belum mengenal teknologi ini secara rinci, terutama dalam konteks aplikasi spesifik seperti pemetaan lahan, pemupukan presisi, maupun deteksi dini terhadap stres tanaman. Rendahnya angka ini mencerminkan keterbatasan akses informasi teknologi canggih di kalangan petani pedesaan.

Namun, setelah pelatihan, hasil post-test meningkat secara signifikan. Sebanyak **88% peserta** mampu menjelaskan dengan benar fungsi dan manfaat drone dalam beberapa aspek penting pertanian presisi, seperti:

- **Pemetaan lahan berbasis citra udara** untuk perencanaan tanam dan evaluasi kondisi agroekosistem.
- **Aplikasi pemupukan dan pestisida secara presisi** yang menghemat input dan mengurangi dampak lingkungan.
- **Pemantauan kesehatan tanaman** berdasarkan warna daun dan indeks vegetasi (NDVI), yang memungkinkan deteksi dini terhadap kekeringan, hama, atau penyakit.

Peningkatan drastis ini menunjukkan keberhasilan proses transfer pengetahuan yang dilakukan dengan **metode pelatihan partisipatif dan praktik langsung**. Petani tidak hanya menerima materi secara teoritis, tetapi juga secara aktif mengoperasikan drone, melakukan simulasi pemetaan, dan menganalisis data hasil terbang.

Menurut **Nasirahmadi, Sturm, & Hensel (2020)**, efektivitas pelatihan teknologi di bidang pertanian sangat ditentukan oleh pendekatan yang bersifat interaktif, kontekstual, dan berbasis pengalaman nyata. Hal ini sejalan dengan hasil pelatihan ini, di mana keterlibatan langsung peserta terbukti mampu meningkatkan pemahaman dan keterampilan teknis mereka dalam waktu singkat.

Lebih jauh lagi, peningkatan keterampilan ini tidak hanya terbatas pada pemahaman alat, tetapi juga membangun **kepercayaan diri petani** dalam menghadapi transformasi digital pertanian. Peserta mulai menunjukkan inisiatif untuk mendiskusikan bagaimana teknologi ini bisa diterapkan di lahan masing-masing, termasuk pertimbangan biaya, skema kerjasama kelompok, dan potensi integrasi dengan data cuaca atau sistem informasi pertanian lainnya.

Dengan demikian, pelatihan ini tidak hanya berdampak pada peningkatan literasi teknologi petani, tetapi juga memunculkan potensi keberlanjutan dalam adopsi inovasi pertanian presisi di tingkat lokal.

Evaluasi kepuasan peserta pelatihan dilakukan untuk mengetahui persepsi dan tingkat penerimaan petani terhadap penggunaan teknologi drone dalam praktik pertanian. Empat pernyataan disampaikan kepada peserta untuk memperoleh respon "Setuju" atau "Tidak Setuju". Hasilnya disajikan dalam Gambar 2 dan dijabarkan sebagai berikut:

1. Penggunaan Drone sebagai Pilihan Utama dalam Bertani
Sebanyak 65% peserta menyatakan setuju bahwa drone dapat menjadi pilihan utama dalam praktik pertanian modern, sementara 35% tidak setuju. Hal ini menunjukkan bahwa mayoritas peserta telah memiliki pemahaman dan kepercayaan terhadap potensi drone dalam menggantikan atau melengkapi metode konvensional. Namun, masih ada sekelompok petani yang mungkin memerlukan pendekatan lebih lanjut, terutama dalam hal demonstrasi langsung dan analisis biaya-manfaat.
2. Efisiensi Biaya Tenaga Kerja melalui Drone
Sebanyak 80% peserta setuju bahwa penggunaan drone dapat membantu mengurangi biaya tenaga kerja, sedangkan 20% tidak setuju. Ini menjadi indikasi kuat bahwa petani mulai melihat nilai ekonomis dari otomatisasi proses seperti penyemprotan pestisida atau pemantauan lahan. Drone dianggap mampu menghemat waktu dan tenaga, terutama di lahan luas yang sebelumnya membutuhkan banyak tenaga kerja manual.

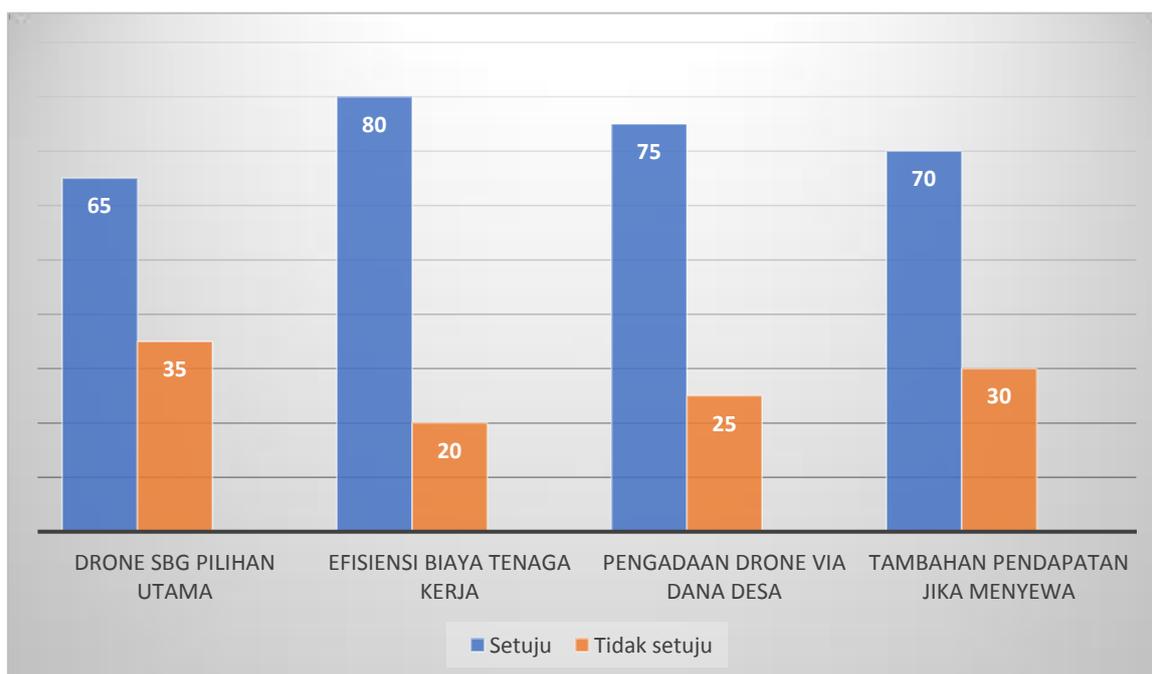
3. Pengadaan Drone melalui Dana Desa

Sebanyak 75% peserta setuju jika dana desa digunakan untuk pengadaan drone pertanian, sedangkan 25% tidak setuju. Dukungan ini mencerminkan kesadaran peserta terhadap pentingnya kolaborasi kelembagaan untuk meningkatkan akses terhadap teknologi. Namun, masih diperlukan pendekatan transparansi, edukasi, dan kebijakan bersama agar alokasi dana desa bisa digunakan secara bijak dan tepat sasaran.

4. Drone sebagai Sumber Pendapatan Tambahan (melalui Sewa)

Sebanyak 70% peserta setuju bahwa drone bisa digunakan sebagai sumber pendapatan tambahan, jika disewakan ke petani lain, sementara 30% tidak setuju. Artinya, sebagian besar peserta tidak hanya melihat drone sebagai alat bantu produksi, tetapi juga sebagai aset produktif ekonomi. Model bisnis berbasis kelompok tani atau BUMDes yang mengelola jasa sewa drone bisa menjadi peluang ekonomi baru di desa.

Kesimpulan sementara: Secara umum, hasil evaluasi menunjukkan bahwa pelatihan berhasil membangun kesadaran dan sikap positif peserta terhadap adopsi teknologi drone di sektor pertanian. Tingginya tingkat persetujuan terhadap manfaat drone, baik dari aspek teknis maupun ekonomi, membuka peluang untuk tindak lanjut seperti pendampingan, skema pembiayaan, dan penyusunan regulasi desa. Respon yang masih negatif pada beberapa pernyataan perlu diperhatikan sebagai umpan balik untuk meningkatkan efektivitas pelatihan dan penyuluhan di masa mendatang.



Gambar 2. Hasil evaluasi kepuasan peserta pelatihan penggunaan drone

3. Keterampilan operasional drone

Selama sesi **praktik lapangan**, seluruh peserta diberi kesempatan untuk secara langsung mengoperasikan drone pertanian. Pelatihan dilakukan secara bertahap, mencakup:

- **Persiapan perangkat** (pengecekan baterai, koneksi GPS, kalibrasi kompas, dan koneksi ke perangkat kendali),
- **Penerbangan otomatis** dengan perencanaan rute melalui aplikasi mission planner atau software sejenis,

- **Pengambilan data citra udara** yang berguna untuk pemetaan NDVI, identifikasi batas lahan, serta pemantauan pertumbuhan tanaman.

Hasil dari evaluasi observasional menunjukkan bahwa **72% peserta mampu mengoperasikan drone secara mandiri**, mulai dari persiapan hingga pelaksanaan misi terbang sederhana. Peserta ini menunjukkan tingkat pemahaman yang baik dalam membaca antarmuka aplikasi, mengatur parameter penerbangan, serta menganalisis citra yang dihasilkan.

Sementara itu, **28% peserta lainnya masih memerlukan pendampingan teknis**, terutama dalam aspek navigasi drone dan troubleshooting perangkat. Hal ini cukup wajar mengingat tingkat kompleksitas teknologi dan perbedaan latar belakang pendidikan peserta.

Temuan ini **sejalan dengan penelitian Tsouros, Bibi, & Sarigiannidis (2019)**, yang menekankan bahwa keberhasilan adopsi teknologi UAV (Unmanned Aerial Vehicle) dalam sektor pertanian sangat bergantung pada **intensitas pelatihan praktis dan pengalaman langsung** dalam pengoperasian alat. Tanpa pengalaman hands-on, petani cenderung merasa enggan menggunakan drone karena takut merusak perangkat atau mengalami kegagalan teknis.

Lebih jauh, pelatihan operasional ini tidak hanya meningkatkan **keterampilan teknis**, tetapi juga:

- **Meningkatkan rasa percaya diri petani** dalam mengadopsi teknologi baru,
- Membuka wawasan peserta tentang potensi integrasi drone dengan sistem informasi pertanian digital (contoh: pemetaan berbasis GIS, integrasi data satelit, dll),
- Menumbuhkan minat untuk mengembangkan **layanan drone berbasis komunitas** seperti penyewaan alat atau jasa pemetaan untuk petani lain.

Sebagai tambahan, beberapa peserta juga menunjukkan inisiatif untuk mendiskusikan **modifikasi penggunaan drone untuk aplikasi pemupukan cair atau penyemprotan pestisida**, menunjukkan adanya potensi **inovasi lokal** yang dapat dikembangkan pasca pelatihan ini.

Secara keseluruhan, kegiatan praktik ini memberikan bukti bahwa pendekatan pelatihan berbasis pengalaman langsung sangat efektif dalam membekali petani dengan keterampilan operasional drone, yang menjadi pondasi penting bagi **transformasi pertanian berbasis teknologi** di tingkat tapak.



Gambar 3. Penggunaan drone di lahan pertanian

4. Implikasi bagi pertanian presisi di tingkat lokal

Penerapan teknologi drone memiliki **dampak strategis** dalam mempercepat adopsi **pertanian presisi** di tingkat lokal, terutama di wilayah pedesaan seperti Desa Menongo. Teknologi ini memungkinkan petani untuk:

- Melakukan **pemetaan lahan secara akurat**, termasuk identifikasi batas-batas lahan, zona produktivitas, dan variasi topografi,
- Melakukan **pemantauan pertumbuhan tanaman secara berkala**, termasuk deteksi dini terhadap stres tanaman, hama, atau kekurangan unsur hara,
- Melakukan **aplikasi input secara presisi**, seperti pemupukan variabel-rate atau penyemprotan pestisida berbasis data spasial, sehingga mengurangi pemborosan dan meningkatkan efisiensi.

Menurut Zhang & Kovacs (2012), drone memainkan peran kunci dalam meningkatkan efisiensi penggunaan input pertanian dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data, yang secara langsung berkontribusi terhadap peningkatan produktivitas dan keberlanjutan pertanian. Dalam konteks pelatihan ini, petani tidak hanya diperkenalkan pada teknologi drone, tetapi juga pada **kerangka berpikir pertanian presisi**, yaitu pendekatan berbasis data untuk merespons kebutuhan spesifik tanaman dan kondisi lingkungan setempat. Hal ini merupakan **langkah awal yang penting** dalam menggeser paradigma pertanian tradisional ke arah yang lebih modern dan berbasis teknologi.

Beberapa **implikasi nyata** yang diharapkan muncul dari pelatihan ini antara lain:

- **Optimalisasi praktik budidaya**: Petani dapat menyesuaikan pola tanam, irigasi, dan pemupukan berdasarkan informasi spasial yang dihasilkan dari pemetaan drone.
- **Penghematan biaya produksi**: Dengan aplikasi input yang lebih tepat sasaran, petani dapat mengurangi pemakaian pupuk dan pestisida secara signifikan.
- **Peningkatan hasil panen dan kualitas produk**: Monitoring pertumbuhan tanaman secara berkala memungkinkan intervensi dini yang berdampak pada hasil dan mutu produksi.
- **Pengembangan layanan berbasis komunitas**: Adanya petani-petani yang terlatih membuka peluang pembentukan kelompok layanan drone lokal yang dapat disewakan ke petani lain, menciptakan potensi **unit usaha baru di pedesaan**.
- **Kesiapan menghadapi era digitalisasi pertanian**: Pelatihan ini menjadi batu loncatan bagi petani dalam memahami dan memanfaatkan teknologi lain seperti Internet of Things (IoT), sensor tanah, dan sistem informasi geografis (GIS).

Dengan bekal keterampilan dan pemahaman baru ini, petani di Desa Menongo diharapkan tidak hanya menjadi pengguna teknologi, tetapi juga dapat berperan aktif dalam **mewujudkan sistem pertanian yang adaptif, efisien, dan berkelanjutan**. Keberhasilan ini juga dapat menjadi **model percontohan** bagi desa-desa lain dalam mengintegrasikan teknologi digital ke dalam sistem pertanian lokal.

KESIMPULAN

Pelatihan penggunaan teknologi drone yang dilaksanakan di Desa Menongo, Kecamatan Sukodadi, Lamongan telah berhasil meningkatkan pemahaman dan keterampilan petani dalam mengoperasikan drone untuk mendukung praktik pertanian presisi. Melalui pendekatan partisipatif dan praktik langsung, peserta pelatihan mampu memahami fungsi utama drone dalam pemetaan lahan, pemantauan kesehatan tanaman, dan efisiensi input pertanian. Peningkatan hasil post-test dan kemampuan operasional drone menunjukkan bahwa kegiatan ini memberikan dampak positif dalam membangun kapasitas teknologi di tingkat petani lokal.

REKOMENDASI

1. Penguatan Program Lanjutan
Diperlukan pelatihan lanjutan secara berkala untuk memperdalam keterampilan teknis dan analisis data hasil pemetaan drone.
2. Kolaborasi dengan Instansi Terkait

Pemerintah daerah dan lembaga penyuluhan pertanian disarankan untuk menjalin kemitraan dengan perguruan tinggi atau lembaga riset guna mendorong adopsi teknologi ini secara lebih luas.

3. Penyediaan Infrastruktur dan Pendanaan

Diperlukan dukungan peralatan dan skema pembiayaan agar kelompok tani dapat memiliki dan memanfaatkan drone secara mandiri untuk kegiatan produksi dan pengelolaan lahan.

4. Integrasi dengan Sistem Informasi Pertanian

Hasil data drone sebaiknya diintegrasikan ke dalam sistem informasi desa untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis data dan perencanaan tanam yang lebih presisi.

Melalui langkah-langkah tersebut, diharapkan pertanian presisi dapat diterapkan secara nyata dan berkelanjutan di tingkat petani, sehingga meningkatkan produktivitas dan efisiensi usaha tani lokal.

DAFTAR PUSTAKA

- Chambers, R. (1994). *Participatory Rural Appraisal (PRA): Analysis of Experience*. World Development, 22(9), 1253–1268. [https://doi.org/10.1016/0305-750X\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0305-750X(94)90003-5)
- Gebbers, R., & Adamchuk, V. I. (2010). Precision agriculture and food security. *Science*, 327(5967), 828–831. <https://doi.org/10.1126/science.1183899>
- Hunt, E. R., Daughtry, C. S. T., & McMurtrey, J. E. (2018). Remote sensing with unmanned aircraft systems for precision agriculture applications. In M. S. Andersen (Ed.), *Precision Agriculture Technology for Crop Farming* (pp. 215–236). CRC Press.
- Kirkpatrick, D. L., & Kirkpatrick, J. D. (2006). *Evaluating Training Programs: The Four Levels* (3rd ed.). Berrett-Koehler Publishers.
- Nasirahmadi, A., Sturm, B., & Hensel, O. (2020). Recent advances in the application of imaging and artificial intelligence for monitoring animal and plant production. *Agriculture*, 10(3), 81. <https://doi.org/10.3390/agriculture10030081>
- Pretty, J. N. (1995). *Regenerating Agriculture: Policies and Practice for Sustainability and Self-Reliance*. Earthscan Publications.
- Sishodia, R. P., Ray, R. L., & Thomson, A. M. (2020). Applications of remote sensing in precision agriculture: A review. *Remote Sensing*, 12(19), 3136. <https://doi.org/10.3390/rs12193136>
- Tokekar, P., Hook, J., Mulla, D., & Isler, V. (2016). Sensor planning for a symbiotic UAV and UGV system for precision agriculture. *IEEE Transactions on Robotics*, 32(6), 1498–1511. <https://doi.org/10.1109/TRO.2016.2620539>
- Tsouros, D. C., Bibi, S., & Sarigiannidis, P. G. (2019). A review on UAV-based applications for precision agriculture. *Information*, 10(11), 349. <https://doi.org/10.3390/info10110349>
- Zhang, C., & Kovacs, J. M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: A review. *Precision Agriculture*, 13(6), 693–712. <https://doi.org/10.1007/s11119-012-9274-5>