

Analisis Hambatan Adopsi dan Persepsi Petani Padi terhadap Inovasi Teknologi Drone Sprayer di Kecamatan Jetis

Bayu Eka Andrianto, Sutan Tarmizi Lubis*, Hartini
Pengelolaan Perkebunan, Politeknik LPP Yogyakarta
*Email Korespondensi: bayuekaandrianto@gmail.com

Abstrak

Modernisasi pertanian melalui teknologi *smart precision farming* diharapkan mampu mendongkrak efisiensi budidaya, namun tingkat adopsinya di kalangan petani lokal masih menghadapi tantangan nyata. Penelitian ini bertujuan menganalisis hambatan adopsi dan persepsi petani padi terhadap inovasi teknologi *drone sprayer* melalui Program Makmur di Kecamatan Jetis, Kabupaten Bantul. Pengumpulan data dilakukan selama kegiatan magang Taruna Makmur Batch 7 pada Juli–Desember 2025 menggunakan metode campuran (*mixed methods*) meliputi observasi partisipatif, kuesioner skala Likert 1–5, dan wawancara mendalam terhadap 30 responden anggota Kelompok Tani Ngudi Raharjo di Desa Canden yang dipilih secara *purposive sampling* berdasarkan keaktifan kelompok dan pengalaman bertani minimal tiga tahun, dengan uji coba pada lahan seluas 3 hektar milik petani kunci. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan *drone sprayer* melalui sistem Petrospring memberikan dampak tekno-ekonomi signifikan, yaitu meningkatkan efisiensi waktu kerja sebesar 88,89% (dari 9 hari menjadi 1 hari) serta mereduksi biaya operasional sebesar 16,67% (dari Rp300.000 menjadi Rp250.000 per hektar) dengan sebaran cairan agen hayati yang lebih merata. Meskipun demikian, persepsi dan minat sebagian besar petani terhadap teknologi ini masih rendah akibat kepemilikan lahan sempit, keterbatasan modal mandiri, dan minimnya pemahaman operasional. Skor rata-rata persepsi manfaat mencapai 3,8/5,0, persepsi kemudahan penggunaan 2,6/5,0, dan minat adopsi mandiri 2,4/5,0. Dapat disimpulkan bahwa teknologi *drone sprayer* terbukti meningkatkan efisiensi usaha tani padi, namun keberlanjutan adopsinya memerlukan pendampingan sosio-teknis intensif dan fasilitasi skema pembiayaan terjangkau bagi petani skala kecil.

Kata kunci: Adopsi Teknologi, Drone Sprayer, Hambatan Petani, Persepsi, Pertanian Presisi

Abstract

Agricultural modernization through *smart precision farming* technology is expected to boost cultivation efficiency, yet its adoption among local farmers still faces real challenges. This study aims to analyze the adoption barriers and rice farmers' perceptions of drone sprayer technology innovation through the Makmur Program in Jetis Subdistrict, Bantul Regency. Data were collected during the Taruna Makmur Batch 7 internship from July to December 2025 using mixed methods, including participatory observation, a 1–5 Likert-scale questionnaire, and in-depth interviews with 30 members of the Ngudi Raharjo Farmer Group in Canden Village, selected through purposive sampling based on group activeness and at least three years of farming experience, with field trials conducted on 3 hectares belonging to key farmers. Results show that the use of drone sprayer through the Petrospring system provided significant techno-economic impacts, increasing work-time efficiency by 88.89% (from 9 days to 1 day) and reducing operational costs by 16.67% (from IDR300,000 to IDR250,000 per hectare), with more even distribution of biological control agents. Nevertheless, most farmers' initial perceptions and interest remained low due to limited land ownership, restricted independent capital, and minimal understanding of operational procedures. The average score for perceived benefit was 3.8/5.0, perceived ease of use 2.6/5.0, and independent adoption interest 2.4/5.0. In conclusion, drone sprayer technology empirically improves rice farming efficiency, but sustained adoption requires intensive socio-technical assistance and accessible financing schemes for smallholder farmers.

Keywords: Technology Adoption, Drone Sprayer, Farmer Barriers, Perception, Precision Agriculture

PENDAHULUAN

Sektor pertanian global saat ini sedang mengalami transformasi besar menuju era Pertanian 4.0 yang mengintegrasikan digitalisasi dan mekanisasi presisi untuk menjawab tantangan ketahanan pangan dan kelestarian lingkungan (Basso & Antle, 2020; Klerkx *et al.*, 2019). Salah satu inovasi mutakhir yang berkembang pesat adalah penggunaan Unmanned Aerial Vehicle (UAV) atau drone sprayer untuk otomatisasi perlindungan tanaman (Radoglou-Grammatikis *et al.*, 2020; Daponte *et al.*, 2019). Di tingkat nasional, Pemerintah Indonesia melalui Badan Usaha Milik Negara (BUMN) mempercepat transformasi ini melalui ekosistem kemitraan terpadu, seperti Program Makmur yang diinisiasi oleh PT Pupuk Indonesia dan dijalankan oleh PT Petrokimia Gresik. Ekosistem ini dirancang untuk mendampingi petani secara intensif dari hulu ke hilir demi meningkatkan produktivitas komoditas pangan strategis seperti padi sawah (*Oryza sativa*). Di tingkat lokal, Kecamatan Jetis yang terletak di Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, diidentifikasi sebagai wilayah dengan potensi mekanisasi pertanian yang tinggi dibandingkan daerah sekitarnya karena keaktifan kelembagaan petaninya. Melalui Divisi Agrosolution PT Petrokimia Gresik, diperkenalkan teknologi Petrospring (Petro Smart Precision Farming) yang memanfaatkan drone untuk aplikasi pupuk cair dan Agen Pengendali Hayati (APH) berbasis bahan organik. Pemanfaatan teknologi penginderaan jauh berbasis UAV semacam ini sejalan dengan potensinya untuk mendukung penerapan pertanian presisi di Indonesia (Rokhmana, 2015).

Meskipun inovasi drone sprayer menawarkan keunggulan teknis yang superior, proses penyebaran dan penerimaannya di tingkat petani pedesaan tidak selalu berjalan mulus. Penggunaan drone terbukti mampu mengoptimalkan efektivitas pengendalian hama karena menghasilkan sebaran butiran (droplet) yang lebih merata dan mampu menembus kanopi tanaman padi secara efektif dibandingkan metode penyemprotan punggung konvensional (Qin *et al.*, 2016; Yang *et al.*, 2018). Selain itu, otomatisasi ini meminimalkan risiko kesehatan petani akibat paparan langsung bahan kimia di lapangan (Fountas *et al.*, 2020). Namun, realitas di lapangan menunjukkan adanya jurang pemisah (gap) antara ketersediaan teknologi tinggi dengan kapasitas adopsi petani lokal. Hambatan umum dalam adopsi teknologi pertanian presisi biasanya berakar pada masalah ekonomi, ketidaksesuaian skala usaha tani, serta kecemasan teknis dari para produsen tradisional (Barnes *et al.*, 2019; Ruzzante *et al.*, 2021). Petani skala kecil sering kali memandang investasi teknologi modern sebagai beban finansial yang tinggi dan kurang relevan dengan

kondisi lahan mereka yang terfragmentasi (Vecchio *et al.*, 2020). Oleh karena itu, diperlukan kajian mendalam untuk mengevaluasi bagaimana persepsi psikologis dan hambatan struktural ini berinteraksi di lapangan saat sebuah program korporasi pertanian diintroduksi.

Penelitian ini memiliki keunikan dan kebaruan (*novelty*) karena mengevaluasi secara langsung implementasi drone sprayer (Petrospring) dalam kerangka program kemitraan terpadu (Program Makmur) yang melibatkan pendampingan langsung oleh mahasiswa pertanian sebagai Taruna Makmur. Berbeda dengan penelitian adopsi drone umum yang berfokus pada aspek teknis murni atau pembelian alat secara mandiri, riset ini mengupas bagaimana skema pemberian fasilitas pendampingan kelompok dapat memengaruhi pergeseran persepsi petani tradisional di lahan sawah Jawa yang padat populasi dan sempit secara spasial. Pemahaman yang komprehensif mengenai dinamika ini sangat krusial bagi pengambil kebijakan dan industri pupuk nasional untuk menyusun strategi penyuluhan dan diseminasi teknologi yang tepat sasaran. Berdasarkan latar belakang tersebut, tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis hambatan nyata dalam adopsi teknologi, mengevaluasi persepsi serta minat petani padi terhadap inovasi drone sprayer Petrospring, dan merumuskan peranan taktis Program Makmur dalam menjembatani transformasi pertanian presisi di Kecamatan Jetis, Kabupaten Bantul.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan metode bauran (*mixed methods*) yang mengombinasikan analisis kuantitatif untuk parameter ekonomi-efisiensi dengan analisis kualitatif deskriptif untuk mengeksplorasi persepsi serta hambatan adopsi petani padi. Penelitian dilaksanakan di Desa Canden, Kecamatan Jetis, Kabupaten Bantul, Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, berlangsung dari tanggal 1 Juli hingga 31 Desember 2025 sejalan dengan program magang industri Taruna Makmur Batch 7 wilayah Jateng 1.

Populasi penelitian adalah seluruh anggota aktif Kelompok Tani (Poktan) Ngudi Raharjo di Desa Canden. Pengambilan sampel dilakukan dengan teknik purposive sampling berdasarkan dua kriteria utama, yaitu: (1) terdaftar sebagai anggota aktif poktan dengan kehadiran pertemuan rutin minimal 75%, dan (2) memiliki pengalaman bertani padi secara aktif minimal tiga tahun berturut-turut. Berdasarkan kriteria tersebut, ditetapkan 30 responden yang dipandang representatif untuk menggambarkan karakteristik petani padi skala kecil di wilayah penelitian.

Data primer diperoleh melalui tiga instrumen pengumpulan data. Pertama, observasi partisipatif langsung dilakukan selama demonstrasi plot (demplot) pengoperasian teknologi Petrospring pada tanggal 23 September 2025 di lahan sawah padi milik Bapak Joko selaku ketua sekaligus petani kunci dari Poktan Ngudi Raharjo dengan luasan amatan sebesar 3 hektar. Kedua, kuesioner terstruktur disebarakan kepada 30 responden untuk mengukur persepsi petani menggunakan Skala Likert 1–5, di mana skor 1 menyatakan “sangat tidak setuju” dan skor 5 menyatakan “sangat setuju”. Kuesioner mencakup lima indikator persepsi, yaitu: (a) persepsi manfaat (*perceived usefulness*), (b) persepsi kemudahan penggunaan (*perceived ease of use*), (c) persepsi biaya/kewajaran harga sewa, (d) persepsi risiko adopsi, dan (e) minat adopsi mandiri di masa mendatang. Ketiga, wawancara mendalam (*in-depth interview*) dilakukan kepada delapan informan kunci yang dipilih secara purposif dari 30 responden tersebut berdasarkan kedalaman pengalaman dan keterlibatan mereka dalam demplot. Data sekunder dihimpun dari literatur ilmiah relevan, laporan internal Divisi Agrosolution PT Petrokimia Gresik, serta basis data statistik pertanian daerah.

Analisis data dilakukan secara tabulasi komparatif untuk aspek biaya-waktu operasional usahatani, serta analisis reduksi data kualitatif menggunakan pengodean tematik untuk aspek persepsi dan hambatan petani. Keabsahan data divalidasi melalui teknik triangulasi yang diterapkan pada dua dimensi: (1) triangulasi sumber, dengan membandingkan hasil kuesioner, wawancara informan kunci, dan catatan observasi lapangan; dan (2) triangulasi metode, dengan mencocokkan temuan kuantitatif (skor Likert) dengan narasi kualitatif hasil wawancara mendalam untuk memastikan konsistensi pola data.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Subjek dan Profiling Proyek Petrospring

Pelaksanaan uji coba lapangan teknologi Petrospring dilakukan di kawasan pertanian Desa Canden dengan melibatkan para petani yang tergabung dalam Poktan Ngudi Raharjo. Karakteristik 30 responden penelitian menunjukkan bahwa mayoritas petani padi di Kecamatan Jetis secara demografis didominasi oleh kelompok usia 45–65 tahun (73,3%), dengan rata-rata kepemilikan lahan sebesar 0,32 hektar per petani dan pola pemilikan yang terfragmentasi dalam dua hingga tiga petak terpisah. Tingkat pendidikan formal responden didominasi oleh lulusan sekolah menengah pertama (56,7%) dan sekolah dasar (26,7%), sedangkan sisanya (16,6%) berpendidikan sekolah menengah atas.

Meskipun para petani memiliki rutinitas pertemuan kelompok dan pelatihan budidaya yang intensif, kapasitas adaptasi terhadap teknologi baru mereka masih sangat bervariasi dan cenderung bergantung pada tokoh-tokoh penggerak di dalam kelompok.

Proyek Petrospring memosisikan Bapak Joko sebagai petani kunci (*key farmer*) yang menyediakan lahan sawahnya seluas 3 hektar sebagai lokasi percontohan aplikasi Agen Pengendali Hayati (APH) cair menggunakan armada drone pada hari Selasa, 23 September 2025. Pendekatan melalui petani kunci ini penting karena dalam sosiologi pedesaan, adopsi inovasi teknologi oleh massa petani sangat dipengaruhi oleh testimoni dan keberhasilan tokoh penggerak lokal yang mereka percayai (Matese *et al.*, 2015).

Analisis Tekno-Ekonomi dan Efisiensi Operasional

Berdasarkan hasil pemantauan langsung dan pencatatan sirkulasi input usahatani, implementasi drone sprayer melalui sistem Petrospring memberikan keunggulan komparatif dalam aspek efisiensi waktu kerja dan penghematan biaya tenaga kerja kasar. Pengukuran performa menunjukkan bahwa metode penyemprotan konvensional yang mengandalkan tenaga manusia menggunakan knapsack sprayer manual memerlukan total waktu hingga 9 hari kerja untuk menyelesaikan area lahan seluas 3 hektar secara tuntas. Sebaliknya, dengan menerapkan teknologi otomatisasi udara Petrospring, seluruh hamparan sawah seluas 3 hektar tersebut berhasil disemprot secara merata hanya dalam durasi 1 hari kerja. Efisiensi waktu kerja dihitung dengan rumus $(9 - 1) / 9 \times 100\%$, sehingga diperoleh nilai efisiensi waktu kerja sebesar 88,89%, yang dibulatkan menjadi 90%. Dari sisi pengeluaran finansial operasional, efisiensi ini berimplikasi langsung pada pemotongan upah buruh semprot harian yang terangkum dalam perbandingan terstruktur pada Tabel 1.

Table 1. Analisis Perbandingan Finansial dan Durasi Operasional Usahatani Padi 3 Hektar

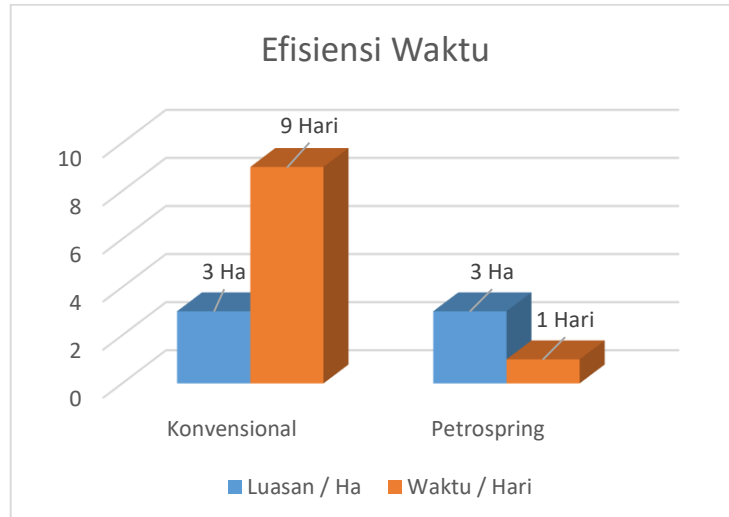
Metode Aplikasi	Luasan Lahan (Ha)	Durasi Kerja (Hari)	Upah Buruh / Ha (Rp)	Biaya Drone / Ha (Rp)	Total Biaya Operasional (Rp)
Konvensional	3	9	300.000	0	900.000
Petrospring	3	1	0	250.000	750.000
Efisiensi	-	88,89% ($\approx 90\%$)	-	-	16,67%

Sumber: Data Primer Hasil Pemantauan Lapangan, September 2025

Data finansial pada Tabel 1 memperlihatkan penurunan tarif biaya penyemprotan per hektar dari Rp300.000 pada metode manual menjadi Rp250.000 melalui layanan

teknologi Petrospring. Secara matematis, total pengeluaran untuk luas lahan 3 hektar berkurang dari Rp900.000 menjadi Rp750.000, yang berarti petani menghemat pengeluaran sebesar Rp150.000 atau terjadi reduksi biaya operasional sebesar 16,67%. Penurunan biaya ini dimungkinkan karena hilangnya ketergantungan pada upah buruh harian yang mahal akibat kelangkaan tenaga kerja muda di sektor pertanian pedesaan saat ini (Rejeb et al., 2022). Secara teknis agronomi, hembusan angin dari baling-baling drone (rotor downwash) membantu membuka kanopi tanaman padi sehingga butiran cairan organik menyebar lebih merata, menjangkau bagian bawah tanaman, dan meminimalkan pemborosan cairan akibat menetes terbuang ke tanah (Lan et al., 2017; Zhang et al., 2019). Pengamatan vegetasi tanaman padi selama 14 hari pasca-penyemprotan mengonfirmasi bahwa sebaran APH cair yang diaplikasikan dengan drone mampu menjaga stabilitas pertumbuhan tanaman dan menekan potensi serangan organisme pengganggu tanaman (OPT) secara efektif.

Visualisasi dampak tekno-ekonomi ini digambarkan secara eksplisit pada Gambar 1, yang menunjukkan perbandingan waktu penyelesaian kerja dan total anggaran operasional antara metode penyemprotan konvensional dengan sistem drone presisi Petrospring.



Gambar 1. Perbandingan Durasi Kerja Penyemprotan Konvensional dan Petrospring Pada Lahan Sawah 3 Hektar

Hambatan Struktur dan Finansial Adopsi Teknologi

Meskipun kalkulasi matematis menunjukkan profitabilitas yang nyata, tingkat minat awal dan kemandirian petani di Kecamatan Jetis untuk mengadopsi teknologi drone sprayer secara kontinu terpantau masih rendah. Hasil wawancara mendalam

mengidentifikasi beberapa faktor penghambat struktural yang mendominasi psikologi petani. Hambatan pertama adalah sempitnya kepemilikan lahan per kapita petani, dengan rata-rata hanya 0,32 hektar per responden. Drone pertanian dirancang optimal untuk hamparan lahan berskala luas (scale of economy); ketika dioperasikan pada petakan sawah yang sempit, terfragmentasi, dan dibatasi oleh pohon kelapa atau jaringan kabel listrik pedesaan, efisiensi manuver alat menjadi terganggu (Tsouros et al., 2019). Salah satu petani responden menyatakan: “Kalau lahan saya cuma seperempat hektar, mau sewanya per berapa jam? Rasanya tidak sebanding dengan ongkos transportasi dronnya.” Pernyataan ini mencerminkan logika ekonomi mikro petani yang berorientasi pada biaya langsung per satuan luas.

Hambatan kedua adalah kendala likuiditas keuangan atau keterbatasan modal tunai operasional petani. Petani kecil umumnya terbiasa mengeluarkan biaya buruh secara harian atau menggunakan sistem tenaga kerja kekeluargaan yang fleksibel, sehingga kewajiban membayar tarif sewa teknologi paket komersial sekaligus di muka dirasa memberatkan (Michels et al., 2020). Seorang informan kunci mengungkapkan: “Kalau buruh, saya bisa bayar setelah panen. Kalau drone, harus bayar sekarang. Uangnya belum ada.” Faktor-faktor pembatas ekonomi makro seperti tingginya harga pupuk nonsubsidi di pasaran juga mempersempit margin keuntungan petani, sehingga mereka cenderung bersikap konservatif dan enggan mengalokasikan dana untuk inovasi yang belum mereka kuasai sepenuhnya.

Persepsi Petani dan Peranan Pendampingan Program Makmur

Hasil pengukuran persepsi menggunakan kuesioner skala Likert 1–5 terhadap 30 responden menyajikan gambaran yang lebih terperinci mengenai posisi psikologis petani terhadap teknologi drone sprayer. Skor rata-rata pada indikator persepsi manfaat (*perceived usefulness*) mencapai 3,8 dari 5,0, yang menunjukkan bahwa mayoritas petani mengakui adanya kegunaan teknologi ini secara prinsip setelah menyaksikan demplot. Namun, skor rata-rata pada indikator persepsi kemudahan penggunaan (*perceived ease of use*) hanya sebesar 2,6 dari 5,0, yang mencerminkan kecemasan teknis yang masih dominan. Indikator persepsi biaya/kewajaran harga sewa mendapatkan skor rata-rata 2,9 dari 5,0, sementara persepsi risiko adopsi berada pada 3,1 dari 5,0. Skor terendah terdapat pada minat adopsi mandiri (*intention to adopt*) yang hanya mencapai 2,4 dari 5,0. Pola skor ini menggambarkan paradoks persepsi petani: mereka mengakui manfaat teknologi tetapi

belum merasa siap dan mampu untuk mengadopsinya secara mandiri tanpa fasilitasi pihak ketiga.

Analisis data kualitatif melalui pengodean tematik terhadap transkrip wawancara menghasilkan tiga tema dominan yang berulang secara konsisten. Tema pertama adalah “kecemasan operasional”, yang tercermin dari pernyataan petani yang meragukan kemampuan mereka mengoperasikan atau memantau sistem drone secara mandiri. Tema kedua adalah “resistensi terhadap perubahan rutinitas”, di mana petani yang telah bertahun-tahun menggunakan knapsack sprayer merasa nyaman dengan prosedur yang sudah dikuasai dan khawatir terhadap risiko kerusakan alat atau kegagalan operasional. Tema ketiga adalah “harapan terhadap fasilitasi kolektif”, di mana sejumlah petani mengusulkan agar layanan drone dikelola oleh kelompok tani atau koperasi sehingga biaya sewa dapat ditanggung bersama dan risiko operasional ditanggung secara kolektif. Resistensi petani tidak bersumber dari penolakan terhadap teknologi itu sendiri, melainkan dari kecemasan teknis akibat rendahnya pemahaman awal mengenai operasional pertanian presisi. Banyak petani yang awalnya berasumsi bahwa penyemprotan udara dengan volume air yang sedikit tidak akan mampu membasahi tanaman secara efektif dibandingkan metode konvensional. Kesalahpahaman ini sejalan dengan literatur yang menyatakan bahwa persepsi kegunaan dan kemudahan penggunaan suatu alat baru sangat bergantung pada intensitas paparan informasi nyata yang diterima pengguna (Michels *et al.*, 2020; Vecchio *et al.*, 2020).

Di sinilah peranan Program Makmur yang dimotori oleh penugasan lapangan Taruna Makmur Batch 7. Kehadiran para Taruna di lapangan berhasil mengikis kecemasan tersebut melalui serangkaian pengawalan sosio-teknis, mulai dari sosialisasi bertahap mengenai prinsip kerja pemupukan berimbang, pelaksanaan uji tanah (*soil test*) untuk mengetahui kondisi riil unsur hara makro, pembuatan demplot pembuktian, hingga pendampingan langsung saat armada Petrospring beroperasi di sawah. Ketika petani menyaksikan sendiri hasil sebaran drone yang merata serta penghematan waktu yang signifikan pada lahan Bapak Joko, terjadi pergeseran persepsi yang positif. Petani mulai menyadari bahwa drone sprayer merupakan alat perlindungan tanaman yang aman, menghemat tenaga fisik, dan efektif diaplikasikan untuk bahan organik dan nutrisi cair (Chen *et al.*, 2020; Martin *et al.*, 2019). Penguatan kelembagaan kelompok tani melalui edukasi berkelanjutan terbukti menjadi kunci utama untuk mengubah hambatan kognitif menjadi motivasi adopsi inovasi modern di tingkat pedesaan (He *et al.*, 2017). Triangulasi data mengonfirmasi konsistensi temuan ini: hasil kuesioner dengan skor manfaat 3,8

bersesuaian dengan narasi wawancara yang menggambarkan pergeseran positif pasca-demplot, dan keduanya dikuatkan oleh catatan observasi yang merekam antusiasme petani saat menyaksikan efisiensi operasional drone secara langsung di lapangan.

Table 2. Rekapitulasi Skor Rata-rata Persepsi Petani terhadap Drone Sprayer Petrospring (n=30)

No.	Indikator Persepsi	Skor Rata-rata (1–5)	Kategori
1	Persepsi manfaat (perceived usefulness)	3,8	Cukup Tinggi
2	Persepsi kemudahan penggunaan (perceived ease of use)	2,6	Rendah
3	Persepsi kewajaran biaya sewa	2,9	Rendah
4	Persepsi risiko adopsi	3,1	Cukup
5	Minat adopsi mandiri (intention to adopt)	2,4	Rendah

Keterangan: Skala Likert 1–5 (1 = sangat tidak setuju, 5 = sangat setuju). Kategori: 1,0–2,0 = Sangat Rendah; 2,1–3,0 = Rendah; 3,1–4,0 = Cukup; 4,1–5,0 = Tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Implementasi teknologi drone sprayer melalui sistem Petrospring dalam Program Makmur di Kecamatan Jetis terbukti secara empiris memberikan dampak positif berupa efisiensi waktu kerja sebesar 88,89% (dibulatkan 90%) dan penurunan biaya operasional usahatani padi sebesar 16,67% dengan kualitas sebaran cairan yang merata. Meskipun demikian, adopsi mandiri oleh petani masih terhambat oleh faktor struktural berupa kepemilikan lahan yang sempit (rata-rata 0,32 ha/petani), keterbatasan modal tunai, serta rendahnya pemahaman awal mengenai prinsip pertanian presisi. Hal ini tercermin dari skor rata-rata minat adopsi mandiri yang hanya mencapai 2,4 dari 5,0 dan skor kemudahan penggunaan sebesar 2,6 dari 5,0 berdasarkan pengukuran skala Likert terhadap 30 responden. Peranan intensif dari Taruna Makmur dalam melakukan sosialisasi, demplot, dan uji tanah terbukti mampu mengikis resistensi kognitif dan menggeser persepsi petani ke arah yang lebih adaptif, sebagaimana ditunjukkan oleh kenaikan skor manfaat mencapai 3,8 dari 5,0 pasca-intervensi.

Sebagai saran praktis, disarankan bagi PT Petrokimia Gresik dan pemangku kepentingan terkait untuk mengembangkan model pelayanan jasa sewa drone kelompok berbasis kelembagaan lokal (kolektif) guna mengatasi kendala fragmentasi lahan dan tingginya biaya sewa perorangan bagi petani kecil. Selain itu, diperlukan penguatan kolaborasi akademisi-industri-pemerintah untuk menjamin keberlanjutan program pelatihan teknis proteksi tanaman berbasis udara di tingkat pedesaan. Pengembangan skema cicilan pascapanen atau subsidi tarif sewa melalui program kredit usaha tani yang terintegrasi juga perlu dipertimbangkan sebagai solusi atas hambatan likuiditas yang dominan di kalangan petani skala kecil.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Petrokimia Gresik, khususnya Divisi Agrosolution, atas dukungan penuh selama program magang Taruna Makmur Batch 7. Apresiasi juga disampaikan kepada Kelompok Tani Ngudi Raharjo, Desa Canden, Kecamatan Jetis, Kabupaten Bantul, yang telah bersedia menjadi mitra penelitian dan membuka lahan untuk kegiatan demplot. Penelitian ini merupakan bagian dari program kemitraan pendidikan vokasi pertanian nasional.

DAFTAR PUSTAKA

- Barnes, A. P., Soto, I., Eory, V., Ferrandis-Martinez, M., Balafoutis, A., Radics, L., & Gomez-Barbero, M. (2019). The precision agriculture revolution: Farmer adoption and intention. *Land Use Policy*, 88, Article 104161. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.10.029>
- Basso, B., & Antle, J. (2020). Digital agriculture to design sustainable agricultural systems. *Nature Sustainability*, 3(4), 254–256. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-0510-0>
- Chen, S., Lan, Y., Zhou, Z., Ouyang, F., Wang, G., & Huang, X. (2020). Effect of droplet size parameters on droplet deposition and drift of aerial spraying by using plant protection UAV. *Agronomy*, 10(2), Article 195. <https://doi.org/10.3390/agronomy10020195>
- Daponte, P., De Vito, L., Glielmo, L., Iannelli, L., Liuzza, D., Picariello, F., & Silano, G. (2019). A review on the use of drones for precision agriculture. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 275(1), Article 012022. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/275/1/012022>
- Fountas, S., Mylonas, N., Malounas, I., Rodias, E., Santos, C. H., & Pekkeriet, E. (2020). Agricultural robotics for field operations. *Sensors*, 20(9), Article 2672. <https://doi.org/10.3390/s20092672>
- He, X. K., Bonds, J., Herbst, A., & Langenakens, J. (2017). Recent development of unmanned aerial vehicle for plant protection in East Asia. *International Journal of*

Agricultural and Biological Engineering, 10(3), 18–30.
<https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20171003.3248>

- Klerkx, L., Jakku, E., & Labarthe, P. (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 90-91, Article 100315. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315>
- Lan, Y., Chen, S., & Deng, J. (2017). Current status and future trends of agricultural aerial spraying technology. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 10(3), 1–17. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20171003.3248>
- Martin, D. E., Latheef, M. A., & Lopez, J. D. (2019). Evaluating aerial application of biopesticides for insect control. *Transactions of the ASABE*, 62(1), 235–243. <https://doi.org/10.13031/trans.13289>
- Matese, A., Toscano, P., Di Gennaro, S. F., Genesio, L., Vaccari, F. P., Primicerio, J., & Fiorillo, F. (2015). Technology for precision agriculture: A case study of a UAV-based system. *Sensors*, 15(7), 15694–15711. <https://doi.org/10.3390/s150715694>
- Michels, M., Fecke, W., Feil, J. H., Musshoff, O., & Pigisch, J. (2020). Smartphone adoption and use in agriculture: Empirical evidence from Germany. *Precision Agriculture*, 21(2), 403–425. <https://doi.org/10.1007/s11119-019-09675-5>
- Qin, W., Qiu, B., Xue, X., Chen, C., Xu, C., & Zhou, Q. (2016). Droplet deposition and control effect of insecticides sprayed with an unmanned aerial vehicle against plant hoppers. *Crop Protection*, 84, 135–142. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.05.003>
- Radoglou-Grammatikis, P., Sarigiannidis, P., Efstathopoulos, G., & Lagkas, T. (2020). UAVs in agriculture: A review. *Computer Networks*, 175, Article 107147. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2020.107147>
- Rejeb, A., Abdollahi, A., Rejeb, K., & Treiblmaier, H. (2022). Drones in agriculture: A review and bibliometric analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*, 198, Article 106830. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106830>
- Rokhmana, C. A. (2015). The potential of UAV-based remote sensing for supporting precision agriculture in Indonesia. *Procedia Environmental Sciences*, 24, 244–252. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.03.054>
- Ruzzante, S., Labarta, R., & Bilton, A. (2021). Agricultural technology adoption: A systematic literature review. *World Development*, 146, Article 105544. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105544>
- Tsouros, D. C., Bibi, S., & Sarigiannidis, P. G. (2019). A review on UAV-based applications for precision agriculture. *Information*, 10(11), Article 349. <https://doi.org/10.3390/info10110349>
- Vecchio, Y., Agnusdei, G. P., Migliore, G., & De Rosa, M. (2020). Adoption of precision farming tools: A context-related analysis. *Land Use Policy*, 94, Article 104681. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104681>

- Yang, S., Zheng, J., & Liu, X. (2018). Effects of UAV rotor downwash on droplet deposition in rice fields. *Crop Protection*, 111, 120–129. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.11.002>
- Zhang, P., Luan, S., & He, X. (2019). Effects of deadwood and UAV downwash on droplet deposition in a rice canopy. *Pest Management Science*, 75(2), 415–425. <https://doi.org/10.1002/ps.5173>