

Integrasi Digital-PRA Agribisnis Berkelanjutan Desa Kraton Magetan

Widita Nareswari¹, Wikrama Weda Wardana²

¹Sosial Ekonomi Pertanian, Universitas Doktor Nugroho Magetan, widitanareswari@udn.ac.id

² Sosial Ekonomi Pertanian, Universitas Doktor Nugroho Magetan,

Keywords:

Digital agriculture;
PRA;
Sustainable agribusiness;
Farm records;
Kraton

ABSTRACT

This article analyses the integration of digital technology and Participatory Rural Appraisal (PRA) in sustainable agribusiness development in Kraton Village, Magetan Regency. The study was adapted from a mixed-method participatory case study using field observation, semi-structured interviews, focus group discussions, transect walks, resource mapping, seasonal calendars, problem-ranking matrices, and digital documentation. The findings show that digital tools already support daily communication among local agribusiness actors, but their use for farm-business records, market coordination, production documentation, and collective decision making remains limited. PRA helps reveal local potentials, priority constraints, actor relationships, and feasible interventions, while digitalization strengthens documentation, follow-up, and monitoring. The proposed model combines participatory mapping, contextual digital literacy, simple business records, collaborative marketing, and iterative evaluation. Sustainable agribusiness in Kraton Village, Magetan Regency Village, Magetan Regency Village, Magetan Regency Village, Magetan Regency therefore requires affordable, simple, relevant, and learnable technologies that keep farmers as the main decision makers.

Kata Kunci:

Pertanian digital;
PRA;
Agribisnis berkelanjutan;
Pencatatan usahatani;
Desa Kraton Magetan

ABSTRAK

Artikel ini menganalisis integrasi teknologi digital dan Participatory Rural Appraisal (PRA) dalam pengembangan agribisnis berkelanjutan di Desa Kraton, Kabupaten Magetan. Artikel disusun dari penelitian studi kasus partisipatif dengan pendekatan campuran melalui observasi lapangan, wawancara semi-terstruktur, diskusi kelompok, transect walk, pemetaan sumber daya, kalender musim, matriks prioritas masalah, dan dokumentasi digital. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi digital telah digunakan untuk komunikasi harian, tetapi belum optimal untuk pencatatan usaha, koordinasi pasar, dokumentasi produksi, dan pengambilan keputusan kolektif. PRA membantu mengungkap potensi lokal, kendala prioritas, relasi aktor, dan intervensi yang realistis, sedangkan digitalisasi memperkuat dokumentasi, tindak lanjut, dan pemantauan. Model yang ditawarkan menggabungkan pemetaan partisipatif, literasi digital kontekstual, pencatatan usaha sederhana, pemasaran kolaboratif, dan evaluasi berkelanjutan. Pengembangan agribisnis berkelanjutan di Desa Kraton, Kabupaten Magetan memerlukan teknologi yang murah, sederhana, relevan, mudah dipelajari, serta tetap menempatkan petani sebagai subjek keputusan.

Korespondensi Penulis:

Widita Nareswari,
Universitas Doktor Nugroho Magetan, Jl. Sendang Kamal No.
50 Karaton, Kec. Maospati, Kab. Magetan, Prov. Jawa Timur
Telepon : + 62813 3080 1382
Email: widitanareswari@udn.ac.id

Submitted : 02-06-2026; Accepted : 15-06-2026;
Published : 18-06-2026

Copyright (c) 2026 The Author (s) This article is distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License (CC BY-SA 4.0)

1. PENDAHULUAN

Pembangunan pertanian pedesaan pada saat ini tidak dapat dipahami hanya sebagai kegiatan produksi tanaman. Petani dan pelaku agribisnis lokal harus menghadapi perubahan harga input, ketidakpastian iklim, keterbatasan modal, persaingan pasar, keamanan pangan, dan tuntutan keberlanjutan lingkungan secara bersamaan. Pada saat yang sama, teknologi digital menawarkan peluang untuk mempercepat komunikasi, mengelola informasi, memperbaiki pencatatan usaha, dan memperluas akses pasar. Literatur digital agriculture menunjukkan bahwa

transformasi tersebut dapat meningkatkan efisiensi rantai nilai, tetapi manfaatnya tidak otomatis terjadi apabila teknologi tidak sesuai dengan kapasitas sosial masyarakat desa [1], [2], [3].

Dalam konteks agribisnis, teknologi digital mencakup perangkat dan praktik yang luas, mulai dari aplikasi pesan, media sosial, pencatatan biaya sederhana, peta berbasis lokasi, sistem pembayaran digital, dokumentasi produk, hingga platform pemasaran. Berbagai kajian menyatakan bahwa revolusi digital pertanian bergerak cepat melalui Internet of Things, big data, penginderaan jauh, kecerdasan buatan, dan otomasi [1], [4], [5]. Akan tetapi, pada tingkat petani kecil, teknologi yang paling relevan sering kali justru teknologi yang murah, mudah diakses, dan dapat dipelajari bersama, seperti grup komunikasi, formulir pencatatan sederhana, arsip foto produk, atau tabel harga mingguan [6], [7].

Masalah utama digitalisasi pertanian bukan hanya ketersediaan perangkat, tetapi juga kesesuaian teknologi dengan kebutuhan lokal. Adopsi smartphone tidak selalu menghasilkan penggunaan agronomis atau bisnis yang mendalam karena petani memerlukan keterampilan memilih informasi, mengolah catatan, dan menghubungkan data dengan keputusan usaha [8], [9]. Selain itu, digitalisasi dapat memperlebar ketimpangan apabila manfaatnya terkonsentrasi pada pelaku yang memiliki modal, jaringan, dan literasi lebih tinggi [10], [11]. Oleh karena itu, kajian digital agriculture semakin menekankan tata kelola yang bertanggung jawab, inklusif, transparan, dan peka terhadap distribusi manfaat [2], [12], [13].

Pendekatan Participatory Rural Appraisal (PRA) relevan sebagai mekanisme korektif terhadap digitalisasi yang terlalu berpusat pada alat. PRA menempatkan warga desa sebagai sumber pengetahuan utama melalui pemetaan partisipatif, transect walk, kalender musim, diagram kelembagaan, ranking masalah, dan diskusi kelompok. Pendekatan ini membantu peneliti dan pendamping memahami masalah yang tidak selalu tampak dalam survei formal, misalnya kebiasaan pencatatan yang lemah, kepercayaan terhadap informasi pasar, relasi dengan pengepul, dan pembagian peran antargenerasi. Keterlibatan pemangku kepentingan dalam penilaian pedesaan dapat membuat indikator pembangunan lebih dekat dengan pengalaman lokal [14], [15].

Integrasi PRA dengan teknologi digital membuka ruang baru. Hasil pemetaan manual dapat difoto dan disimpan sebagai arsip digital, hasil ranking masalah dapat direkap dalam spreadsheet sederhana, jadwal produksi dapat dibagikan melalui grup pesan, dan katalog produk lokal dapat disusun dari dokumentasi foto. Dengan demikian, teknologi bukan pengganti musyawarah, melainkan alat untuk memperkuat ingatan kolektif, mempercepat tindak lanjut, dan membuat proses partisipatif lebih mudah dipantau. Kajian citizen science dalam riset pertanian menunjukkan bahwa produksi data oleh warga dapat menghidupkan kembali penelitian partisipatif apabila manfaatnya dapat dirasakan dan relasi kepercayaannya dijaga [15].

Desa Desa Kraton, Kabupaten Magetan merupakan ruang lokal yang memiliki aktivitas agribisnis, kedekatan dengan pasar, jaringan sosial pedesaan, serta peluang pemanfaatan teknologi sederhana. Namun, laporan penelitian menunjukkan bahwa teknologi digital di wilayah ini masih lebih banyak digunakan untuk komunikasi reaktif daripada manajemen usaha yang terencana. Pencatatan biaya, dokumentasi produksi, pemetaan potensi, dan pemasaran kolaboratif belum menjadi praktik yang rutin. Kondisi tersebut mengindikasikan adanya kesenjangan antara keberadaan teknologi dan penggunaan strategisnya untuk keberlanjutan agribisnis.

Permasalahan penelitian ini dirumuskan pada tiga pertanyaan: bagaimana kondisi pemanfaatan teknologi digital oleh petani dan pelaku agribisnis di Desa Kraton, Kabupaten Magetan; bagaimana PRA dapat mengidentifikasi potensi, kendala, prioritas kebutuhan, dan kelembagaan agribisnis lokal; dan bagaimana model integrasi digital-PRA dapat dirumuskan untuk mendukung agribisnis berkelanjutan. Tujuan artikel ini adalah menyajikan hasil penelitian dalam format ilmiah jurnal dengan menekankan inovasi pada model integrasi teknologi sederhana, proses partisipatif, dan strategi penguatan kelembagaan.

Kebaruan artikel ini terletak pada penempatan teknologi digital sebagai alat bantu partisipatif, bukan sebagai paket inovasi yang berdiri sendiri. Banyak program digitalisasi menekankan pelatihan aplikasi, sedangkan pemetaan partisipatif sering berhenti pada identifikasi masalah tanpa arsip tindak lanjut yang jelas. Artikel ini menghubungkan keduanya melalui alur pemetaan, digitalisasi hasil PRA, perumusan prioritas, aksi agribisnis, dan evaluasi bersama. Dengan pendekatan tersebut, digitalisasi diharapkan tidak menjauhkan petani dari realitas produksinya, melainkan memperkuat kapasitas mereka dalam mengambil keputusan usaha [13], [16], [17].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Desain dan Pendekatan Penelitian

Penelitian menggunakan pendekatan campuran dengan desain studi kasus partisipatif. Pendekatan campuran dipilih karena penelitian tidak hanya berupaya memahami pengalaman, makna, dan dinamika kelembagaan, tetapi juga memerlukan scoring partisipatif untuk memetakan tingkat urgensi masalah dan prioritas strategi. Komponen kualitatif digunakan untuk membaca konteks sosial, relasi aktor, hambatan pemanfaatan teknologi, dan proses deliberasi warga. Komponen kuantitatif sederhana digunakan untuk membantu peserta membandingkan prioritas secara lebih transparan.

Desain studi kasus dipilih karena fokus penelitian berada pada satu lokasi, yaitu Desa Kraton, Kabupaten Magetan. Studi kasus memungkinkan analisis mendalam mengenai hubungan antara teknologi digital, PRA, dan agribisnis berkelanjutan dalam konteks lokal yang spesifik. Karakter partisipatif diterapkan sejak tahap penggalan

data, pemetaan masalah, penyusunan ranking, validasi temuan, hingga perumusan model strategi. Dengan demikian, masyarakat tidak hanya diposisikan sebagai sumber data, tetapi juga sebagai penafsir masalah dan penentu prioritas tindakan.

Lokasi penelitian dipilih karena memiliki aktivitas agribisnis lokal yang potensial dikembangkan melalui penguatan informasi, pencatatan, koordinasi, dan pemasaran. Waktu penelitian berlangsung pada 4 September 2024 sampai 11 Oktober 2024. Rentang waktu tersebut digunakan untuk koordinasi lapangan, penyusunan instrumen, observasi, wawancara, diskusi kelompok, pelaksanaan alat PRA, pengolahan data, validasi temuan, dan penyusunan model strategis awal. Penelitian ini tidak dirancang sebagai evaluasi dampak jangka panjang, sehingga temuannya perlu dibaca sebagai dasar pemodelan dan rekomendasi pendampingan awal.

2.2 Informan dan Teknik Pengumpulan Data

Unit analisis penelitian adalah pelaku agribisnis lokal di Desa Kraton, Kabupaten Magetan. Informan penelitian berjumlah 18 orang yang dipilih secara purposive, terdiri atas 10 petani, 2 pengurus kelompok tani, 2 pelaku pemasaran, 1 pelaku pengolahan sederhana, 2 penyuluh atau pendamping, dan 1 pemangku kepentingan lokal. Pemilihan informan didasarkan pada keterlibatan langsung dalam kegiatan agribisnis, pengetahuan terhadap kondisi lokal, dan kesediaan mengikuti proses PRA. Teknik snowball digunakan apabila pada proses lapangan ditemukan aktor penting yang belum teridentifikasi pada tahap awal.

Data dikumpulkan melalui observasi lapangan, wawancara semi-terstruktur, diskusi kelompok terarah, transect walk, pemetaan sumber daya, kalender musim, ranking masalah, diagram kelembagaan, dokumentasi digital, dan studi pustaka. Observasi digunakan untuk melihat kondisi fisik, aktivitas usaha, dan penggunaan perangkat digital. Wawancara digunakan untuk menggali pengalaman individual, sedangkan diskusi kelompok digunakan untuk menghasilkan pemahaman kolektif mengenai potensi, masalah, dan prioritas agribisnis.

Pemetaan partisipatif digunakan untuk mengidentifikasi lokasi sumber daya, alur pemasaran, titik masalah, dan aktor yang terlibat dalam kegiatan agribisnis. Kalender musim digunakan untuk memahami pola tanam, kebutuhan tenaga kerja, biaya produksi, risiko iklim, dan peluang pemasaran sepanjang tahun. Ranking masalah digunakan untuk menentukan prioritas berdasarkan pengalaman peserta. Dokumentasi digital dilakukan dengan mencatat hasil diskusi, memotret peta, dan menyimpan rekam dalam tabel agar hasil PRA dapat ditinjau ulang.

Tabel 1. Fokus, indikator, teknik, dan sumber data penelitian

Fokus	Indikator utama	Teknik	Sumber data
Pemanfaatan digital	Akses perangkat, komunikasi, pencatatan, pemasaran, dokumentasi	Wawancara, observasi, skoring	Petani dan pelaku agribisnis
Proses PRA	Peta sumber daya, kalender musim, ranking masalah, relasi aktor	FGD, transect walk, pemetaan	Kelompok tani dan tokoh lokal
Agribisnis berkelanjutan	Ekonomi, sosial, lingkungan, kelembagaan	Wawancara, FGD, studi dokumen	Petani, penyuluh, pelaku pasar
Model strategi	Kelayakan, prioritas, penanggung jawab, tindak lanjut	Validasi partisipatif	Peserta FGD dan pendamping

2.3 Teknik Analisis dan Keabsahan Data

Analisis data dilakukan melalui reduksi data, penyajian data, penarikan kesimpulan, dan verifikasi. Kode awal disusun berdasarkan tema pemanfaatan digital, potensi agribisnis, hambatan produksi, hambatan pasar, pencatatan usaha, kelembagaan, dan keberlanjutan. Kode terbuka ditambahkan apabila muncul tema baru dari lapangan. Analisis tematik digunakan untuk menafsirkan hubungan antara teknologi, partisipasi, dan strategi agribisnis lokal.

Data skoring partisipatif dianalisis dengan skala Likert 1-5, yaitu 1 = sangat rendah, 2 = rendah, 3 = sedang, 4 = tinggi, dan 5 = sangat tinggi. Skor prioritas setiap masalah dihitung menggunakan rumus nilai rata-rata: jumlah seluruh skor peserta dibagi jumlah peserta pemberi skor. Nilai rata-rata kemudian dikategorikan menjadi prioritas rendah (1,00-2,33), prioritas sedang (2,34-3,66), dan prioritas tinggi (3,67-5,00). Skoring tidak diperlakukan sebagai statistik inferensial, melainkan sebagai alat bantu deliberasi untuk membuat prioritas kelompok lebih terbuka. Analisis SWOT digunakan untuk merumuskan strategi berdasarkan kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman. Hasil analisis kemudian disusun menjadi model integrasi digital-PRA yang dapat diterapkan secara bertahap.

Keabsahan data dijaga melalui triangulasi sumber, triangulasi teknik, member checking, dan audit trail. Triangulasi sumber dilakukan dengan membandingkan informasi dari petani, pengurus kelompok, pelaku pasar, dan pendamping. Triangulasi teknik dilakukan dengan membandingkan wawancara, observasi, FGD, dokumentasi, dan hasil PRA. Member checking dilakukan dengan mengonfirmasi ringkasan temuan kepada peserta. Audit trail dilakukan melalui penyimpanan catatan lapangan, foto kegiatan, rekam skoring, dan draf analisis.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Gambaran Pemanfaatan Teknologi Digital

Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi digital telah hadir dalam kehidupan sehari-hari pelaku agribisnis Desa Kraton, terutama melalui telepon pintar dan aplikasi pesan. Perangkat tersebut digunakan untuk menyampaikan informasi jadwal pertemuan, kebutuhan input, kabar harga, dan koordinasi informal. Media sosial juga mulai digunakan oleh sebagian pelaku untuk melihat tren harga atau memperkenalkan produk, namun penggunaannya belum konsisten dan belum didukung strategi konten, pencatatan permintaan, atau pelayanan pembeli yang terorganisasi.

Temuan ini memperlihatkan bahwa digitalisasi berada pada tahap awal. Gawai telah dimiliki dan digunakan, tetapi belum sepenuhnya menjadi alat manajemen usaha. Pencatatan biaya produksi, hasil panen, pendapatan, dan keuntungan masih banyak dilakukan secara ingatan atau catatan manual yang tidak rapi. Akibatnya, pelaku sulit mengevaluasi apakah suatu komoditas benar-benar menguntungkan setelah memperhitungkan biaya input, tenaga kerja keluarga, transportasi, dan risiko harga. Kondisi ini sejalan dengan kajian yang menyatakan bahwa kepemilikan smartphone belum tentu menunjukkan pemanfaatan produktif dalam pertanian [9].

Manfaat digital yang paling dirasakan adalah percepatan informasi. Peserta menyatakan bahwa pesan singkat membantu mengurangi kebutuhan pertemuan fisik dan mempercepat penyebaran kabar. Namun, penggunaan tersebut masih reaktif: perangkat digunakan ketika ada pesan masuk atau kebutuhan mendesak, bukan sebagai bagian dari siklus perencanaan, pelaksanaan, evaluasi, dan pemasaran usaha. Hambatan utama yang muncul meliputi perbedaan kemampuan antargenerasi, keterbatasan paket data, kualitas jaringan di titik tertentu, kekhawatiran penipuan daring, dan belum adanya pendampingan rutin.

Dari sudut pandang *responsible digital agriculture*, kondisi tersebut menunjukkan pentingnya desain teknologi yang kontekstual. Teknologi yang terlalu kompleks berisiko tidak digunakan secara berkelanjutan, sedangkan teknologi sederhana dapat memberi dampak nyata apabila terhubung dengan kebutuhan usaha. Aplikasi pencatatan sederhana, daftar harga mingguan, arsip foto produk, dan grup koordinasi tani dapat menjadi pintu masuk yang lebih realistis daripada platform besar yang membutuhkan biaya, pelatihan, dan disiplin data tinggi [13], [18].

3.2 Temuan PRA: Potensi, Masalah, dan Prioritas

PRA mengidentifikasi sejumlah potensi agribisnis lokal di Desa Kraton, Kabupaten Magetan. Potensi tersebut meliputi pengalaman budidaya, tenaga kerja keluarga, kedekatan dengan pasar lokal, akses jalan, jaringan sosial antarwarga, keberadaan kelompok tani, dan keterlibatan pelaku muda yang lebih akrab dengan media sosial. Pemetaan partisipatif menunjukkan bahwa potensi fisik dan sosial sebenarnya telah tersedia, tetapi belum seluruhnya terhubung dengan sistem informasi dan pemasaran yang rapi.

Ranking masalah menunjukkan empat prioritas utama berdasarkan hasil skoring partisipatif. Prioritas pertama adalah fluktuasi harga dan keterbatasan informasi pasar dengan skor rata-rata 4,56. Prioritas kedua adalah meningkatnya biaya input dengan skor rata-rata 4,22. Prioritas ketiga adalah pencatatan usaha yang belum konsisten dengan skor rata-rata 4,00. Prioritas keempat adalah keterbatasan kemampuan menggunakan media digital untuk pemasaran dan dokumentasi dengan skor rata-rata 3,78. Keempat prioritas tersebut termasuk kategori tinggi dan saling berkaitan karena informasi pasar yang lemah menyulitkan perencanaan penjualan, sementara pencatatan yang lemah membuat evaluasi keuntungan tidak akurat.

Tabel 2. Skor prioritas masalah agribisnis berdasarkan hasil PRA

Masalah prioritas	Skor rata-rata	Kategori	Makna tindak lanjut
Fluktuasi harga dan keterbatasan informasi pasar	4,56	Tinggi	Membutuhkan forum harga dan rekap permintaan mingguan
Meningkatnya biaya input produksi	4,22	Tinggi	Membutuhkan pencatatan biaya dan strategi efisiensi input
Pencatatan usaha belum konsisten	4,00	Tinggi	Membutuhkan format catatan usaha sederhana dan pendampingan rutin
Keterampilan pemasaran digital dan dokumentasi produk terbatas	3,78	Tinggi	Membutuhkan klinik konten, katalog foto, dan pengelolaan respons pembeli

PRA juga mengungkap bahwa permasalahan digitalisasi tidak semata-mata bersifat teknis. Pemasaran digital tidak berkembang bukan hanya karena akun media sosial belum tersedia, tetapi karena foto produk belum standar, pasokan belum konsisten, harga belum terdokumentasi, dan tanggapan kepada pembeli belum dikelola bersama. Demikian pula, pencatatan usaha tidak lemah hanya karena tidak ada aplikasi, tetapi karena kebiasaan menghitung

biaya dan pendapatan belum menjadi praktik rutin. Temuan ini menunjukkan bahwa PRA mampu memindahkan analisis dari kelemahan individu menuju persoalan sistem agribisnis.

Diagram kelembagaan memperlihatkan bahwa kelompok tani, penyuluh, pelaku pasar, perangkat lokal, dan perguruan tinggi dapat berperan sebagai aktor penghubung. Kelompok tani dapat menjadi ruang berbagi informasi dan penyusunan catatan bersama. Penyuluh dapat membantu interpretasi teknis budidaya dan pasar. Perguruan tinggi dapat memfasilitasi literasi digital, pengolahan data sederhana, dan penyusunan modul PRA digital. Peran intermediasi seperti ini penting agar teknologi tidak berhenti sebagai aplikasi yang terpasang, tetapi menjadi praktik yang mengubah keputusan usaha [19].

Tabel 3. Pemetaan potensi, masalah, dan prioritas tindak lanjut

Potensi lokal	Masalah utama	Prioritas tindak lanjut	Dukungan digital
Kedekatan dengan pasar lokal	Informasi harga belum merata	Forum informasi harga dan permintaan	Grup pesan dan rekap harga mingguan
Pengalaman budidaya	Catatan biaya belum konsisten	Pelatihan catatan usaha sederhana	Spreadsheet atau buku digital sederhana
Kelompok tani aktif	Dokumentasi kegiatan belum tertata	Arsip digital kelompok	Folder foto, formulir, dan tabel kegiatan
Pelaku muda mengenal media sosial	Pemasaran digital belum terencana	Klinik konten produk dan komunikasi pembeli	Katalog foto dan akun bersama

3.3 Integrasi Teknologi Digital dan PRA

Integrasi digital-PRA dirumuskan dalam empat tahap. Tahap pertama adalah pemetaan partisipatif manual. Tahap ini penting karena memastikan semua peserta dapat berkontribusi tanpa harus mahir menggunakan aplikasi. Peserta mendiskusikan sumber daya, masalah, aktor, kalender musim, dan prioritas usaha. Tahap kedua adalah digitalisasi hasil pemetaan melalui foto, tabel, dan arsip bersama. Tahap ini mengubah hasil musyawarah menjadi dokumen yang mudah disimpan, disebarkan, dan ditinjau kembali.

Tahap ketiga adalah penyusunan rencana aksi agribisnis berdasarkan prioritas. Rencana aksi dapat dimulai dari hal kecil, misalnya memilih satu komoditas untuk dicatat biaya dan hasilnya, menyusun daftar harga mingguan, membuat dokumentasi foto produk, atau mencoba promosi terbatas. Tahap keempat adalah pemantauan melalui grup komunikasi dan evaluasi bersama. Peserta menilai apakah rencana berjalan, kendala apa yang muncul, dan perbaikan apa yang diperlukan pada siklus berikutnya.

Alur tersebut menempatkan teknologi sebagai penguat proses sosial. Peta potensi yang semula hanya terlihat di kertas dapat menjadi arsip digital. Ranking masalah yang semula hanya dibacakan dapat menjadi tabel yang mudah dipantau. Jadwal produksi yang sebelumnya tersebar dalam ingatan anggota dapat disusun sebagai catatan bersama. Dengan demikian, digitalisasi memperpanjang umur hasil PRA dan meningkatkan akuntabilitas tindak lanjut. Prinsip ini sejalan dengan pemikiran socio-cyber-physical system, yaitu bahwa transformasi digital pertanian perlu dipahami sebagai pertemuan antara manusia, teknologi, dan sistem fisik pertanian [16].

Model integrasi juga mengurangi risiko eksklusi. Peserta yang kurang mahir digital tetap dapat berpartisipasi dalam pemetaan manual, sedangkan peserta yang lebih mahir membantu mendigitalisasi hasilnya. Cara ini lebih inklusif daripada meminta seluruh peserta langsung menggunakan aplikasi yang sama. Pada saat yang sama, proses bersama membantu membangun kepercayaan atas data, terutama terkait siapa yang menyimpan informasi, untuk tujuan apa, dan manfaat apa yang kembali kepada kelompok [20].

Tabel 4. Matriks integrasi PRA dan dukungan digital

Tahap PRA	Dukungan digital	Manfaat agribisnis	Risiko yang perlu dijaga
Pemetaan sumber daya	Foto peta, titik lokasi, arsip gambar	Potensi lokal terdokumentasi	Data lokasi tidak disalahgunakan
Kalender musim	Tabel jadwal produksi	Perencanaan input dan tenaga kerja lebih baik	Catatan tidak berhenti setelah kegiatan
Ranking masalah	Rekap skor dalam tabel sederhana	Prioritas lebih transparan	Dominasi suara aktor kuat
Rencana aksi	Grup pesan dan catatan tugas	Tindak lanjut mudah dipantau	Beban admin tidak berlebihan

3.4 Pembahasan: Digitalisasi, Keberlanjutan, dan Kelembagaan

Pembahasan hasil penelitian menunjukkan bahwa digitalisasi agribisnis di Desa Kraton, Kabupaten Magetan memiliki peluang besar, tetapi harus dikembangkan dari kebutuhan paling dasar. Peluang tersebut muncul karena perangkat komunikasi telah digunakan, aktor lokal saling mengenal, dan terdapat ruang kelembagaan melalui kelompok tani. Hasil scoring partisipatif memperkuat temuan kualitatif bahwa masalah informasi pasar (4,56), biaya

input (4,22), pencatatan usaha (4,00), dan pemasaran digital (3,78) berada pada kategori prioritas tinggi. Namun, kelemahan mendasar seperti pencatatan yang tidak konsisten, ketergantungan pada informasi harga informal, dan keterbatasan dokumentasi masih menghambat perencanaan usaha. Oleh sebab itu, strategi digitalisasi tidak cukup berupa pelatihan aplikasi, tetapi harus mencakup perubahan praktik manajemen usaha.

Dimensi ekonomi agribisnis berkelanjutan dapat diperkuat melalui pencatatan biaya, perbandingan harga, dan koordinasi pemasaran. Catatan usaha sederhana membantu petani mengetahui struktur biaya dan menentukan apakah strategi tertentu menguntungkan. Informasi harga yang dibagikan secara teratur dapat memperkuat posisi tawar terhadap pembeli. Pemasaran kolaboratif membantu memperbaiki kontinuitas pasokan dan narasi produk. Kajian rantai pasok berbasis data menekankan bahwa data dapat mendukung kinerja berkelanjutan apabila digunakan untuk koordinasi dan perbaikan keputusan [21].

Dimensi sosial diperkuat melalui partisipasi dan pembagian manfaat. Digitalisasi yang hanya dikuasai oleh satu atau dua pelaku berisiko menciptakan ketimpangan baru. Karena itu, forum kelompok perlu menyepakati mekanisme berbagi informasi, verifikasi harga, pengelolaan akun, dan tanggapan kepada pembeli. PRA membantu memastikan aturan tersebut dirumuskan secara kolektif. Pemikiran mengenai tata kelola inovasi pertanian menegaskan bahwa transisi berkelanjutan memerlukan perhatian terhadap aktor, relasi kuasa, dan konsekuensi sosial dari teknologi [12], [22].

Dimensi lingkungan dapat diperkuat apabila teknologi digunakan untuk mendukung keputusan budidaya yang lebih efisien. Kalender musim dan catatan input dapat membantu mengurangi penggunaan sumber daya yang tidak perlu. Dokumentasi lapangan dapat mencatat titik masalah seperti genangan, kerusakan tanah, atau risiko hama. Informasi cuaca dapat membantu penyesuaian jadwal tanam dan pemeliharaan. Prinsip keberlanjutan pertanian menuntut efisiensi sumber daya, pengurangan pencemaran, dan pengelolaan risiko lingkungan secara lebih baik [23], [24].

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa isu data perlu dibahas sejak awal meskipun teknologi yang digunakan sederhana. Petani dapat merasa ragu membagikan foto lahan, informasi biaya, atau data produksi apabila tidak memahami siapa yang mengakses data tersebut. Karena itu, setiap kegiatan digital perlu disertai kesepakatan tentang jenis data yang boleh dibagikan, pengelola arsip, serta tujuan penggunaannya. Kajian smart farming memperlihatkan bahwa kepercayaan, transparansi, dan pembagian manfaat merupakan prasyarat penting agar pengguna bersedia berpartisipasi [20], [25].

Dari perspektif Agriculture 4.0, model yang dihasilkan tidak mengejar teknologi tinggi sebagai tujuan utama. Robot, sensor, kecerdasan buatan, dan otomasi memang menjadi bagian penting dari transformasi pertanian global [26], [4], [5], [27]. Namun, untuk Kraton, inovasi yang paling dekat dengan kebutuhan lokal adalah teknologi yang memudahkan pencatatan, komunikasi, dokumentasi, dan pemasaran. Pilihan ini bukan penolakan terhadap teknologi maju, melainkan strategi bertahap agar kapasitas sosial dan kelembagaan tumbuh sebelum sistem digital yang lebih kompleks diperkenalkan.

Temuan penelitian memperkuat argumen bahwa digital agriculture harus bekerja untuk manusia, produksi, dan planet. Teknologi tidak boleh hanya meningkatkan efisiensi individual, tetapi juga memperbaiki posisi tawar petani, memperkuat kerja sama, dan menjaga keberlanjutan sumber daya [17]. Dalam konteks Kraton, keberhasilan digitalisasi dapat diukur dari perubahan praktis: petani mulai mencatat biaya, kelompok mulai berbagi informasi harga, produk terdokumentasi lebih baik, keputusan pemasaran lebih terkoordinasi, dan hasil PRA tidak hilang setelah kegiatan selesai.

3.5 Analisis SWOT dan Model Strategi

Analisis SWOT menunjukkan bahwa kekuatan utama Kraton adalah pengalaman agribisnis, kedekatan sosial antarwarga, penggunaan gawai dalam komunikasi sehari-hari, dan peluang kelembagaan kelompok. Kelemahan utama adalah pencatatan usaha yang belum konsisten, keterampilan pemasaran digital yang belum merata, dokumentasi yang belum tertata, dan belum adanya mekanisme berbagi data usaha secara terstruktur. Peluang eksternal meliputi perkembangan pasar digital, meningkatnya minat terhadap produk lokal, ketersediaan materi pelatihan daring, dan peluang kolaborasi dengan perguruan tinggi. Ancaman yang perlu diantisipasi mencakup fluktuasi harga, informasi palsu, penipuan transaksi, perubahan iklim, dan ketergantungan pada platform eksternal.

Strategi SO dapat diarahkan pada penggunaan kelompok tani sebagai basis pemasaran dan pencatatan bersama. Strategi WO dapat diarahkan pada pelatihan bertahap mengenai pencatatan biaya, foto produk, pengelolaan akun, dan komunikasi pembeli. Strategi ST dapat diarahkan pada literasi keamanan digital, verifikasi informasi harga, dan diversifikasi kanal pasar. Strategi WT dapat diarahkan pada penyusunan aturan sederhana tentang berbagi informasi, penanggung jawab arsip, dan pembatasan data sensitif. Dengan cara ini, SWOT tidak berhenti sebagai daftar faktor, tetapi menjadi dasar rencana aksi yang terukur.

Model strategi pengembangan agribisnis berkelanjutan yang diusulkan terdiri atas lima komponen. Komponen pertama adalah pemetaan partisipatif untuk mengenali kondisi nyata. Komponen kedua adalah literasi digital kontekstual yang mengajarkan teknologi sesuai kebutuhan. Komponen ketiga adalah pencatatan usaha sederhana untuk menghitung biaya dan keuntungan. Komponen keempat adalah pemasaran kolaboratif untuk memperkuat posisi tawar. Komponen kelima adalah evaluasi berkelanjutan untuk memperbaiki program pada siklus berikutnya. Model ini menempatkan pembelajaran sosial sebagai inti inovasi.

Tabel 5. Matriks SWOT pengembangan agribisnis digital-PRA

Faktor	Peluang	Ancaman
Kekuatan	Menggunakan kelompok tani untuk pencatatan, pemasaran, dan dokumentasi bersama.	Memperkuat literasi keamanan digital dan verifikasi informasi untuk mencegah risiko transaksi.
Kelemahan	Pelatihan bertahap pencatatan usaha, foto produk, dan komunikasi pembeli.	Menyusun aturan berbagi informasi, pengelola arsip, dan batasan data yang boleh dibuka.

Tabel 6. Model integrasi digital-PRA untuk agribisnis berkelanjutan

PRA	Digitalisasi	Aksi agribisnis	Evaluasi	Penguatan kelembagaan
Peta, kalender musim, ranking masalah	Arsip foto, tabel, grup pesan, catatan usaha	Pemasaran, pencatatan, koordinasi produksi	Refleksi, perbaikan, rencana siklus berikutnya	Aturan data, penanggung jawab, kolaborasi pendamping

Implementasi model dapat dimulai dari satu komoditas atau satu produk lokal. Kelompok memilih komoditas yang dianggap paling siap, mencatat biaya dan hasil dalam satu siklus, mendokumentasikan proses dan produk, membandingkan harga, lalu mencoba promosi terbatas. Setelah satu siklus selesai, kelompok mengevaluasi manfaat, hambatan, dan pembagian tugas. Pendekatan kecil tetapi konsisten lebih sesuai dengan kapasitas lokal daripada langsung membangun sistem digital besar. Pembelajaran dari siklus pertama dapat menjadi dasar perluasan ke komoditas lain.

Keterbatasan penelitian ini perlu diakui. Waktu pengamatan relatif singkat sehingga belum dapat mengukur dampak model terhadap pendapatan, efisiensi biaya, atau perubahan kapasitas kelembagaan dalam jangka panjang. Penelitian juga belum membandingkan perbedaan antar komoditas secara rinci. Oleh karena itu, model yang disusun perlu diuji melalui pendampingan lintas musim tanam dan evaluasi dampak yang lebih terukur. Meskipun demikian, penelitian ini memberikan dasar konseptual dan praktis untuk merancang digitalisasi agribisnis yang lebih partisipatif.

3.6 Implikasi Praktis Pendampingan Agribisnis

Implikasi praktis pertama adalah perlunya memulai pendampingan dari literasi data usaha, bukan dari pengenalan aplikasi yang terlalu banyak. Petani dan pelaku agribisnis perlu dibantu memahami mengapa biaya input, biaya tenaga kerja, volume panen, harga jual, dan biaya transportasi harus dicatat secara rutin. Setelah manfaat pencatatan dipahami, pilihan media dapat disesuaikan dengan kemampuan peserta, baik buku catatan, lembar kerja digital, maupun formulir sederhana. Pendekatan ini membuat teknologi mengikuti kebutuhan manajemen usaha, bukan sebaliknya.

Implikasi kedua adalah pentingnya membangun forum informasi pasar yang dikelola bersama. Informasi harga sering diterima secara terpisah dari pengepul, pedagang, atau sesama petani sehingga tidak semua pelaku memiliki rujukan yang sama. Kelompok dapat menyepakati jadwal pembaruan informasi harga, penanggung jawab rekap, dan mekanisme verifikasi agar informasi tidak menimbulkan salah paham. Pada tahap awal, forum tersebut tidak perlu menjadi marketplace penuh, tetapi cukup menjadi ruang berbagi permintaan, harga, jadwal panen, dan kualitas produk.

Implikasi ketiga berkaitan dengan pemasaran digital. Pemasaran digital perlu dipahami sebagai proses yang mencakup identifikasi produk, standar mutu, konsistensi pasokan, foto yang layak, narasi keunggulan, respons pembeli, pencatatan transaksi, dan evaluasi keluhan. Dengan demikian, pelatihan konten produk harus digabungkan dengan pembahasan operasional agribisnis. Apabila kelompok belum siap menjamin pasokan besar, strategi promosi dapat dimulai dari pasar lokal, pembeli tetap, atau paket produk musiman yang jumlahnya terbatas tetapi dikelola secara serius.

Implikasi keempat adalah kebutuhan aturan data yang sederhana. Setiap kelompok perlu menyepakati informasi apa yang bersifat terbuka, informasi apa yang hanya untuk anggota, dan siapa yang bertanggung jawab menyimpan arsip digital. Kesepakatan ini penting karena pencatatan biaya, foto lahan, dan data produksi dapat dianggap sensitif oleh sebagian pelaku. Aturan data tidak harus rumit, tetapi harus dipahami bersama agar proses digitalisasi membangun kepercayaan, bukan kecurigaan. Prinsip transparansi ini memperkuat keberlanjutan program karena anggota memahami manfaat dan batas penggunaan data.

Implikasi kelima adalah perlunya kolaborasi bertahap antara kelompok tani, penyuluh, perguruan tinggi, dan pemerintah lokal. Kelompok tani dapat menjadi pelaksana praktik sehari-hari, penyuluh mendukung aspek teknis budidaya dan kelembagaan, perguruan tinggi membantu instrumen PRA serta pengolahan data sederhana, sedangkan pemerintah lokal dapat memfasilitasi akses pelatihan dan jaringan pasar. Kolaborasi ini sebaiknya disusun dalam agenda siklus, misalnya pemetaan awal, pelatihan pencatatan, uji coba pemasaran, evaluasi, lalu perluasan. Dengan format siklus, pendampingan tidak berhenti pada kegiatan seremonial, tetapi menghasilkan pembelajaran berulang.

3.7 Rekomendasi Operasional Implementasi Model

Rekomendasi operasional pertama adalah menyusun peta aktor dan sumber daya sebelum menentukan aplikasi yang akan digunakan. Peta aktor memuat petani, pengurus kelompok, pelaku pemasaran, penyuluh, perangkat lokal, pembeli, dan pihak pendamping. Peta sumber daya memuat komoditas, akses jalan, sumber air, tempat pengolahan, lokasi penjualan, dan titik risiko. Dengan cara ini, keputusan digitalisasi tidak dimulai dari pertanyaan aplikasi apa yang tersedia, tetapi dari pertanyaan informasi apa yang dibutuhkan dan siapa yang akan menggunakan informasi tersebut.

Rekomendasi kedua adalah membuat catatan usaha minimum yang berisi tanggal kegiatan, jenis input, jumlah input, biaya input, tenaga kerja, hasil panen, harga jual, biaya distribusi, dan catatan pembeli. Format minimum lebih mudah diterapkan daripada formulir yang terlalu rinci. Setelah catatan minimum berjalan, kelompok dapat menambahkan kolom mutu produk, jenis pelanggan, keluhan pembeli, atau risiko cuaca. Prinsip bertahap penting karena perubahan kebiasaan pencatatan memerlukan waktu, pengulangan, dan contoh manfaat yang langsung dirasakan.

Rekomendasi ketiga adalah mengembangkan kalender musim digital yang berasal dari kalender musim PRA. Kalender tersebut memuat periode tanam, periode pemeliharaan, kebutuhan input, risiko hama, kebutuhan tenaga kerja, periode panen, dan peluang permintaan pasar. Dalam format sederhana, kalender dapat dibuat sebagai tabel bulanan yang dibagikan melalui grup pesan. Kalender ini membantu kelompok membahas apakah jadwal produksi antaranggota dapat dikoordinasikan agar pasokan lebih stabil dan risiko penumpukan panen dapat dikurangi.

Rekomendasi keempat adalah membangun katalog produk kelompok. Katalog tidak harus berupa situs web; pada tahap awal, katalog dapat berupa kumpulan foto, deskripsi singkat, ukuran kemasan, ketersediaan, kontak, dan kisaran harga. Foto produk perlu dibuat dengan pencahayaan yang cukup, latar sederhana, dan informasi yang jelas. Katalog membantu pembeli memahami produk, sedangkan bagi kelompok katalog berfungsi sebagai arsip untuk menilai konsistensi mutu dan kesiapan pasokan. Langkah sederhana ini menjadi jembatan antara pemasaran konvensional dan pemasaran digital.

Rekomendasi kelima adalah menetapkan siklus evaluasi bulanan atau per musim. Evaluasi dilakukan untuk meninjau catatan biaya, perubahan harga, keberhasilan promosi, hambatan produksi, dan tindak lanjut pemetaan PRA. Setiap evaluasi sebaiknya menghasilkan satu atau dua keputusan praktis, misalnya memperbaiki format catatan, mengganti jadwal promosi, menambah penanggung jawab harga, atau menunda perluasan komoditas. Evaluasi yang singkat tetapi rutin lebih berguna daripada evaluasi panjang yang hanya dilakukan pada akhir program.

3.8 Keterbatasan, Risiko, dan Agenda Riset Lanjutan

Keterbatasan utama penelitian adalah cakupan waktu yang relatif pendek. Pengembangan agribisnis sangat dipengaruhi musim, pola permintaan, fluktuasi harga, dan dinamika biaya input. Karena itu, model digital-PRA perlu diuji dalam periode yang lebih panjang agar dapat diketahui apakah pencatatan, pemasaran kolaboratif, dan forum informasi harga benar-benar berjalan setelah pendampingan awal selesai. Pengamatan lintas musim juga diperlukan untuk menilai apakah kalender musim digital mampu membantuantisipasi risiko produksi.

Keterbatasan kedua adalah data kuantitatif masih bersifat skoring partisipatif dan belum diarahkan untuk menguji dampak ekonomi secara inferensial. Penelitian lanjutan dapat menambahkan indikator pendapatan, biaya produksi, margin usaha, frekuensi transaksi, jumlah pembeli, waktu respons pembeli, dan efisiensi penggunaan input. Indikator tersebut dapat dibandingkan sebelum dan sesudah implementasi model. Namun, pengukuran dampak harus tetap memperhatikan variasi komoditas, luas lahan, akses pasar, dan peran rumah tangga agar interpretasinya tidak menyederhanakan realitas agribisnis lokal.

Keterbatasan ketiga berkaitan dengan perbedaan kapasitas antarpelaku. Generasi muda mungkin lebih cepat menggunakan media sosial, sedangkan petani yang lebih tua mungkin memiliki pengetahuan budidaya dan jaringan lokal yang lebih kuat. Model digital-PRA perlu menggabungkan kedua kapasitas tersebut. Penelitian lanjutan dapat mengeksplorasi pembagian peran antargenerasi, termasuk apakah pelaku muda dapat menjadi fasilitator digital tanpa mengambil alih keputusan ekonomi dari anggota lain.

Risiko implementasi yang perlu diantisipasi adalah beban administrasi yang berlebihan. Apabila pencatatan terlalu banyak, anggota dapat berhenti menggunakan format yang disusun. Oleh karena itu, indikator keberhasilan tidak hanya jumlah data yang dikumpulkan, tetapi juga konsistensi penggunaan dan manfaatnya bagi keputusan. Risiko lain adalah ketergantungan pada satu platform digital. Kelompok perlu memiliki arsip cadangan yang dapat dipindahkan agar data tidak hilang apabila perangkat rusak, akun bermasalah, atau platform berubah kebijakan.

Agenda riset lanjutan dapat diarahkan pada pengembangan modul pendampingan digital-PRA yang dapat direplikasi di desa lain. Modul tersebut sebaiknya memuat panduan pemetaan partisipatif, contoh format catatan usaha, template kalender musim, panduan foto produk, prosedur verifikasi informasi harga, dan lembar evaluasi bulanan. Uji coba modul di beberapa lokasi akan membantu membedakan unsur model yang bersifat umum dan unsur yang harus disesuaikan dengan komoditas, struktur pasar, atau kelembagaan lokal. Dengan demikian, model digital-PRA dapat berkembang dari temuan kontekstual menjadi perangkat pendampingan yang lebih luas.

3.9 Kontribusi Artikel terhadap Kajian AgroTalk

Kontribusi artikel bagi kajian ilmu pertanian dan agribisnis adalah penyediaan kerangka kerja yang menjembatani pendekatan sosial partisipatif dengan kebutuhan digitalisasi yang semakin kuat. Dalam banyak kasus, inovasi pertanian dibahas dari sisi teknologi, produktivitas, atau efisiensi rantai pasok. Artikel ini menambahkan penekanan

bahwa inovasi juga harus dibaca dari sisi proses belajar bersama, relasi kelembagaan, dan kemampuan pelaku lokal mengubah informasi menjadi keputusan. Dengan demikian, teknologi digital tidak hanya dilihat sebagai alat komunikasi, tetapi sebagai bagian dari tata kelola agribisnis desa.

Kontribusi kedua adalah rumusan indikator yang dapat dipakai untuk membaca kesiapan digital agribisnis skala lokal. Indikator tersebut mencakup akses perangkat, kemampuan komunikasi, kebiasaan pencatatan, pemanfaatan informasi harga, dokumentasi produk, keamanan data, dan keberadaan penanggung jawab tindak lanjut. Indikator ini tidak serumit pengukuran teknologi presisi, tetapi lebih sesuai untuk wilayah yang baru memulai digitalisasi. Bagi penyuluh dan perguruan tinggi, indikator tersebut dapat digunakan untuk menilai kebutuhan pelatihan sebelum memilih bentuk intervensi.

Kontribusi ketiga adalah penegasan bahwa keberlanjutan agribisnis harus dibangun melalui hubungan ekonomi, sosial, dan lingkungan secara serentak. Pencatatan biaya mendukung keputusan ekonomi, forum informasi memperkuat keadilan akses, sedangkan kalender musim dan dokumentasi lapangan membantu membaca risiko lingkungan. Apabila ketiga dimensi tersebut dihubungkan dalam siklus PRA-digital-evaluasi, kelompok tani memiliki peluang lebih besar untuk mengembangkan inovasi yang tidak hanya meningkatkan volume produksi, tetapi juga memperbaiki tata kelola dan daya tahan usaha.

Bagi pengembangan artikel ilmiah, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa laporan penelitian terapan dapat ditransformasikan menjadi naskah jurnal dengan memperkuat argumentasi teoretis, merapikan metode, menata temuan ke dalam matriks, dan mengonversi rujukan ke gaya IEEE. Penyusunan dalam format AgroTalk juga menuntut abstrak ringkas, pendahuluan yang memuat inovasi, metode yang operasional, hasil dan pembahasan yang menghubungkan fakta, teori, dan opini peneliti, serta kesimpulan naratif. Struktur tersebut membuat hasil penelitian lebih mudah dibaca sebagai kontribusi ilmiah sekaligus rekomendasi praktis.

4. KESIMPULAN

Integrasi teknologi digital dan Participatory Rural Appraisal (PRA) memiliki relevansi kuat untuk pengembangan agribisnis berkelanjutan di Desa Kraton, Kabupaten Magetan. Teknologi digital telah digunakan dalam komunikasi sehari-hari, tetapi pemanfaatannya untuk pencatatan usaha, dokumentasi produksi, pemasaran, dan pengambilan keputusan agribisnis masih perlu diperkuat. PRA membantu mengidentifikasi potensi lokal, masalah prioritas, relasi aktor, dan kebutuhan pendampingan secara lebih partisipatif, sehingga digitalisasi tidak hanya dipahami sebagai penggunaan alat, melainkan sebagai bagian dari proses sosial dan kelembagaan.

Temuan utama menunjukkan bahwa kendala agribisnis di Desa Kraton, Kabupaten Magetan tidak terbatas pada aspek budidaya. Informasi harga, pencatatan biaya, koordinasi pasar, literasi digital, dokumentasi usaha, dan keamanan data merupakan faktor penting yang memengaruhi keberlanjutan. Integrasi digital-PRA menjembatani kendala tersebut melalui pemetaan manual yang inklusif, digitalisasi hasil pemetaan, penyusunan prioritas bersama, dan pemantauan tindak lanjut melalui media digital sederhana. Dengan demikian, teknologi berfungsi sebagai penguat partisipasi, bukan pengganti musyawarah.

Model strategi yang dihasilkan meliputi pemetaan partisipatif, literasi digital kontekstual, pencatatan usaha sederhana, pemasaran kolaboratif, dan evaluasi berkelanjutan. Model ini dinilai realistis karena tidak menuntut teknologi mahal, tetapi memanfaatkan perangkat yang sudah dikenal masyarakat. Prinsip utama yang perlu dijaga adalah kesesuaian teknologi dengan kebutuhan lokal, perlindungan data, pemerataan akses, pembagian manfaat, dan penguatan kelembagaan. Penelitian lanjutan disarankan menguji model ini secara lintas musim dan mengukur dampaknya terhadap pendapatan, efisiensi biaya, keterhubungan pasar, dan kapasitas kolektif pelaku agribisnis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Universitas Doktor Nugroho Magetan, LPPM, perangkat lokal, kelompok tani, pelaku agribisnis Desa Kraton, serta seluruh informan yang telah mendukung proses penelitian, pengumpulan data, validasi temuan, dan penyusunan artikel ini.

REFERENSI

- [1] R. Bertoglio, C. Corbo, F. M. Renga, and M. Matteucci, "The digital agricultural revolution: A bibliometric analysis literature review," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 134762-134782, 2021.
- [2] R. Birner, T. Daum, and C. Pray, "Who drives the digital revolution in agriculture? A review of supply-side trends, players and challenges," *Applied Economic Perspectives and Policy*, vol. 43, no. 4, pp. 1260-1285, 2021.
- [3] C. Eastwood, L. Klerkx, M. Ayre, and B. Dela Rue, "Managing socio-ethical challenges in the development of smart farming: From a fragmented to a comprehensive approach for responsible research and innovation," *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, vol. 33, no. 5, pp. 741-768, 2020.
- [4] S. Chaterji et al., "Artificial intelligence for digital agriculture at scale: Techniques, policies, and challenges," *arXiv preprint arXiv:2001.09786*, 2020.
- [5] T. Daum, "Farm robots: Ecological utopia or dystopia?" *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 36, no. 9, pp. 774-777, 2021.

- [6] E. Jakku et al., "If they do not tell us what they do with it, why would we trust them? Trust, transparency and benefit-sharing in smart farming," *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, vol. 90-91, p. 100285, 2020.
- [7] M. Michels, V. Bonke, O. Musshoff, and M. Decker, "Smartphone adoption and use in agriculture: Empirical evidence from Germany," *Precision Agriculture*, vol. 21, no. 2, pp. 403-425, 2020.
- [8] C. Ayim, A. Kassahun, C. Addison, and B. Tekinerdogan, "Adoption of ICT innovations in the agriculture sector in Africa: A systematic literature review," *Agriculture & Food Security*, vol. 9, p. 20, 2020.
- [9] A. Lajoie-O'Malley, K. Bronson, S. van der Burg, and L. Klerkx, "The future(s) of digital agriculture and sustainable food systems: An analysis of high-level policy documents," *Ecosystem Services*, vol. 45, p. 101183, 2020.
- [10] FAO, *Digital Agriculture: Action Plan 2020-2021*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020.
- [11] N. Munthali et al., "Innovation intermediation in a digital age: Comparing public and private new-ICT platforms for agricultural extension in Ghana," *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, vol. 97, p. 100349, 2021.
- [12] A. de Boon, C. Sandstrom, and D. C. Rose, "Governing agricultural innovation: A comprehensive framework to underpin sustainable transitions," *Journal of Rural Studies*, vol. 89, pp. 407-422, 2022.
- [13] J. Ingram and D. Maye, "What are the implications of digitalisation for agricultural knowledge?" *Frontiers in Sustainable Food Systems*, vol. 4, p. 66, 2020.
- [14] I. Abreu, F. J. Mesias, and J. Ramajo, "Design and validation of an index to measure development in rural areas through stakeholder participation," *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 76, p. 100953, 2021.
- [15] K. Rijswijk et al., "Digital transformation of agriculture and rural areas: A socio-cyber-physical system framework to support responsabilisation," *Journal of Rural Studies*, vol. 85, pp. 79-90, 2021.
- [16] OECD, *Making Better Policies for Food Systems*. Paris: OECD Publishing, 2021.
- [17] M. S. Reed et al., "Evaluating impact from research: A methodological framework," *Research Policy*, vol. 50, no. 4, p. 104147, 2021.
- [18] L. Klerkx and D. C. Rose, "Dealing with the game-changing technologies of Agriculture 4.0: How do we manage diversity and responsibility in food system transition pathways?" *Global Food Security*, vol. 24, p. 100347, 2020.
- [19] E. D. Lioutas, C. Charatsari, and M. De Rosa, "Digitalization of agriculture: A way to solve the food problem or a trolley dilemma?" *Technology in Society*, vol. 67, p. 101744, 2021.
- [20] FAO, *The State of Food and Agriculture 2022: Leveraging Automation in Agriculture for Transforming Agrifood Systems*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022.
- [21] S. Fielke, B. Taylor, and E. Jakku, "Digitalisation of agricultural knowledge and advice networks: A state-of-the-art review," *Agricultural Systems*, vol. 180, p. 102763, 2020.
- [22] FAO, *Climate-Smart Agriculture Case Studies 2021: Projects from Around the World*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021.
- [23] M. J. Adegbeye et al., "Sustainable agriculture options for production, greenhouse gasses and pollution alleviation, and nutrient recycling in emerging and transitional nations," *Journal of Cleaner Production*, vol. 242, p. 118319, 2020.
- [24] E. Duncan, A. Glaros, D. Z. Ross, and E. Nost, "New but for whom? Discourses of innovation in precision agriculture," *Agriculture and Human Values*, vol. 38, no. 4, pp. 1181-1199, 2021.
- [25] M. Ryan, "The social and ethical impacts of artificial intelligence in agriculture: Mapping the agricultural AI literature," *AI & Society*, vol. 38, no. 6, pp. 2473-2485, 2023.
- [26] K. Bronson, *The Immaculate Conception of Data: Agribusiness, Activists, and Their Shared Politics of the Future*. McGill-Queen's University Press, 2022.
- [27] L. Prause, S. Hackfort, and M. Lindgren, "Digitalization and the third food regime," *Agriculture and Human Values*, vol. 38, no. 3, pp. 641-655, 2021.
- [28] H. Barrett and D. C. Rose, "Perceptions of the fourth agricultural revolution: What is in, what is out, and what is still to come?" *Sociologia Ruralis*, vol. 62, no. 2, pp. 162-189, 2022.
- [29] M. Carolan, "Automated agrifood futures: Robotics, labor and the distributive politics of digital agriculture," *Journal of Peasant Studies*, vol. 47, no. 1, pp. 184-207, 2020.
- [30] J. Clapp and S. L. Ruder, "Precision technologies for agriculture: Digital farming, gene-edited crops, and the politics of sustainability," *Global Environmental Politics*, vol. 20, no. 3, pp. 49-69, 2020.
- [31] S. S. Kamble, A. Gunasekaran, and S. A. Gawankar, "Achieving sustainable performance in a data-driven agriculture supply chain: A review for research and applications," *International Journal of Production Economics*, vol. 219, pp. 179-194, 2020.
- [32] M. McCampbell, C. Schumann, and L. Klerkx, "Good intentions in complex realities: Challenges for designing responsibly in digital agriculture in low-income countries," *Sociologia Ruralis*, vol. 62, no. 2, pp. 279-304, 2022.
- [33] D. C. Rose, R. Wheeler, M. Winter, M. Lobley, and C. A. Chivers, "Agriculture 4.0: Making it work for people, production, and the planet," *Land Use Policy*, vol. 100, p. 104933, 2021.
- [34] T. Soma, B. Li, and V. Maclaren, "An evaluation of a consumer food waste awareness campaign using the community-based social marketing approach," *Journal of Cleaner Production*, vol. 279, p. 123777, 2021.

-
- [35] J. van de Gevel, J. van Etten, and S. Deterding, "Citizen science breathes new life into participatory agricultural research: A review," *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 40, p. 35, 2020.
- [36] A. Walter, R. Finger, R. Huber, and N. Buchmann, "Opinion: Smart farming is key to developing sustainable agriculture," *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 114, no. 24, pp. 6148-6150, 2021.
- [37] World Bank, *What's Cooking: Digital Transformation of the Agrifood System*. Washington, DC: World Bank, 2021.
- [38] J. Zscheischler, R. Brunsch, S. Rogga, and R. W. Scholz, "Perceived risks and vulnerabilities of employing digitalization and digital data in agriculture: Socially robust orientations from a transdisciplinary process," *Journal of Cleaner Production*, vol. 358, p. 131889, 2022.