

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.4179

APLIKASI TEKNOLOGI RITX SOIL DAN WEATHER SENSOR DALAM PENINGKATAN PRODUKSI PADI: BAGAIMANA ADOPSI INOVASI PETANI?

*(Using Ritx Soil Technology and Weather Sensors to Increase Rice Production: How
Farmers Adopt Innovation?)*

Lina Asnamawati^{1*}, Timbul Rasoki¹, Is Eka Herawati¹, Idha Farida¹, Ana Nurmalia²

¹Program Studi Agribisnis, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Terbuka

²Program Studi Agribisnis, Universitas Dehasen

Corresponding author, Email: linaas@ecampus.ut.ac.id

ABSTRACT

In certain locations of Indonesia, Ritx Soil and Weather Sensor technology has been used in the agriculture industry. However, scientific reports on farmer technology uptake are not publicly available for scientific and policymaking purposes. As a result, this study was conducted to give scientific data on the acceptance of farmer technological advancements. This exercise was conducted in Cikembulan Village, Garut Regency, with 56 participants. According to the report, only 41% of respondents used technology. Cosmopolitanism, farmer motivation, farmer presence, self-efficacy, the function of extension personnel, frequency of extension, education, and farm experience are the elements of innovation adoption explored. Only farm experience has a favorable impact on the uptake of farmer innovations. Finally, there must be a significant push, particularly from the non-profit organizations and the government.

Keywords: adoption of innovation, ritx soil and weather sensor, rice production improvement, technology application

ABSTRAK

Teknologi Ritx Soil dan Weather Sensor telah diimplementasikan dalam sektor pertanian di daerah terpilih di Indonesia. Namun demikian, laporan saintifik terkait adopsi teknologi oleh para petani belum tersedia secara terbuka untuk kepentingan sains dan pengambilan kebijakan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk memberikan data saintifik terkait adopsi inovasi petani terhadap teknologi. Penelitian dilaksanakan di Desa Cikembulan, Kabupaten Garut dengan melibatkan 56 petani sebagai responden. Studi ini menemukan bahwa hanya 41% responden yang menggunakan teknologi. Faktor-faktor adopsi inovasi yang diteliti terdiri dari kekosmopolitan, motivasi petani, kehadiran petani, *self efficacy*, peran penyuluh, frekuensi penyuluhan, pendidikan dan pengalaman usaha tani. Hanya faktor pengalaman usaha tani memberikan kontribusi positif terhadap adopsi inovasi petani. Sebagai kesimpulan, perlu adanya dorongan yang kuat dari pemerintah dalam hasil penerapan teknologi sektor pertanian untuk meningkatkan produksi.

Kata kunci: Aplikasi teknologi, Ritx Soil dan Weather Sensor, Peningkatan produksi padi, Adopsi inovasi

PENDAHULUAN

Teknologi cerdas di bidang pertanian meningkatkan produksi tanaman dan ternak

karena sistem otonom dapat mengontrol aktuatur secara efektif, meningkatkan kualitas, mengontrol penggunaan sumber

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.4179

daya, dan memastikan produk sesuai dengan persyaratan pasar dengan memaksimalkan keuntungan dan meminimalkan biaya produksi (Bhagat et al., 2019). Pertanian pintar mengacu pada penggunaan teknologi seperti *Internet of Things* (IoT) untuk pengumpulan data cuaca, pemantauan pertumbuhan tanaman, deteksi dini penyakit tanaman, pemantauan pola perilaku ternak, lokasi hewan di dalam dan di luar pertanian, untuk meningkatkan produksi baik tanaman maupun ternak (Charania & Li, 2020; Saiz-Rubio & Rovira-Más, 2020). IoT telah berpengaruh besar dalam pertanian sejak penerapannya ke sektor ini yang mencakup strategi pertanian yang beragam, teknik penanaman dan panen, dan penggunaan alat mekanis untuk pertanian (Idoje et al., 2021).

Sebelum implementasi pertanian pintar, petani harus secara intensif mengunjungi area pertanian dan menghabiskan lebih banyak waktu dalam bertani, yang secara otomatis meningkatkan biaya produksi tanaman. Oleh karenanya, permasalahan in-efisiensi dalam pertanian harus ditangani dengan baik melalui teknologi pertanian pintar. Kecerdasan ini bisa berupa mengikuti tindakan, keputusan, diagnosis, dan sering mengamati. Petani sering menghadapi berbagai jenis risiko pertanian seperti kerawanan pangan, masalah keuangan dan masalah kesehatan masyarakat. Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan memperkenalkan pertanian dengan IoT. Kehidupan sehari-hari petani diharapkan sama dengan orang yang menggunakan teknologi, organisasi, jaringan, dan individu yang kuat di pabrik-pabrik modern. Ini digunakan untuk mencapai tujuan pertanian dalam rangka meningkatkan otomatisasi, pengambilan keputusan, dan mekanisasi yang modern untuk meningkatkan efisiensi (Balasubramanian & Navaneethan, 2021).

Pertanian cerdas, terkadang disebut sebagai pertanian digital (Benjafield et al., 2020). Konsep pertanian cerdas dimaksudkan untuk menyediakan sistem

yang lebih holistik dan mencakup kerangka kerja untuk membangun proses pertanian yang optimal dan jaringan sistem pertanian yang menggunakan sumberdaya yang lebih rendah (Montoya-Munoz & Rendon, 2020).

Namun kenyataannya, dalam skala yang lebih luas, teknologi kurang dimanfaatkan oleh petani karena mereka belum memiliki pengetahuan dan keterampilan yang cukup dalam melakukan usaha tani. Sementara, dorongan untuk memperkenalkan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) yang lebih luas di bidang pertanian saat ini sedang mengalami momentumnya, karena digitalisasi memiliki potensi besar untuk memberikan manfaat bagi produsen dan konsumen. Di sisi lain, mendorong solusi teknologi ke pedesaan menghadapi beberapa tantangan (Bacco et al., 2018; Gupta et al., 2020). *Smart Farming* (SF) mengacu pada penerapan TIK untuk pertanian. Data yang dikumpulkan dan dianalisis melalui teknik TIK mendukung proses produksi yang efisien sehingga memotivasi para ilmuwan, praktisi, perusahaan swasta dan publik untuk bekerja menuju tujuan mengembangkan dan mendorong penggunaan teknologi inovatif untuk mendukung petani di lapangan (Kaushik et al., 2021). Menurut Uni Eropa (UE), teknologi dan teknik yang paling relevan untuk dimanfaatkan sepenuhnya adalah citra satelit, penggunaan robot pertanian, penggunaan node sensor yang lebih besar untuk mengumpulkan data, dan potensi kendaraan udara tak berawak (*unmanned aerial vehicle*, UAV) untuk citra udara dan aktuasi (Bacco et al., 2019).

Selain teknologi pemantauan tanaman, teknologi SF 4.0 melalui penerapan sensor tanah dan cuaca RITX juga menjadi diskusi menarik (Arif et al., 2021; Kaushik et al., 2021). Sensor ini digunakan untuk menangkap kondisi tanah secara *real-time* dan memprediksi cuaca. Sekarang ini, pertanian sangat penting dalam kehidupan petani dan masyarakat, karena tanpa produksi pangan manusia tidak dapat hidup.

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.4179

Proses produksi pangan ini memiliki banyak kesulitan dalam kehidupan normal petani di dunia saat ini. Kesulitan yang dihadapi petani secara manual adalah pemantauan air, pemantauan pekerjaan manusia, pemantauan hewan, pemantauan hewan berbahaya, biaya, dan lain-lain. Kesulitan-kesulitan ini akan diatasi melalui teknologi IoT. Teknologi ini digunakan untuk memantau air melalui sensor, memantau hewan berbahaya melalui sensor karena petani terhindar dari risiko dan penyakit, dan pada akhirnya menghemat dan meningkatkan waktu produksi, biaya produksi, dan kesehatan petani (Balasubramanian & Navaneethan, 2021)

Solusi pertanian cerdas menggabungkan informasi, perangkat lunak data, dan teknologi dengan tujuan untuk meningkatkan produksi pertanian. Pertanian cerdas telah dilakukan pada negara Amerika Serikat dan Korea Selatan (O'Shaughnessy et al., 2021; Park & Lee, 2019). Pemerintah Korea Selatan telah menerapkan kebijakan nasional untuk membentuk komunitas pertanian cerdas, sebuah konsep yang membahas seluruh rantai pasokan pertanian pangan. Sedangkan di Amerika, solusi pertanian cerdas terpisah yang didorong terutama oleh persaingan di sektor swasta telah menghasilkan solusi berteknologi tinggi yang memajukan konsep pertanian cerdas (O'Shaughnessy et al., 2021).

Sebagai negara berkembang dengan revolusi industri 4.0, agroteknologi, Internet of Things (IoT), E-Commerce dan teknologi logistik, menjadi poin penting di Indonesia untuk menerapkan teknologi cerdas (Nugroho & Aliwarga, 2019). Praktek smart farming diperkenalkan di Desa Cikembulan, Kabupaten Garut sebagai salah satu kabupaten penghasil padi terbesar di Indonesia. Teknologi pertanian cerdas diespektasikan membuat proses budidaya lebih efektif, yang mengarah pada peningkatan produksi dan kesejahteraan petani. Sebagian petani di Desa Cikembulan telah menggunakan alat yang disebut RITX Soil and Weather Sensor guna memantau

keadaan tanah dan memprediksi cuaca terkini. Kehadiran sensor tanah dan cuaca (soil and weather sensor) yang dipasang di lahan pertanian juga membantu petani memantau kondisi tanamannya. Data yang diperoleh dari sensor ini meliputi kelembaban udara dan tanah, suhu, pH tanah, dan kadar air hingga perkiraan masa panen. Terintegrasi ke dalam aplikasi RiTx berbasis Android, petani menerima peringatan dini jika terjadi anomali pada kondisi lahan mereka. Selain itu, petani menerima rekomendasi untuk mencegah kerusakan lahan dan tanaman. Penerapan metode Smart Farming 4.0 berpotensi untuk menyelesaikan berbagai permasalahan di sektor pertanian Indonesia. Masa depan pertanian Indonesia adalah pertanian cerdas berbasis teknologi (Nugrahadi et al., 2020).

Namun demikian, hingga artikel ini ditulis, belum ditemukan laporan saintifik terkait adopsi teknologi oleh para petani di Desa Cikembulan. Sementara, tidak semua petani di desa tersebut memiliki tingkat pendidikan yang memadai untuk implementasi teknologi SF. Oleh karena itu, penting untuk mengetahui perilaku petani dalam menerapkan teknologi SF 4.0 di Desa Cikembulan tersebut. Pada survei pertama tahun 2020, petani masih 95% kesulitan menggunakan alat sensor. Persentase keterampilan petani adalah 88,75%, dan petani tidak menentukan masa panen berdasarkan hasil pemantauan kondisi cuaca dengan smartphone. Secara khusus, riset kali ini dilakukan untuk mengumpulkan data perilaku petani dalam adopsi inovasi untuk pengelolaan usaha tani dalam penerapan teknologi RITX Soil & Weather Sensor.

BAHAN DAN METODE

Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini dilaksanakan di Desa Cikembulan, Kecamatan Kadungora Kabupaten Garut. Ada 56 dari 160 petani di desa tersebut yang telah menggunakan teknologi smart farming berupa pemanfaatan RITX Soil & Weather Sensor yang

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.4179

digunakan untuk merekam kondisi lahan secara realtime dan memprediksi cuaca.

Perilaku petani dalam pengelolaan usaha tani dengan penerapan teknologi smart farming disurvei untuk diketahui pengaruhnya terhadap kemajuan usaha tani masyarakat. Kuesioner dan wawancara dilakukan untuk mendapatkan data yang selanjutnya diolah menggunakan regresi logistik.

Karakteristik Responden

Studi ini melibatkan 56 responden dengan karakteristik sebagai berikut:

- 1) Responden berusia rata-rata 48.69 tahun dengan standart deviasi 12.23, yang mendeskripsikan bahwa responden masih dalam usia produktif meskipun dengan rentang usia yang cukup lebar, dimana responden termuda berusia 27 tahun dan tertua berusia 75 tahun.
- 2) Pendidikan formal responden secara berurutan dari tidak tamat SD, tamat SD, tamat SMP, tamat SMA, dan tamat Akademi/Perguruan Tinggi adalah 7%, 14%, 30%, 25% dan 23%.
- 3) 95% responden telah mengikuti pendidikan non formal berupa penyuluhan pertanian, dan sisanya mengikuti kegiatan kursus tani, pertemuan/kontak tani, dan Widyawisata.
- 4) 84% responden berprofesi sebagai petani penuh waktu, dan sisanya sebagai petani paruh waktu.
- 5) Rata-rata responden bekerja sebagai petani adalah 4.67 tahun, dengan waktu bekerja terpendek dan terlama adalah 2 dan 30 tahun.

- 6) Terakhir, 59% responden belum mengadopsi teknologi smart farming sedangkan 41% responden telah mengadopsi teknologi smart farming.

Variabel

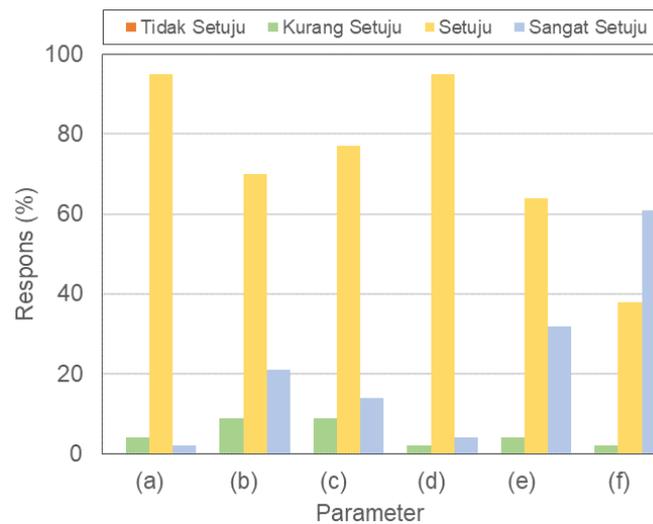
Dalam riset ini, faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi inovasi dalam penggunaan teknologi Ritx Soil dan Weather Sensor diinvestigasi dengan melibatkan 8 variabel independent yang mencakup Kekosmopolitan (X_1), Motivasi Petani (X_2), Kehadiran Petani (X_3), *Self Efficacy* (X_4), Peran Penyuluh (X_5), Frekuensi Penyuluhan (X_6), Pendidikan (X_7), dan Pengalaman Usaha Tani (X_8).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Kekosmopolitan (X_1)

Kecosmopolitan diukur dengan kemudahan menerapkan, efisiensi, produktivitas, penerapan teknologi, kegiatan diskusi dan bantuan permodalan. Melalui survei ini ditemukan bahwa kemudahan penerapan teknologi menjadi parameter paling dominan (95%) terhadap kekosmopolitan dibandingkan dengan parameter lainnya, dengan statistik secara lengkap disajikan pada Gambar 1. Hal ini disebabkan teknologi RITX Soil & Weather Sensor masih menyulitkan petani dalam penggunaannya, sehingga diperlukan teknologi yang lebih mempermudah petani. Hasil ini menguatkan klaim riset yang pernah dilakukan di Rusia yang membahas tingkat pertumbuhan dan masalah utama yang terkait dengan pengenalan "Internet of things" (IoT) dalam ekonomi pertanian (Amirova et al., 2019).

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.4179



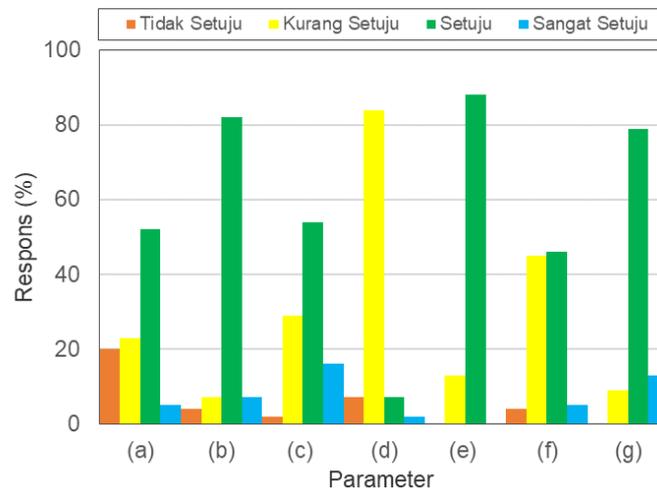
Gambar 1. Data statistik responden terkait Kosmopolitan: (a) Kemudahan penerapan, (b) Efisiensi, (c) Produktivitas, (d) Penerapan Teknologi, (e) Sarasehan, dan (f) Bantuan Permodalan

Pengaruh Motivasi (X_2)

Motivasi petani dapat diukur dari pendanaan, pelatihan, sarana prasarana, pemodal, keaktifan kelompok, input pertanian, dan pemasaran produk. Melalui survei ini ditemukan bahwa motivasi petani merupakan faktor pendukung dalam penerapan teknologi Ritx Soil & Weather Sensor bahwa keaktifan kelompok menjadi parameter paling dominan (88%) mempengaruhi keinginan petani dalam melakukan adopsi inovasi teknologi, sebagaimana disajikan dalam Gambar 2. Hal ini disebabkan semakin banyak petani yang menerapkan teknologi, maka akan mempengaruhi petani lain untuk menggunakan teknologi yang sama. IoT dan UAVs adalah dua teknologi mutakhir yang digunakan di bidang budidaya, yang mengubah praktik pertanian tradisional

menjadi era baru pertanian presisi. Peran teknologi UAV dalam pertanian cerdas, dengan menganalisis aplikasi UAV dalam berbagai skenario, termasuk irigasi, pemupukan, penggunaan pestisida, pengelolaan gulma, pemantauan pertumbuhan tanaman, pengelolaan penyakit tanaman, dan fenotip di tingkat lapangan (O'Shaughnessy et al., 2021). Selanjutnya beberapa faktor yang dapat mendorong petani untuk mengadopsi teknologi berupa karakteristik petani, karakteristik pertanian, karakteristik teknologi, faktor kelembagaan dan keuangan dapat mempengaruhi adopsi teknologi dan memberikan rekomendasi untuk meningkatkan adopsi teknologi diantara petani yang memiliki lahan yang sempit, seperti yang dilaporkan di Afrika (Fadeyi et al., 2022).

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.4179

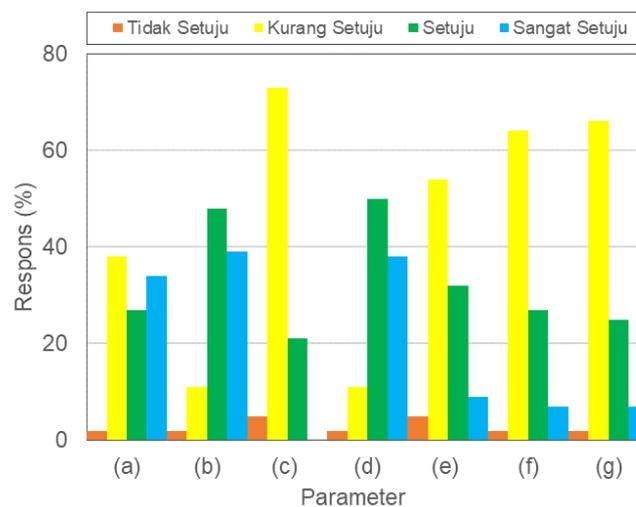


Gambar 2. Data statistik responden terkait motivasi: (a) Pendanaan , (b) Pelatihan, (c) Sarana prasarana, (d) Pemodaln, (e) Keaktifan kelompok, (f) Input pertanian dan (g) Pemasaran produk

Kehadiran Petani (X_3)

Kehadiran petani dalam kegiatan penyuluhan dilihat dari beberapa parameter yaitu kegiatan sarasehan, pendampingan, permodalan, penerapan, pemantauan, kondisi cuaca dan masa panen. Berdasarkan hasil survei parameter yang dominan petani aktif hadir dalam kegiatan penyuluhan jika materi yang diberikan berupa penerapan penerapan Teknologi Ritx Soil dan Weather sebesar

50% dibandingkan dengan parameter lainnya (lihat Gambar 3). Hal tersebut dikarenakan petani lebih berminat jika materi penyuluhan berkaitan dengan penerapan teknologi yang didemonstrasikan oleh penyuluh. Kontrol kualitas, standarisasi, penanganan, kepraktisan penerapan teknologi mempermudah petani menerapkan teknologi (Webster et al., 2009).



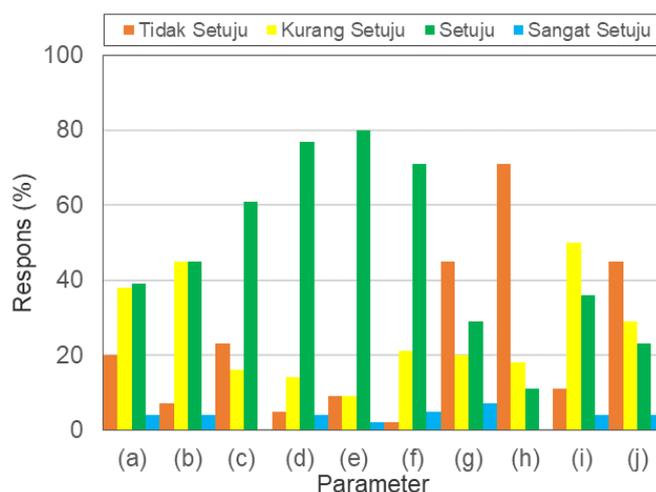
Gambar 3. Data statistik responden terkait motivasi: (a) Sarasehan , (b) Pendampingan, (c) Permodalan , (d) Penerapan , (e) Pemantauan, (f) Kondisi Cuaca dan (g) MasaPanen

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.4179

Self Efficacy (X_4)

Self Efficacy diukur dari cara kerja teknologi, cara penggunaan, cara membaca hasil, ketepatan pemupukan, dan jumlah takaran. Berdasarkan hasil survei menunjukkan faktor yang dominan jumlah takaran pupuk (80%) dibandingkan parameter lainnya, sebagaimana diilustrasikan di Gambar 4. Hal tersebut dikeranekan dengan memudahkan mengukur takaran pupuk dalam penggunaan teknologi Ritx Soil & Weather Sensor maka akan menghemat petani dalam pengeluaran untuk melakukan usaha taninya. Sebagai

pembandingan, psikologis dan perilaku petani dipinggiran kota China menunjukkan bahwa pendidikan, pelatihan dan motivasi, pengetahuan petani tentang lingkungan, persyaratan menanam menjadi bagian penting petani untuk melakukan usaha tani mereka (Hu et al., 2021). *Self efficacy* merupakan keyakinan seorang petani untuk dapat meningkatkan pendapatannya, karena dengan *self efficacy*, petani dapat merubah cara berusaha taninya secara perlahan dan bukan karena intervensi kebijakan (Wuepper & Sauer, 2016).



Gambar 4. Data statistik responden terkait motivasi: (a) Cara Kerja Teknologi , (b) Cara Penggunaan, (c) Cara Membaca Hasil, (d) Ketepatan Pemupukan, (e) Jumlah Takaran Pupuk , (f) Waktu Menanam (g) Gangguan Alat Sensor, (h) Cara Memperbaiki, (i) Pemantauan Kondisi Alam, (j) Akses Modal

Peran Penyuluh (X_5)

Pengaruh peran penyuluh diukur berdasarkan parameter penghargaan, pengaruh, dorongan, informasi, dan penyuluhan. Berdasarkan hasil survei ditemukan bahwa parameter paling dominan yaitu penghargaan dari penyuluh (88%) dibandingkan parameter lainnya, seperti kami perlihatkan dalam Gambar 5. Hal tersebut dikarenakan penyuluh yang memberikan penghargaan bagi petani baik berupa penyuluhan kepada petani melalui pendekatan kelompok tani agar pengetahuan,

keterampilan maupun sikap petani menjadi lebih baik dalam mengelola usahatani guna meningkatkan kesejahteraannya. Dukungan terhadap inovasi pertanian yang berasal dari usaha kecil menengah (UKM) yang digunakan pada lahan pertanian yang luas perlu adanya inovasi berdasarkan pengetahuan yang berbasis pengalaman pertanian dan agribisnis memudahkan petani berinovasi sehingga kegiatan pertanian lebih memberdayakan petani untuk aktif di pertanian dan petani mampu mengatasi kendala dalam kegiatan pertaniannya (Relf-

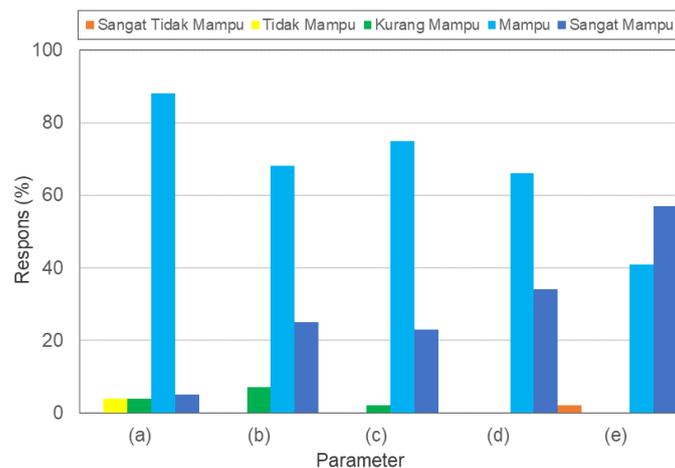
DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.4179

Eckstein et al., 2019). Temuan dari Patrick et.al (2022) banyak negara berkembang memiliki i(nvestasi terbatas dalam penyuluhan pertanian dan layanan konsultasi, dan serta sistem pengiriman input pertanian yang tidak efisien, membatasi akses ke solusi sains yang diperlukan untuk meningkatkan produktivitas. Terdapat perbedaan dengan temuan penelitian di Garut mengenai peran penyuluh pada kajian penerapan teknologi smart farming 4.0 dengan kecenderungan lebih dari 50 persen mampu memberikan berbagai pelayanan kepada petani.

Pengaruh Frekuensi Penyuluhan (X_6)

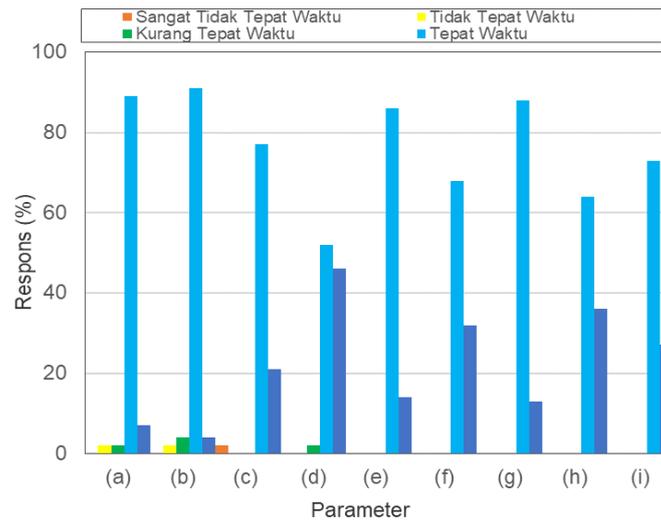
Frekuensi penyuluh diukur dari parameter sesuai jadwal, selalu hadir, datang Ketika dibutuhkan, waktu penyuluhan,

informasi penyuluhan, penyelesaian masalah, komunikasi, penyampaian masalah, media penyuluhan. Berdasarkan hasil survei, parameter paling dominan yaitu penyuluh selalu hadir (91%) dibandingkan parameter lainnya, sebagaimana kami sajikan pada Gambar 6. Hal tersebut disebabkan kehadiran penyuluh pada saat kegiatan penyuluhan mempengaruhi kehadiran petani untuk mengikuti kegiatan penyuluhan. Kontribusi penyuluh untuk mensosialisasikan teknologi baru, untuk memberikan materi penyuluhan berupa pemanfaatan teknologi, prediksi parameter tanah seperti memprediksi kandungan karbon organik, air, prediksi hasil panen, penyakit dan deteksi gula akan memudahkan petani mengadopsi teknologi (Sharma et al., 2021).



Gambar 5. Data statistik responden terkait peran penyuluh: (a) Penghargaan, (b) Pengaruh, (c) Dorongan, (d) Informasi, dan (e) Penyuluhan

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.4179

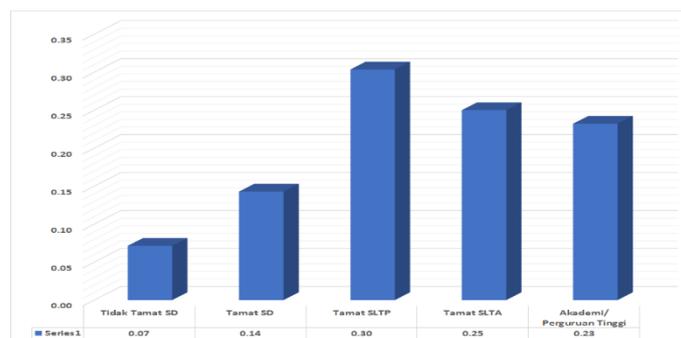


Gambar 6. Data statistik responden terkait frekuensi penyuluh: (a) Sesuai jadwal, (b) Selalu hadir, (c) Datang dibutuhkan, (d) Waktu penyuluhan, (e) Informasi Penyuluhan, (f) Penyelesaian masalah (g) Komunikasi, (h) Penyampaian masalah, (i) Media penyuluhan

Pengaruh Pendidikan (X_7)

Pendidikan merupakan jenjang pendidikan yang diperoleh dari bangku sekolah yang telah di selesaikan oleh responden. Tingkat pendidikan yang pernah ditempuh responden dapat dilihat Pendidikan Sekolah Dasar (SD), Sekolah Lanjutan Tingkat Pertama (SLTP), Sekolah Lanjutan Tingkat Atas (SLTA), Akademi atau Perguruan Tinggi. Berdasarkan hasil survei bahwa rata-rata petani berpendidikan lulusan SLTP (30%) dibandingkan tamat dari pendidikan lainnya (Gambar 7), hal tersebut disebabkan pengetahuan yang diterima di sekolah tidak terlalu mendukung dalam

kegiatan usaha taninya, pengalaman dan keterampilan dalam bertani yang lebih penting. Hal yang berbeda ditemukan pada petani di Brazil. Pada kasus petani brazil menunjukkan bahwa adopsi beberapa teknologi lebih berpengaruh besar terhadap petani yang berpendidikan tinggi dan memiliki pengetahuan tentang cara kerja teknologi (Pivoto et al., 2019). Hal yang sama juga pada petani di Irlandia bahwa petani yang berusia muda dan berpendidikan lebih mudah mengadopsi teknologi *Smart Farming Technologies* (Jithin Das et al., 2019).



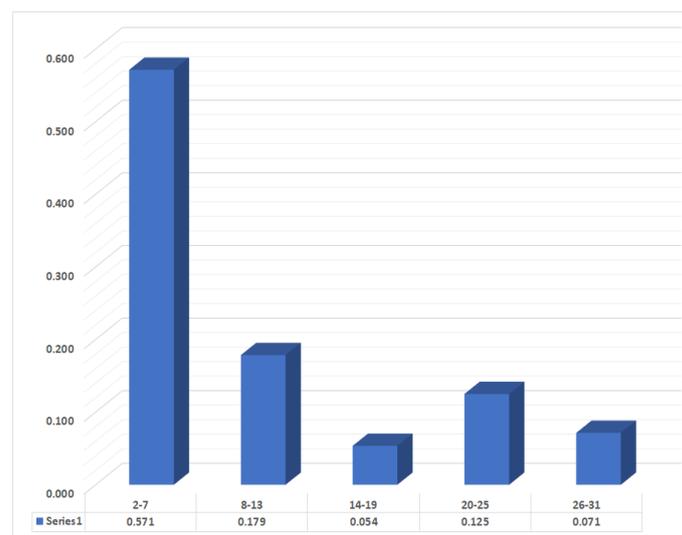
Gambar 7. Tingkat pendidikan petani

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.4179

Pengaruh Pengalaman Usaha Tani (X_8)

Pengalaman usaha tani diukur berdasarkan lamanya petani berusaha tani yaitu pada rentang 2 s.d 7 tahun, 8 s.d 13 tahun, 14 s.d 19 tahun, 20 s.d 25 tahun, dan 26 s.d 31 tahun. Berdasarkan hasil survei bahwa lama pengalamam usaha tani yang paling dominan pada rentang 2 s.d 7 tahun (57.1%) dibandingkan pengalaman usaha tani lainnya (Gambar 8). Hal tersebut

disebabkan petani yang baru atau petani muda lebih mudah untuk mengadopsi teknologi. Faktor utama dalam mengadopsi teknologi baru di kalangan petani muda lebih besar dibandingkan petani yang lebih lama dalam berusaha tania atau petani yang lebih tua (Jithin Das et al., 2019). Hal yang sama ditemukan bahwa teknologi Internet Of Things lebih mudah diterima jika sumber daya yang lebih muda (Ryu et al., 2015).



Gambar 8. Pengalaman usaha tani (X_8)

Adopsi Inovasi (Y)

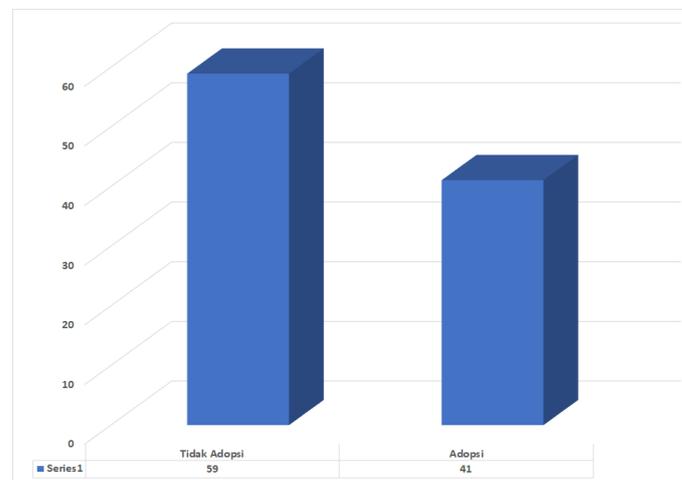
Adopsi inovasi merupakan keputusan petani untuk menggunakan teknologi baru. Berdasarkan hasil survei dari ke 56 responden menunjukkan bahwa hanya 41% yang mengadopsi teknologi Ritex Soil dan Weather Sensor, sisanya (59%) tidak menggunakan teknologi tersebut. Hal ini disebabkan penggunaan teknologi tersebut menyulitkan petani karena harus menggunakan smart phone, cara menggunakan sulit (59%) dan data yang ditunjukkan oleh teknologi tersebut terkadang kurang sesuai dengan kondisi yang terjadi di lapangan (lihat Gambar 9). Hal yang berbeda ditemukan dengan petani garut. Hasil studi Phuensane et.al (2022) menunjukkan bahwa perbedaan karakteristik demografis, jenis kelamin, usia, pendidikan,

dan pendapatan, telah menghasilkan adopsi Smart Farming yang berbeda. Bahwa adopsi teknologi dapat menyebabkan keberhasilan dalam usaha tani, mengurangi resiko dalam bertani, memudahkan perencanaan strategis dan pembuat kebijakan dalam usaha tani (Sarri et al., 2020).

Persepsi dan perilaku petani yang mau mengadopsi teknologi pertanian cerdas (SFT) memiliki potensi yang kuat dalam meningkatkan kinerja ekonomi pertanian dan berkontribusi pada keberlanjutan pertanian (Knierim et al., 2019). Hal yang berbeda juga ditunjukkan oleh petani di seluruh eropa dalam mengadopsi teknologi pertanian 50% pengadopsi dan 50 % bukan pengadopsi teknologi, besarnya jumlah bukan pengadopsi disebabkan petani kurang yakin dengan teknologi yang ditawarkan dan teknologi kurang sesuai dengan kondisi

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.4179

lahan ditempat mereka (Kerneck et al., 2020).



Gambar 9. Adopsi inovasi petani (Y)

Pengaruh Faktor-Faktor Adopsi Inovasi terhadap Keinginan Petani Melakukan Adopsi Inovasi

Pengaruh faktor-faktor adopsi inovasi terhadap keinginan petani untuk melakukan adopsi inovasi menggunakan teknologi Ritx Soil dan Weather Sensor diukur dengan faktor-faktor Kekosmopolitan (X_1), Motivasi Petani (X_2), Kehadiran Petani (X_3), *Self Efficacy* (X_4), Peran Penyuluh (X_5), Frekuensi Penyuluhan (X_6), Pendidikan (X_7), dan Pengalaman Usaha Tani (X_8). Berdasarkan hasil pengolahan data jumlah sampel yang mengadopsi teknologi smart farming, yaitu “Adopsi” sebanyak 23. Sedangkan yang tidak Adopsi sebanyak 33 orang. Nilai *overall percentage* sebelum variabel independen dimasukkan ke dalam

model sebesar 58.9, sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Penelitian yang dilakukan di Italia ditemukan keberhasilan adopsi teknologi ditentukan oleh petani yang memiliki lahan dan keuangan yang cukup, sumber daya manusia dan kondisi wilayah (Sarri et al., 2020). Pada Petani Brasil penggunaan teknologi baru seperti *Internet Of Things* dipengaruhi oleh faktor pendidikan, kemampuan dan keterampilan petani untuk memahami dan menggunakan alat smart farming (Pivoto et al., 2018). Keinginan petani untuk memanfaatkan pertanian dengan sistem digital di pengaruhi oleh keraman pertanian, pengaturan ekonomi dan bisnis untuk kelembagaan dan cara-cara yang mudah dalam menggunakan pertanian digital (Klerkx et al., 2019)

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.4179

Tabel 1. Jumlah Petani adopsi dan tidak adopsi inovasi teknologi Ritx Soil dan Weather Sensor

Observed		Predicted			
		Y		Percentage Correct	
		Tidak Adopsi	Adopsi		
Step 0	Y	Tidak Adopsi	33	0	100.0
		Adopsi	23	0	.0
		Overall Percentage			58.9

Salah satu ukuran yang dapat digunakan melihat nilai signifikansi dari “*Omnibus tests of model coefficients*”. Karena nilai sig-nya lebih besar dari 0.05, yakni 0.316, maka dapat disimpulkan variabel independent tidak cukup memberikan pengaruh nyata terhadap model. Sehingga dimungkinkan terdapat faktor lain yang dapat menjelaskan variabel prediktif Y. Nilai Nagelkerke R^2 sebesar 0,207 dan Cox & Snell R^2 0,153, yang menunjukkan bahwa kemampuan variabel independen dalam menjelaskan variabel dependen adalah sebesar 0,207 atau 20,7% dan terdapat 100% – 20,7% = 79,3% faktor lain di luar model yang menjelaskan variabel Y.

Komunikasi petani menjadi faktor yang mempengaruhi adopsi *smart farming* teknologi pada sistem pertanian di Eropa (Knierim et al., 2018), selanjutnya faktor-faktor yang mempengaruhi adopsi inovasi pengetahuan, sikap dan psikologis petani mempengaruhi petani dalam melakukan adopsi inovasi *smart agriculture* (Chuang et al., 2020). Selanjutnya bahwa cara kerja teknologi *smart farming* merupakan faktor penentu dalam adopsi inovasi teknologi (Pivoto et al., 2019). Pada penggunaan teknologi smart farming hambatan sosial ekonomi yang dapat menghambat adopsi inovasi teknologi (Long et al., 2016).

Berkaitan dengan jawaban terhadap hipotesis pengaruh simultan variabel independen terhadap variabel dependen adalah menerima H1 dan menolak H0 atau yang berarti ada pengaruh signifikan secara simultan Kekosmopolitan (X_1), Motivasi Petani (X_2), Kehadiran Petani (X_3), *Self Efficacy* (X_4), Peran Penyuluh (X_5), Frekuensi Penyuluhan (X_6), Pendidikan (X_7), dan Pengalaman Usaha Tani (X_8) terhadap variabel dependent Y (mengadopsi atau tidaknya responden terhadap teknologi smart farming), oleh karena nilai p value Chi-Square sebesar 0,064 dimana nilai ini lebih besar dari nilai alpha = 0.05, maka menerima H1, yaitu terdapat pengaruh secara simultan dari variabel independent terhadap variabel dependent (lihat Tabel 2). Dengan kata lain, model dapat diterima sebab tidak ada perbedaan signifikan antara model dengan nilai observasinya (Sardar et al., 2019) hal yang sama diungkapkan (Mereu et al., 2018). Layanan penyuluhan partisipatif merupakan faktor pendorong adopsi petani dalam penggunaan *Climate Smart Agriculture* (CSA) Sedangkan penemuan lain bahwa peraturan dan kebijakan dari negara dapat mempengaruhi seseorang dalam menggunakan teknologi Internet of Things (IoT) (Farooq et al., 2019).

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.4179

Tabel 2. Pengaruh adopsi inovasi

Step	Chi-square	df	Sig.
1	13.351	7	.064

Selanjutnya, pendugaan nilai parameter model regresi logistic berganda, Berdasarkan tabel “*variabel in the equation*” di atas: semua variabel independen nilai P value uji wald (Sig) > 0,05, artinya masing-masing variabel tidak mempunyai pengaruh parsial yang signifikan terhadap Y di dalam model.

Hasil ini berbeda dengan hasil pengujian secara simultan yang menyatakan bahwa ada pengaruh secara simultan dari variabel independent terhadap variabel dependent. Sebagai tahap akhir, berikut ditampilkan persamaan regresi logistic berganda yang dihasilkan:

$$\ln\left(\frac{p}{1-p}\right) = 0.547 X_1 + 0.934 X_2 + 0.546 X_3 + 0.375 X_4 + 0.053 X_5 + 1.201X_6 + 0.431X_7 - 0.04X_8$$

Secara umum, parameter regresi logistik dari masing-masing variabel independent, kecuali variable Pengalaman Usaha Tani (X_8), memberikan kontribusi positif terhadap variabel dependent Y. Pengalaman usahatani tidak memberikan pengaruh positif dikarenakan semakin lama pengalaman usahatani maka petani semakin enggan untuk mengadopsi inovasi baru karena sudah berada pada zona nyaman. Pengalaman usaha tani dalam hal mengetahui pertanian yang subur, produksi susu, dan produksi daging sapi memudahkan petani di Swedia dalam mengadopsi teknologi *Artificial Intelligence* (AI) (Jerhamre et al., 2022), hal yang sam ajuga diungkapkan penggunaan IoT mempermudah pemanenan hasil pertanian dilapangan yang bergantung pada pengawasan dan

pengalaman petani (Raghuvanshi et al., 2022).

Sebagai tindak lanjut kedepan perlu penelitian mengenai pengambilan keputusan petani dengan mencoba mencari konsep baru sikap terhadap pembelajar. Konseptualisasi hasil studi Gerli, et.al (2022) memberikan pandangan sistematis tentang korelasi antara keterampilan dan faktor psikologis, melengkapi TAM dengan memperkenalkan konsep baru sikap terhadap pembelajaran, dan mengklarifikasi bagaimana interaksi antara komponen kognitif dan emosional mempengaruhi keputusan untuk mengadopsi dan menggunakan teknologi pintar. Semua faktor adopsi inovasi yang berpengaruh terhadap minat petani dalam adopsi teknologi SF disajikan di Tabel 3

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.4179

Tabel 3. Variables in the Equation

	B	S.E.	Wald	df	Sig.	Exp(B)	95,0% C.I.for EXP(B)	
							Lower	Upper
Step 1 ^a X1	.547	1.193	.210	1	.647	1.727	.167	17.901
X2	.934	1.729	.292	1	.589	2.545	.086	75.424
X3	.546	.908	.361	1	.548	1.726	.291	10.239
X4	.375	.742	.255	1	.613	1.455	.340	6.228
X5	.053	1.151	.002	1	.963	1.054	.110	10.061
X6	1.201	1.422	.713	1	.399	3.322	.205	53.921
X7	.431	.272	2.514	1	.113	1.539	.903	2.622
X8	-.004	.257	.000	1	.988	.996	.602	1.649
Constant	-13.693	7.006	3.820	1	.051	.000		

a. Variable(s) entered on step 1: X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8.

KESIMPULAN

Dari model linear yang dianalisis, disimpulkan bahwa terdapat pengaruh secara simultan dari Kekosmopolitan (X_1), Motivasi Petani (X_2), Kehadiran Petani (X_3), *Self Efficacy* (X_4), Peran Penyuluh (X_5), Frekuensi Penyuluhan (X_6), Pendidikan (X_7), dan Pengalaman Usaha Tani (X_8) terhadap variabel dependent Y (mengadopsi atau tidaknya responden terhadap teknologi smart farming). Kemampuan variabel independent (X) dalam menjelaskan variabel dependen (Y) adalah sebesar 0,207 atau 20,7%. Artinya, terdapat $100\% - 20,7\% = 79,3\%$ faktor lain di luar model yang dapat menjelaskan karakteristik dari variabel Y. Dari data-data tersebut, sebuah kesimpulan dapat disampaikan bahwa adopsi inovasi petani terhadap teknologi *smart farming* tergolong kecil, yaitu 41%. Data ini mengkonfirmasi bahwa perlu adanya dorongan yang kuat dari pemerintah dalam hasil penerapan teknologi

sektor pertanian untuk meningkatkan produksi padi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Universitas Terbuka yang telah memberikan pendanaan riset melalui skema Penelitian Kompetisi pada Skema Penelitian Keilmuan tahun 2022.

DAFTAR PUSTAKA

Amirova, E. F., Voronkova, O. Y., Zakirova, N. R., Stepanenko, O. G., Doguchaeva, S. M., & Murzagalina, G. M. (2019). Internet of things as a tool for development of Russia's digital economy. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 10(2), 1011–1019.

Arif, C., Nugroho, B. D. A., Maftukha, R., Suryandika, F., Hapsari, U., Nihayah, B., Naititi, N., & Sain, R. I. A. (2021). Performance of agro-environmental monitoring for

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.4179

- optimum water and crop management: A case study for East Nusa Tenggara, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 871(1), 12032.
- Bacco, M., Barsocchi, P., Ferro, E., Gotta, A., & Ruggeri, M. (2019). The Digitisation of Agriculture: a Survey of Research Activities on Smart Farming. *Array*, 3–4(October), 100009. <https://doi.org/10.1016/j.array.2019.100009>
- Bacco, M., Berton, A., Ferro, E., Gennaro, C., Gotta, A., Matteoli, S., Paonessa, F., Ruggeri, M., Virone, G., & Zanella, A. (2018). Smart farming: Opportunities, challenges and technology enablers. *2018 IoT Vertical and Topical Summit on Agriculture - Tuscany (IOT Tuscany)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/IOT-TUSCANY.2018.8373043>
- Balasubramaniyan, M., & Navaneethan, C. (2021). Applications of Internet of Things for smart farming - A survey. *Materials Today: Proceedings*, 47, 18–24. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.03.480>
- Benjafield, A. V, Eastwood, P. R., Heinzer, R., Morrell, M. J., Federal, U., Paulo, D. S., Paulo, S., & Valentine, K. (2020). Sleep Apnoea: a Literature-Based Analysis. *Lancet Respir Med*, 7(8), 687–698. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(19\)30198-5](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(19)30198-5). Estimation
- Bhagat, M., Kumar, D., & Kumar, D. (2019). Role of Internet of Things (IoT) in smart farming: A brief survey. *2019 Devices for Integrated Circuit (DevIC)*, 141–145.
- Charania, I., & Li, X. (2020). Smart farming: Agriculture's shift from a labor intensive to technology native industry. *Internet of Things*, 9, 100142.
- Chuang, J. H., Wang, J. H., & Liou, Y. C. (2020). Farmers' knowledge, attitude, and adoption of smart agriculture technology in Taiwan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(19), 1–8. <https://doi.org/10.3390/ijerph17197236>
- Fadeyi, O. A., Ariyawardana, A., & Aziz, A. A. (2022). Factors influencing technology adoption among smallholder farmers: a systematic review in Africa. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*, 123(1), 13–30. <https://doi.org/10.17170/kobra-202201195569>
- Farooq, M. S., Riaz, S., Abid, A., Abid, K., & Naeem, M. A. (2019). A Survey on the Role of IoT in Agriculture for the Implementation of Smart Farming. *IEEE Access*, 7, 156237–156271. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2949703>
- Gerli, P., Clement, J., Esposito, G., Mora, L., & Crutzen, N. (2022). The hidden power of emotions: How psychological factors influence skill development in smart technology adoption. *Technological Forecasting and Social Change*, 180, 121721. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121721>
- Gupta, M., Abdelsalam, M., Khorsandroo, S., & Mittal, S. (2020). Security and Privacy in Smart Farming: Challenges and Opportunities. *IEEE Access*, 8, 34564–34584. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2975142>

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.4179

- Hu, B., Zheng, Q., Wu, J., Tang, Z., Zhu, J., Wu, S., & Ling, Y. (2021). Role of Education and Mentorship in Entrepreneurial Behavior: Mediating Role of Self-Efficacy. *Frontiers in Psychology*, 12(November), 1–12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.775227>
- Idoje, G., Dagiuklas, T., & Iqbal, M. (2021). Survey for smart farming technologies: Challenges and issues. *Computers and Electrical Engineering*, 92(February 2020), 107104. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107104>
- Jerhamre, E., Carlberg, C. J. C., & van Zoest, V. (2022). Exploring the susceptibility of smart farming: Identified opportunities and challenges. *Smart Agricultural Technology*, 2(August 2021), 100026. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2021.100026>
- Jithin Das, V., Sharma, S., & Kaushik, A. (2019). Views of Irish Farmers on Smart Farming Technologies: An Observational Study. *AgriEngineering*, 1(2), 164–187. <https://doi.org/10.3390/agriengineering1020013>
- Kaushik, I., Prakash, N., & Jain, A. (2021). Integration of Blockchain & IoT in Precision Farming: Exploration, Scope and Security Challenges. *2021 IEEE 12th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON)*, 854–859.
- Kernecker, M., Knierim, A., Wurbs, A., Kraus, T., & Borges, F. (2020). Experience versus expectation: farmers' perceptions of smart farming technologies for cropping systems across Europe. *Precision Agriculture*, 21(1), 34–50. <https://doi.org/10.1007/s11119-019-09651-z>
- Klerkx, L., Jakku, E., & Labarthe, P. (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91(October), 100315. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315>
- Knierim, A., Borges, F., Lee Kernecker, M., Kraus, T., & Wurbs, A. (2018). What drives adoption of smart farming technologies? Evidence from a cross-country study. *European IFSA Symposium, July*, 14.
- Knierim, A., Kernecker, M., Erdle, K., Kraus, T., Borges, F., & Wurbs, A. (2019). Smart farming technology innovations – Insights and reflections from the German Smart-AKIS hub. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91(November 2018), 100314. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100314>
- Long, T. B., Blok, V., & Coninx, I. (2016). Barriers to the adoption and diffusion of technological innovations for climate-smart agriculture in Europe: Evidence from the Netherlands, France, Switzerland and Italy. *Journal of Cleaner Production*, 112, 9–21. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.044>
- Mereu, V., Santini, M., Cervigni, R., Augeard, B., Bosello, F., Scoccimarro, E., Spano, D., & Valentini, R. (2018). Robust decision making for a climate-resilient development of the agricultural sector in Nigeria. In *Natural Resource Management and Policy* (Vol. 52). <https://doi.org/10.1007/978-3-319->

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.4179

- 61194-5_13
<https://doi.org/10.3390/app10248904>
- Montoya-Munoz, A. I., & Rendon, O. M. C. (2020). An approach based on fog computing for providing reliability in iot data collection: A case study in a colombian coffee smart farm. *Applied Sciences (Switzerland)*, *10*(24), 1–16. <https://doi.org/10.3390/app10248904>
- Nugrahadi, B., Sutopo, W., & Hisjam, M. (2020). Technopreneurship & Innovation System: A Comparative Study Analysis for E-Trike Development in Indonesia. *ACM International Conference Proceeding Series*, 1251–1262. <https://doi.org/10.1145/3429789.3429805>
- Nugroho, B. D. A., & Aliwarga, H. K. (2019). RiTx; Integrating among Field Monitoring System (FMS), Internet of Things (IOT) and agriculture for precision agriculture. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *335*(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/335/1/012022>
- O'Shaughnessy, S. A., Kim, M., Lee, S., Kim, Y., Kim, H., & Shekailo, J. (2021). Towards smart farming solutions in the U.S. and South Korea: A comparison of the current status. *Geography and Sustainability*, *2*(4), 312–327. <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2021.12.002>
- Okori, P., Munthali, W., Msere, H., Charlie, H., Chitaya, S., Sichali, F., Chilumpha, E., Chirwa, T., Seetha, A., Chinyamuyamu, B., Monyo, E., Siambi, M., & Chirwa, R. (2022). Improving efficiency of knowledge and technology diffusion using community seed banks and farmer - to - farmer extension: experiences from Malawi. *Agriculture & Food Security*, 1–14. <https://doi.org/10.1186/s40066-022-00375-4>
- Park, J., & Lee, S. (2019). Smart Village Projects in Korea: Rural Tourism, 6th Industrialization, and Smart Farming. In *Smart Villages in the EU and Beyond* (pp. 139–153). Emerald Publishing Limited.
- Phuensane, P., Jaroenwanit, P., & Hongthong, P. (2022). Influence of Demographic Characteristics and Extrinsic Motivations on Farmers' Smart Farming Adoption in Northeastern Thailand. *GMSARN International Journal*, *16*, 359–365.
- Pivoto, D., Barham, B., Waquil, P. D., Foguesatto, C. R., Corte, V. F. D., Zhang, D., & Talamini, E. (2019). Factors influencing the adoption of smart farming by Brazilian grain farmers. *International Food and Agribusiness Management Review*, *22*(4), 571–588. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2018.0086>
- Pivoto, D., Waquil, P. D., Talamini, E., Finocchio, C. P. S., Dalla Corte, V. F., & de Vargas Mores, G. (2018). Scientific development of smart farming technologies and their application in Brazil. *Information Processing in Agriculture*, *5*(1), 21–32. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.12.002>
- Raghuvanshi, A., Singh, U. K., Sajja, G. S., Pallathadka, H., Asenso, E., Kamal, M., Singh, A., & Phasinam, K. (2022). Intrusion Detection Using Machine Learning for Risk Mitigation in IoT-Enabled Smart Irrigation in Smart Farming. *Journal of Food Quality*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/3955514>
- Relf-Eckstein, J. E., Ballantyne, A. T., &

DOI: 10.32663/ja.v%vi%i.4179

- Phillips, P. W. B. (2019). Farming Reimagined: A case study of autonomous farm equipment and creating an innovation opportunity space for broadacre smart farming. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91(December 2018), 100307. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100307>
- Ryu, M., Yun, J., Miao, T., Ahn, I. Y., Choi, S. C., & Kim, J. (2015). Design and implementation of a connected farm for smart farming system. *2015 IEEE SENSORS - Proceedings, November*. <https://doi.org/10.1109/ICSENS.2015.7370624>
- Saiz-Rubio, V., & Rovira-Más, F. (2020). From smart farming towards agriculture 5.0: A review on crop data management. *Agronomy*, 10(2), 207.
- Sardar, A., Kiani, A. K., & Kuslu, Y. (2019). An assessment of willingness for adoption of climate-smart agriculture (Csa) practices through the farmers' adaptive capacity determinants. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 29(4), 781–791. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.631375>
- Sarri, D., Lombardo, S., Pagliai, A., Perna, C., Lisci, R., De Pascale, V., Rimediotti, M., Cencini, G., & Vieri, M. (2020). Smart farming introduction in wine farms: A systematic review and a new proposal. *Sustainability (Switzerland)*, 12(17). <https://doi.org/10.3390/su12177191>
- Sharma, A., Jain, A., Gupta, P., & Chowdary, V. (2021). Machine Learning Applications for Precision Agriculture: A Comprehensive Review. *IEEE Access*, 9, 4843–4873. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3048415>
- Webster, J. M., Chen GenHui, C. G., Hu KaiJi, H. K., & Li JianXiong, L. J. (2009). Bacterial metabolites. In *Entomopathogenic nematology*. <https://doi.org/10.1079/9780851995670.0099>
- Wuepper, D., & Sauer, J. (2016). Explaining the performance of contract farming in Ghana: The role of self-efficacy and social capital. *Food Policy*, 62(January), 11–27. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2016.05.003>