

Analisis Peran Smart Agriculture dalam Mendukung Transformasi Digital pada Sektor Pertanian

M. Husnol Hidayat^{1)*} 

¹⁾ Universitas Madura, Pamekasan, Indonesia

¹⁾husnolhidayat81@gmail.com

Abstrak

Transformasi digital pada sektor pertanian menjadi kebutuhan strategis dalam menghadapi tantangan global seperti perubahan iklim, keterbatasan sumber daya, serta tuntutan peningkatan produktivitas dan efisiensi. Smart Agriculture hadir sebagai pendekatan berbasis teknologi yang mengintegrasikan IoT, sensor pintar, kecerdasan buatan, dan analisis data untuk mendukung pengelolaan pertanian modern. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran Smart Agriculture dalam mendukung transformasi digital pada sektor pertanian serta mengidentifikasi manfaat dan tantangan implementasinya. Penelitian menggunakan metode tinjauan pustaka (literature review) dengan pendekatan kualitatif melalui proses identifikasi, seleksi, analisis, dan sintesis terhadap berbagai literatur ilmiah yang relevan. Hasil analisis menunjukkan bahwa penerapan Smart Agriculture mampu meningkatkan efisiensi operasional hingga penghematan penggunaan sumber daya (air dan pupuk), meningkatkan akurasi pengambilan keputusan melalui data real-time, serta mendukung peningkatan produktivitas dan kualitas hasil pertanian. Selain itu, integrasi teknologi seperti IoT dan AI berkontribusi dalam pemantauan kondisi lahan, prediksi hasil panen, serta deteksi dini terhadap hama dan penyakit tanaman. Namun, ditemukan kendala berupa keterbatasan infrastruktur digital, rendahnya literasi teknologi petani, serta tingginya biaya implementasi. Smart Agriculture terbukti berperan signifikan dalam mendukung transformasi digital sektor pertanian, meskipun keberhasilannya sangat dipengaruhi oleh kesiapan ekosistem teknologi dan sumber daya manusia. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji implementasi berbasis studi kasus lapangan serta pengembangan model adopsi teknologi yang lebih adaptif terhadap kondisi lokal.

Kata kunci: Pertanian Cerdas, Transformasi Digital, Internet of Things, Kecerdasan Buatan, Sektor Pertanian

Article history: Received 5 April 2026, first decision 22 April 2026, accepted 22 August 2026, available online 28 October 2026

I. PENDAHULUAN

Sektor pertanian merupakan salah satu sektor strategis yang berperan penting dalam mendukung ketahanan pangan, pertumbuhan ekonomi, serta penyediaan lapangan pekerjaan di berbagai negara, termasuk Indonesia. Meskipun demikian, sektor ini masih menghadapi berbagai tantangan yang kompleks, seperti perubahan iklim, keterbatasan sumber daya lahan dan air, penurunan produktivitas, meningkatnya kebutuhan pangan akibat pertumbuhan penduduk, serta rendahnya efisiensi dalam pengelolaan usaha tani[1], [2]. Di sisi lain, perkembangan teknologi informasi dan komunikasi yang semakin pesat telah mendorong terjadinya transformasi digital pada berbagai sektor, termasuk sektor pertanian. Transformasi digital tidak hanya mengubah cara organisasi mengelola informasi, tetapi juga mengubah proses pengambilan keputusan, pola produksi, distribusi, hingga pengelolaan sumber daya secara lebih efektif dan berbasis data[3]. Oleh karena itu, penerapan teknologi digital dalam bidang pertanian menjadi salah satu strategi yang dinilai mampu menjawab berbagai tantangan tersebut.

Salah satu konsep yang berkembang pesat dalam mendukung transformasi digital sektor pertanian adalah Smart Agriculture[4], [5]. Konsep ini mengintegrasikan teknologi informasi, komunikasi, sensor, Internet of Things (IoT), kecerdasan buatan (Artificial Intelligence), komputasi awan (Cloud Computing), sistem informasi geografis (Geographic Information System), citra satelit, drone, serta analisis data (Big Data Analytics) ke dalam aktivitas pertanian. Integrasi berbagai teknologi tersebut memungkinkan proses budidaya dilakukan secara lebih presisi melalui pemantauan kondisi lahan, kelembapan tanah, kualitas tanaman, penggunaan pupuk, irigasi, hingga prediksi hasil panen berdasarkan data yang diperoleh secara real-time[6], [7]. Dengan demikian, keputusan yang diambil oleh petani tidak lagi hanya bergantung pada pengalaman atau intuisi, melainkan didukung oleh informasi yang akurat sehingga mampu meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, produktivitas, serta kualitas hasil pertanian[8].

Transformasi digital melalui penerapan Smart Agriculture juga memberikan dampak yang lebih luas terhadap tata kelola sektor pertanian[9]. Pemanfaatan teknologi digital mampu meningkatkan transparansi rantai pasok, mempercepat distribusi informasi pasar, mempermudah akses terhadap layanan keuangan digital, serta memperkuat

*M. Husnol Hidayat

konektivitas antara petani, pemerintah, akademisi, pelaku usaha, dan konsumen. Selain itu, digitalisasi memungkinkan proses monitoring dan evaluasi kegiatan pertanian dilakukan secara berkelanjutan sehingga risiko kegagalan panen dapat diminimalkan melalui deteksi dini terhadap serangan hama, penyakit tanaman, maupun perubahan kondisi lingkungan[10], [11]. Oleh karena itu, Smart Agriculture tidak hanya dipandang sebagai inovasi teknologi, tetapi juga sebagai pendekatan strategis dalam membangun sistem pertanian yang lebih produktif, efisien, berkelanjutan, dan adaptif terhadap dinamika perkembangan zaman.

Meskipun potensi Smart Agriculture sangat besar, implementasinya masih menghadapi berbagai tantangan[12]. Salah satu kendala utama adalah rendahnya tingkat literasi digital sebagian pelaku pertanian, terutama petani skala kecil yang masih mendominasi struktur pertanian di Indonesia. Selain itu, keterbatasan infrastruktur digital, seperti akses internet yang belum merata, biaya investasi teknologi yang relatif tinggi, serta kurangnya sumber daya manusia yang memiliki kompetensi dalam mengoperasikan teknologi digital turut menjadi hambatan dalam proses transformasi digital sektor pertanian[13], [14]. Di samping itu, masih terdapat kesenjangan dalam integrasi data antarinstansi maupun antarplatform digital sehingga pemanfaatan informasi belum dapat dilakukan secara optimal. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan transformasi digital tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan teknologi, tetapi juga dipengaruhi oleh kesiapan sumber daya manusia, dukungan kebijakan pemerintah, kolaborasi antarpemangku kepentingan, serta ekosistem inovasi yang mampu mendorong adopsi teknologi secara berkelanjutan[15], [16].

Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan Smart Agriculture mampu memberikan dampak positif terhadap peningkatan produktivitas pertanian, efisiensi penggunaan air dan pupuk, pengurangan biaya operasional, serta peningkatan kualitas hasil panen. Selain itu, digitalisasi pertanian juga berkontribusi terhadap peningkatan daya saing produk pertanian melalui optimalisasi proses produksi dan pemasaran berbasis teknologi digital[17]. Namun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada implementasi teknologi tertentu, seperti Internet of Things, sensor pintar, atau kecerdasan buatan, sehingga pembahasan mengenai peran Smart Agriculture sebagai bagian dari transformasi digital secara menyeluruh masih relatif terbatas[18]. Di sisi lain, perkembangan teknologi digital yang berlangsung sangat cepat menuntut adanya kajian yang lebih komprehensif mengenai bagaimana berbagai komponen teknologi tersebut saling terintegrasi dalam mendukung transformasi sektor pertanian.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu kajian yang mampu menganalisis secara komprehensif peran Smart Agriculture dalam mendukung transformasi digital pada sektor pertanian[19], [20]. Analisis tersebut penting untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai kontribusi teknologi digital terhadap peningkatan efisiensi operasional, produktivitas, pengambilan keputusan berbasis data, pengelolaan sumber daya pertanian, serta keberlanjutan sistem pertanian di masa depan[21], [22]. Selain itu, kajian ini juga diharapkan dapat mengidentifikasi berbagai peluang dan tantangan implementasi Smart Agriculture sehingga dapat menjadi dasar dalam penyusunan strategi pengembangan transformasi digital yang lebih efektif[23].

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis peran Smart Agriculture dalam mendukung transformasi digital pada sektor pertanian melalui kajian literatur dan analisis konseptual terhadap perkembangan teknologi informasi yang relevan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi akademik berupa pengayaan literatur pada bidang informatika, khususnya terkait pemanfaatan teknologi informasi dalam transformasi digital sektor pertanian[24], [25]. Dari sisi praktis, penelitian ini diharapkan menjadi referensi bagi pemerintah, akademisi, peneliti, pelaku usaha, dan petani dalam merumuskan kebijakan, strategi, maupun implementasi Smart Agriculture yang mampu meningkatkan produktivitas, efisiensi, daya saing, serta keberlanjutan sektor pertanian di era transformasi digital. Dengan demikian, Smart Agriculture dapat diposisikan sebagai salah satu pilar utama dalam mewujudkan sistem pertanian modern yang inovatif, tangguh, dan berorientasi pada pembangunan berkelanjutan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Smart Agriculture

Smart Agriculture merupakan konsep modern dalam pengelolaan sektor pertanian yang memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi untuk meningkatkan efektivitas, efisiensi, serta produktivitas kegiatan pertanian. Konsep ini menekankan pengambilan keputusan berdasarkan data (data-driven decision making), sehingga setiap proses budidaya dapat dilakukan secara lebih tepat, terukur, dan berkelanjutan[26], [27]. Berbeda dengan sistem pertanian konvensional yang banyak bergantung pada pengalaman dan observasi manual, Smart Agriculture mengintegrasikan berbagai teknologi digital untuk memperoleh informasi secara real-time mengenai kondisi lahan, tanaman, cuaca, dan sumber daya pertanian lainnya[28].

Penerapan Smart Agriculture melibatkan berbagai teknologi seperti Internet of Things (IoT), sensor pintar, Artificial Intelligence (AI), Big Data Analytics, Cloud Computing, Global Positioning System (GPS), Geographic Information System (GIS), drone, serta citra satelit. Seluruh teknologi tersebut saling terhubung dalam suatu ekosistem digital yang mampu mengumpulkan, mengolah, menganalisis, dan menyajikan informasi sebagai dasar pengambilan

keputusan[29], [30]. Integrasi teknologi ini memungkinkan petani melakukan pemantauan kondisi pertanian secara berkelanjutan, mengoptimalkan penggunaan air dan pupuk, mendeteksi serangan hama atau penyakit lebih dini, serta memprediksi hasil panen dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi.

Selain meningkatkan produktivitas, Smart Agriculture juga berperan dalam mendukung keberlanjutan sektor pertanian melalui pemanfaatan sumber daya yang lebih efisien. Penggunaan teknologi digital mampu mengurangi pemborosan input produksi, menekan biaya operasional, meningkatkan kualitas hasil panen, serta meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan[31]. Dengan demikian, Smart Agriculture menjadi salah satu pendekatan yang mampu menjawab tantangan modernisasi pertanian sekaligus mendukung pembangunan pertanian yang lebih adaptif terhadap perubahan lingkungan dan perkembangan teknologi.

2.2 Transformasi Digital pada Sektor Pertanian

Transformasi digital merupakan proses perubahan sistem kerja melalui pemanfaatan teknologi digital untuk meningkatkan nilai, efisiensi, kualitas layanan, serta kemampuan organisasi dalam menghadapi perubahan lingkungan. Dalam sektor pertanian, transformasi digital tidak hanya berkaitan dengan penggunaan perangkat teknologi, tetapi juga mencakup perubahan pola pengelolaan, proses produksi, distribusi, pemasaran, hingga pengambilan keputusan yang didasarkan pada informasi digital. Transformasi digital memungkinkan seluruh aktivitas pertanian dilakukan secara lebih terintegrasi melalui pemanfaatan data yang diperoleh dari berbagai sumber[32], [33]. Informasi mengenai kondisi cuaca, kualitas tanah, kebutuhan irigasi, perkembangan tanaman, hingga permintaan pasar dapat dianalisis secara cepat sehingga mendukung penyusunan strategi produksi yang lebih efektif. Selain meningkatkan efisiensi operasional, transformasi digital juga memperkuat transparansi rantai pasok, mempercepat pertukaran informasi antar pemangku kepentingan, serta membuka akses yang lebih luas terhadap layanan keuangan, pemasaran digital, dan inovasi teknologi[34].

Keberhasilan transformasi digital pada sektor pertanian dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain kesiapan infrastruktur teknologi, kompetensi sumber daya manusia, literasi digital, dukungan kebijakan pemerintah, serta kolaborasi antara akademisi, pelaku usaha, pemerintah, dan masyarakat[35], [36]. Oleh karena itu, transformasi digital tidak hanya dipandang sebagai perubahan teknologi, tetapi juga sebagai proses perubahan sistem yang memerlukan sinergi dari berbagai pihak agar implementasinya dapat berjalan secara optimal.

2.3 Peran Smart Agriculture dalam Mendukung Transformasi Digital

Smart Agriculture menjadi salah satu pilar utama dalam mendorong transformasi digital sektor pertanian karena mampu menghubungkan teknologi digital dengan proses pengelolaan pertanian secara menyeluruh. Melalui integrasi berbagai teknologi informasi, sistem pertanian tidak lagi berorientasi pada proses manual, melainkan pada pengelolaan berbasis data yang lebih cepat, akurat, dan efisien[37]. Pemanfaatan sensor pintar, IoT, kecerdasan buatan, dan analisis data memungkinkan proses pemantauan dilakukan secara real-time sehingga keputusan mengenai irigasi, pemupukan, pengendalian hama, hingga waktu panen dapat ditentukan berdasarkan kondisi aktual di lapangan. Pendekatan ini meningkatkan ketepatan pengelolaan sumber daya sekaligus mengurangi risiko kesalahan dalam proses budidaya[38].

Selain mendukung proses produksi, Smart Agriculture juga memperkuat transformasi digital melalui integrasi informasi sepanjang rantai pasok pertanian. Data yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan transparansi distribusi, mempercepat akses terhadap informasi pasar, serta mendukung evaluasi dan perencanaan produksi secara berkelanjutan[39]. Dengan adanya sistem yang saling terhubung, seluruh pemangku kepentingan memperoleh informasi yang lebih akurat sehingga koordinasi menjadi lebih efektif.

III. METODE

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode studi literatur (literature review) yang dipadukan dengan analisis konseptual. Pemilihan metode ini didasarkan pada tujuan penelitian, yaitu menganalisis peran Smart Agriculture dalam mendukung transformasi digital pada sektor pertanian melalui sintesis berbagai hasil penelitian dan publikasi ilmiah yang relevan. Pendekatan ini memungkinkan peneliti memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai perkembangan konsep, teknologi, implementasi, manfaat, serta tantangan penerapan Smart Agriculture dalam mendukung digitalisasi sektor pertanian[40]. Studi literatur dilakukan secara sistematis dengan mengidentifikasi, menyeleksi, mengevaluasi, dan menganalisis berbagai sumber ilmiah yang memiliki keterkaitan dengan topik penelitian. Seluruh literatur yang digunakan menjadi dasar dalam menyusun analisis mengenai hubungan antara pemanfaatan teknologi informasi dengan transformasi digital pada sektor pertanian. Dengan demikian, hasil penelitian tidak hanya menggambarkan kondisi perkembangan teknologi, tetapi juga memberikan gambaran konseptual mengenai kontribusi Smart Agriculture terhadap peningkatan efisiensi, produktivitas, keberlanjutan, dan pengambilan keputusan berbasis data[41], [42].

Selain menghasilkan sintesis pengetahuan dari berbagai penelitian sebelumnya, pendekatan ini juga bertujuan mengidentifikasi kesenjangan penelitian (research gap) serta peluang pengembangan teknologi yang dapat mendukung implementasi Smart Agriculture di masa mendatang. Oleh karena itu, metode studi literatur dipandang sesuai untuk menjawab tujuan penelitian yang bersifat analitis dan konseptual[43].

3.2 Tahapan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan yang saling berkesinambungan. Tahap pertama adalah identifikasi permasalahan berdasarkan fenomena transformasi digital pada sektor pertanian serta meningkatnya pemanfaatan teknologi informasi dalam mendukung aktivitas pertanian modern. Selanjutnya dilakukan perumusan tujuan penelitian untuk menganalisis peran Smart Agriculture dalam mendukung transformasi digital[44], [45]. Tahap berikutnya adalah pencarian literatur menggunakan kata kunci yang relevan, kemudian dilakukan proses seleksi berdasarkan kesesuaian topik, kualitas publikasi, serta relevansi terhadap tujuan penelitian. Literatur yang telah memenuhi kriteria kemudian dianalisis secara mendalam untuk mengidentifikasi konsep utama, teknologi yang digunakan, manfaat implementasi, tantangan yang dihadapi, serta peluang pengembangan Smart Agriculture.

Tahap akhir berupa sintesis hasil analisis yang disusun secara sistematis sehingga menghasilkan pembahasan yang mampu menjelaskan hubungan antara Smart Agriculture dan transformasi digital pada sektor pertanian[46].



Gambar 1. Tahapan Penelitian

3.3 Sumber Data dan Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data sekunder yang diperoleh dari berbagai sumber literatur ilmiah yang relevan dengan topik penelitian. Sumber data meliputi artikel jurnal nasional maupun internasional, prosiding konferensi, buku ilmiah, laporan penelitian, serta dokumen resmi yang membahas perkembangan Smart Agriculture, transformasi digital, dan penerapan teknologi informasi pada sektor pertanian.

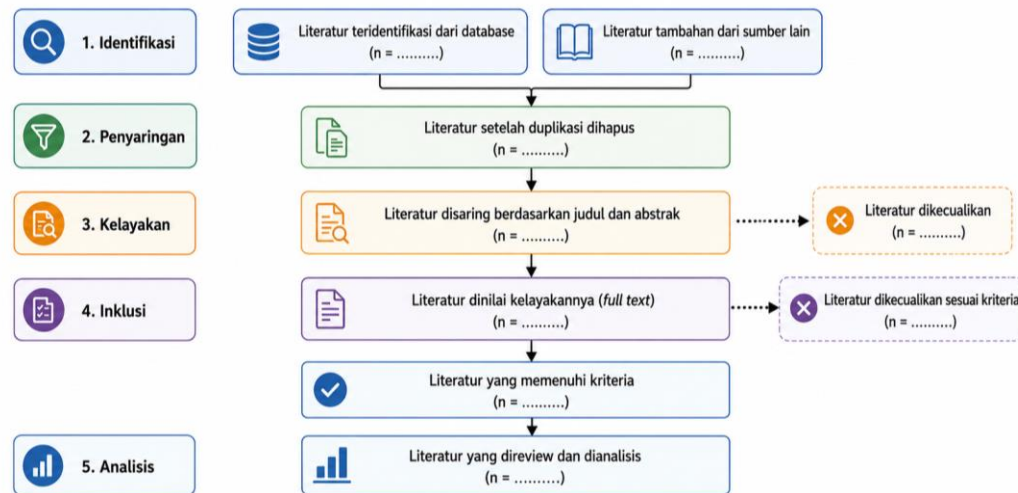
Proses pengumpulan data dilakukan melalui pencarian literatur secara sistematis menggunakan beberapa kata kunci, seperti Smart Agriculture, Precision Agriculture, Digital Agriculture, Digital Transformation in Agriculture, Internet of Things in Agriculture, Artificial Intelligence in Agriculture, Big Data Agriculture, dan kata kunci lain yang memiliki keterkaitan dengan topik penelitian[47]. Pencarian dilakukan pada berbagai basis data ilmiah yang memiliki kredibilitas tinggi sehingga sumber yang digunakan memiliki kualitas akademik yang baik. Selanjutnya dilakukan proses dokumentasi terhadap setiap literatur yang telah diperoleh untuk memudahkan proses identifikasi, klasifikasi, serta analisis isi. Teknik dokumentasi ini bertujuan menjaga konsistensi data yang digunakan sehingga seluruh informasi yang dianalisis berasal dari sumber yang relevan dengan fokus penelitian.

3.4 Kriteria Seleksi Literatur

Literatur yang digunakan dalam penelitian ini dipilih berdasarkan beberapa kriteria agar hasil analisis memiliki validitas dan relevansi yang tinggi. Kriteria pertama adalah kesesuaian topik dengan pembahasan mengenai Smart Agriculture, transformasi digital, atau pemanfaatan teknologi informasi pada sektor pertanian. Kriteria kedua adalah kualitas publikasi yang berasal dari jurnal ilmiah, prosiding, buku akademik, maupun dokumen resmi yang memiliki kredibilitas tinggi[48].

Selain itu, literatur dipilih berdasarkan kelengkapan informasi mengenai konsep, implementasi, manfaat, tantangan, maupun perkembangan teknologi yang mendukung Smart Agriculture. Artikel yang memiliki pembahasan di luar fokus penelitian atau tidak memberikan informasi yang relevan tidak dimasukkan dalam proses analisis. Melalui

proses seleksi tersebut diharapkan seluruh literatur yang digunakan mampu memberikan landasan teoritis yang kuat dalam menjelaskan peran Smart Agriculture terhadap transformasi digital pada sektor pertanian.



Gambar 2. Diagram Alur Seleksi Literatur (Adaptasi PRISMA)

3.5 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan analisis tematik (thematic analysis). Seluruh literatur yang telah memenuhi kriteria dibaca dan dipahami secara menyeluruh untuk memperoleh informasi yang berkaitan dengan tujuan penelitian. Selanjutnya dilakukan proses pengkodean terhadap konsep-konsep utama yang muncul dalam setiap literatur, seperti teknologi yang digunakan, manfaat implementasi, tantangan penerapan, serta dampaknya terhadap transformasi digital sektor pertanian. Hasil pengkodean kemudian dikelompokkan ke dalam beberapa tema utama sehingga diperoleh pola hubungan antara pemanfaatan teknologi informasi dengan implementasi Smart Agriculture. Tahap berikutnya adalah melakukan interpretasi terhadap setiap tema yang ditemukan untuk menjelaskan kontribusi Smart Agriculture dalam meningkatkan efisiensi operasional, produktivitas pertanian, pengambilan keputusan berbasis data, serta keberlanjutan sistem pertanian.

Seluruh hasil analisis kemudian disintesis menjadi pembahasan yang sistematis sehingga mampu memberikan gambaran konseptual mengenai bagaimana integrasi teknologi informasi mendukung transformasi digital pada sektor pertanian[49], [50]. Pendekatan ini memungkinkan penelitian menghasilkan kesimpulan yang didasarkan pada berbagai temuan ilmiah yang telah dianalisis secara komprehensif dan sesuai dengan tujuan penelitian.

IV. HASIL

4.1 Hasil Analisis Literatur

Berdasarkan hasil analisis terhadap berbagai literatur yang telah memenuhi kriteria seleksi, diperoleh bahwa Smart Agriculture menjadi salah satu pendekatan utama dalam mendukung transformasi digital pada sektor pertanian. Seluruh literatur menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi informasi telah mengubah sistem pertanian dari yang sebelumnya bersifat konvensional menjadi sistem yang lebih modern, efisien, dan berbasis data (data-driven agriculture). Transformasi tersebut tidak hanya terjadi pada proses budidaya, tetapi juga mencakup pengelolaan sumber daya, pengambilan keputusan, pemantauan kondisi lahan, distribusi hasil panen, hingga pemasaran produk pertanian. Hasil sintesis menunjukkan bahwa implementasi Smart Agriculture didukung oleh berbagai teknologi digital yang saling terintegrasi. Teknologi tersebut memungkinkan proses pengumpulan data dilakukan secara otomatis, kemudian dianalisis untuk menghasilkan informasi yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan. Dengan demikian, aktivitas pertanian tidak lagi bergantung sepenuhnya pada pengalaman petani, melainkan didukung oleh informasi yang lebih akurat, cepat, dan objektif.

Selain meningkatkan efisiensi operasional, penerapan Smart Agriculture juga memberikan dampak positif terhadap produktivitas pertanian. Penggunaan sensor, sistem pemantauan berbasis Internet of Things (IoT), serta kecerdasan buatan memungkinkan petani mengetahui kondisi lahan secara real-time sehingga kebutuhan air, pupuk, maupun pengendalian hama dapat dilakukan secara lebih tepat. Pendekatan tersebut berkontribusi dalam meningkatkan kualitas hasil panen sekaligus mengurangi pemborosan penggunaan sumber daya.

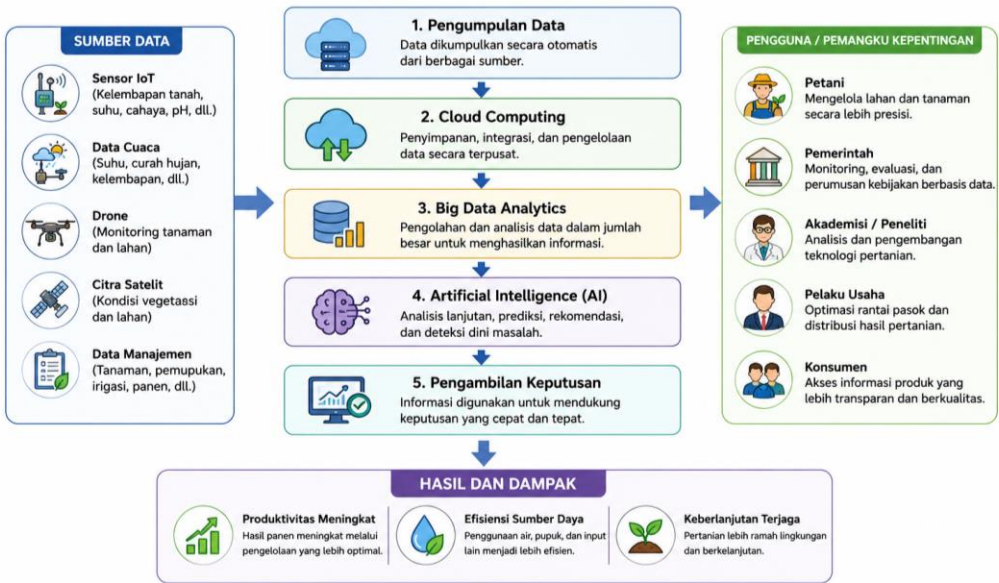
Tabel 1. Hasil Sintesis Peran Teknologi Smart Agriculture terhadap Transformasi Digital

Teknologi	Fungsi Utama	Dampak terhadap Transformasi Digital
Internet of Things (IoT)	Monitoring kondisi lahan secara real-time	Meningkatkan efisiensi pengambilan keputusan
Sensor Pintar	Mengukur kelembapan tanah, suhu, dan kualitas lingkungan	Mendukung pertanian presisi
Artificial Intelligence	Analisis data dan prediksi hasil panen	Mempercepat pengambilan keputusan berbasis data
Big Data Analytics	Mengolah data pertanian dalam jumlah besar	Menghasilkan informasi yang lebih akurat
Cloud Computing	Penyimpanan dan integrasi data	Memudahkan akses informasi secara daring
Drone dan Citra Satelit	Monitoring tanaman dan lahan	Meningkatkan efektivitas pemantauan wilayah pertanian
Geographic Information System (GIS)	Pemetaan lahan pertanian	Mendukung perencanaan budidaya yang lebih tepat

4.2 Peran Smart Agriculture dalam Transformasi Digital

Hasil analisis menunjukkan bahwa Smart Agriculture memiliki peran yang sangat penting dalam mempercepat transformasi digital pada sektor pertanian. Peran tersebut terlihat dari kemampuan teknologi digital dalam meningkatkan efisiensi, efektivitas, serta kualitas pengelolaan pertanian secara menyeluruh. Implementasi IoT memungkinkan berbagai sensor ditempatkan pada lahan pertanian untuk memantau kelembapan tanah, suhu udara, intensitas cahaya, hingga kondisi tanaman secara otomatis. Data yang diperoleh kemudian dikirim menuju sistem penyimpanan berbasis cloud sehingga dapat diakses kapan saja oleh petani maupun pemangku kepentingan lainnya.

Selanjutnya, data tersebut dianalisis menggunakan teknologi Artificial Intelligence dan Big Data Analytics sehingga mampu menghasilkan rekomendasi mengenai waktu penyiraman, kebutuhan pupuk, prediksi hasil panen, hingga deteksi dini terhadap serangan hama dan penyakit tanaman. Dengan adanya sistem tersebut, proses pengambilan keputusan menjadi lebih cepat dan akurat dibandingkan metode konvensional. Selain itu, digitalisasi juga memperkuat rantai pasok pertanian. Informasi mengenai produksi, distribusi, serta kebutuhan pasar dapat diakses secara lebih cepat sehingga meningkatkan transparansi serta efisiensi proses pemasaran hasil pertanian.



Gambar 3. Integrasi Teknologi Smart Agriculture dalam Mendukung Transformasi Digital

4.3 Manfaat Implementasi Smart Agriculture

Berdasarkan hasil sintesis literatur, implementasi Smart Agriculture memberikan berbagai manfaat bagi transformasi digital sektor pertanian. Manfaat tersebut meliputi peningkatan produktivitas melalui optimalisasi proses budidaya, efisiensi penggunaan sumber daya seperti air dan pupuk, serta pengurangan biaya operasional akibat penggunaan teknologi otomatisasi.

Di samping itu, penerapan teknologi digital meningkatkan kualitas pengambilan keputusan karena seluruh rekomendasi didasarkan pada data yang diperoleh secara real-time. Hal ini memungkinkan petani merespons perubahan kondisi lingkungan secara lebih cepat sehingga risiko gagal panen dapat diminimalkan. Digitalisasi juga memperluas akses terhadap informasi pasar dan layanan digital yang mendukung peningkatan daya saing produk pertanian.

4.4 Tantangan Implementasi Smart Agriculture

Meskipun memiliki berbagai manfaat, hasil analisis menunjukkan bahwa implementasi Smart Agriculture masih menghadapi sejumlah tantangan. Tantangan utama meliputi keterbatasan infrastruktur teknologi di beberapa wilayah, rendahnya literasi digital petani, tingginya biaya investasi awal, serta belum optimalnya integrasi data antarplatform.

Selain itu, keberhasilan transformasi digital juga dipengaruhi oleh dukungan kebijakan pemerintah, ketersediaan sumber daya manusia yang kompeten, serta kolaborasi antara pemerintah, akademisi, industri, dan masyarakat. Oleh karena itu, pengembangan Smart Agriculture memerlukan pendekatan yang tidak hanya berfokus pada teknologi, tetapi juga pada pembangunan ekosistem digital yang mendukung keberlanjutan implementasinya.

V. PEMBAHASAN

Hasil analisis literatur menunjukkan bahwa Smart Agriculture memiliki peran yang sangat strategis dalam mendukung transformasi digital pada sektor pertanian. Integrasi berbagai teknologi informasi, seperti Internet of Things (IoT), sensor pintar, Artificial Intelligence (AI), Big Data Analytics, Cloud Computing, Geographic Information System (GIS), drone, dan citra satelit telah mengubah paradigma pengelolaan pertanian dari sistem konvensional menjadi sistem yang berbasis data (data-driven agriculture). Perubahan tersebut memungkinkan proses pengambilan keputusan dilakukan secara lebih cepat, akurat, dan objektif karena didasarkan pada informasi yang diperoleh secara real-time. Dengan demikian, transformasi digital tidak hanya menghadirkan inovasi teknologi, tetapi juga menciptakan perubahan pada tata kelola pertanian yang lebih modern, efisien, dan berkelanjutan.

Berdasarkan hasil sintesis literatur, implementasi Smart Agriculture mampu meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya pertanian melalui pemantauan kondisi lahan secara berkelanjutan. Informasi mengenai kelembapan tanah, suhu lingkungan, kondisi tanaman, kebutuhan irigasi, serta penggunaan pupuk dapat dianalisis secara otomatis sehingga petani dapat menentukan tindakan yang tepat sesuai kondisi aktual di lapangan. Pendekatan ini membantu mengurangi pemborosan input produksi sekaligus meningkatkan kualitas hasil panen. Selain itu, pemanfaatan teknologi digital juga mempercepat proses distribusi informasi antara petani, pemerintah, akademisi, pelaku usaha, dan konsumen sehingga tercipta sistem pertanian yang lebih terintegrasi.

Walaupun demikian, transformasi digital pada sektor pertanian masih menghadapi berbagai tantangan. Keterbatasan infrastruktur teknologi di beberapa wilayah, rendahnya literasi digital petani, tingginya biaya investasi awal, serta belum optimalnya integrasi data menjadi faktor yang memengaruhi keberhasilan implementasi Smart Agriculture. Oleh karena itu, keberhasilan transformasi digital memerlukan dukungan berbagai pihak, baik pemerintah, institusi pendidikan, dunia usaha, maupun masyarakat, agar tercipta ekosistem digital yang mampu mendorong penerapan teknologi secara berkelanjutan.

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, terdapat beberapa aspek penting yang menunjukkan kontribusi Smart Agriculture dalam mendukung transformasi digital pada sektor pertanian, yaitu sebagai berikut.

1. Meningkatkan Efisiensi Operasional Pertanian

Implementasi teknologi digital memungkinkan berbagai aktivitas pertanian dilakukan secara otomatis dan lebih terukur. Sensor pintar dan IoT mampu memantau kondisi lahan secara real-time, sedangkan AI dan Big Data Analytics mengolah data tersebut menjadi informasi yang mendukung pengambilan keputusan. Dampaknya, penggunaan air, pupuk, pestisida, dan tenaga kerja menjadi lebih efisien sehingga biaya operasional dapat ditekan tanpa mengurangi produktivitas.

2. Mendukung Pengambilan Keputusan Berbasis Data

Salah satu karakteristik utama transformasi digital adalah pengambilan keputusan berdasarkan data yang akurat. Melalui integrasi Cloud Computing, AI, dan sistem analitik, seluruh data pertanian dapat dikumpulkan, disimpan, serta dianalisis secara terpusat. Informasi yang dihasilkan membantu petani menentukan waktu tanam, jadwal irigasi, kebutuhan pemupukan, hingga prediksi hasil panen. Pendekatan ini

meningkatkan ketepatan keputusan sekaligus mengurangi risiko kesalahan yang umumnya terjadi pada sistem pertanian konvensional.

3. Mewujudkan Pertanian yang Berkelanjutan

Penerapan Smart Agriculture tidak hanya berorientasi pada peningkatan produktivitas, tetapi juga mendukung keberlanjutan sektor pertanian. Optimalisasi penggunaan sumber daya mampu mengurangi pemborosan air, pupuk, dan energi sehingga dampak terhadap lingkungan menjadi lebih kecil. Selain itu, pemanfaatan teknologi digital memperkuat transparansi rantai pasok, meningkatkan kualitas produk, serta memperluas akses informasi bagi seluruh pemangku kepentingan. Dengan demikian, Smart Agriculture menjadi fondasi penting dalam mewujudkan sistem pertanian modern yang produktif, efisien, adaptif terhadap perkembangan teknologi, dan berkelanjutan dalam mendukung ketahanan pangan di era transformasi digital.

VI. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis literatur yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Smart Agriculture memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung transformasi digital pada sektor pertanian. Integrasi berbagai teknologi informasi, seperti Internet of Things (IoT), sensor pintar, Artificial Intelligence (AI), Big Data Analytics, dan Cloud Computing, telah mengubah sistem pertanian dari yang bersifat konvensional menjadi sistem yang lebih modern, efisien, dan berbasis data. Transformasi ini memungkinkan pengambilan keputusan dilakukan secara lebih cepat, akurat, dan terukur, sehingga mampu meningkatkan produktivitas serta kualitas hasil pertanian. Selain itu, penerapan Smart Agriculture juga memberikan dampak positif terhadap efisiensi penggunaan sumber daya, seperti air, pupuk, dan energi, serta mendukung keberlanjutan lingkungan melalui pengelolaan yang lebih optimal. Di sisi lain, transformasi digital juga memperkuat integrasi rantai pasok pertanian, meningkatkan transparansi, serta memperluas akses informasi bagi seluruh pemangku kepentingan.

Namun demikian, implementasi Smart Agriculture masih menghadapi berbagai tantangan, seperti keterbatasan infrastruktur teknologi, rendahnya literasi digital, serta tingginya biaya investasi. Oleh karena itu, diperlukan dukungan kebijakan, peningkatan kompetensi sumber daya manusia, serta kolaborasi lintas sektor agar transformasi digital pada sektor pertanian dapat berjalan secara optimal dan berkelanjutan.

Kontribusi Penulis: M. Husnol Hidayat: konseptualisasi penelitian, metodologi penelitian berbasis studi literatur, pengumpulan dan analisis literatur ilmiah, sintesis dan interpretasi data, penulisan naskah, serta peninjauan dan penyuntingan akhir naskah.

Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi naskah yang telah diterbitkan.

Pendanaan: -

Ucapan Terima Kasih: -

Konflik Kepentingan: Para penulis menyatakan tidak memiliki konflik kepentingan.

Ketersediaan Data: -

Persetujuan Berdasarkan Informasi ORCID: Tidak tersedia.

Penulis Pertama: <https://orcid.org/0000-0001-9088-9088>

Penulis Kedua: <https://orcid.org/0000-0002-1234-5678>

Penulis Ketiga: -

REFERENSI

- [1] F. P. E. Putra, F. Fauzan, S. Syirofi, M. Mursidi, D. Wahid, and A. Nuraini, "Sistem Pengendali Lingkungan Pertanian Dengan Wireless Sensor Network Untuk Mengoptimalkan Budidaya Hidroponik," 2024. doi: 10.47709/digitech.v3i2.3461.
- [2] Rahmat Muliadi Pakpahan, Nurlaila Hanum, and Puti Andiny, "Analisis Strategi Pengembangan Sektor Pertanian Dalam Upaya Peningkatan Produk Domestik Regional Bruto Di Kabupaten Aceh Timur," *J. Samudra Ekon.*, vol. 5, no. 2, pp. 178–186, 2021, doi: 10.33059/jse.v5i2.4277.
- [3] I. Zaenudin and A. B. Riyan, "Perkembangan Kecerdasan Buatan (AI) Dan Dampaknya Pada Dunia Teknologi," *J. Inform. Utama*, vol. 2, no. 2, pp. 128–153, 2024, doi: 10.55903/jitu.v2i2.240.
- [4] C. Granell, A. Kamilaris, A. Kotsev, F. O. Ostermann, and S. Trilles, "Internet of Things," 2019, *Springer*. doi: 10.1007/978-981-32-9915-3_11.

- [5] I. R. Aysa, "Tantangan Transformasi Digital Bagi Kemajuan Perekonomian Indonesia," *J. At-Tamwil Kaji. Ekon. Syariah*, vol. 3, no. 2, pp. 140–153, 2021, doi: 10.33367/at.v2i3.1458.
- [6] F. P. E. Putra, U. Ubaidi, R. N. Saputra, F. M. Haris, and S. N. R. Barokah, "Application of Internet of Things Technology in Monitoring Water Quality in Fishponds," *Brill. Res. Artif. Intell.*, vol. 4, no. 1, pp. 356–361, 2024, doi: 10.47709/brilliance.v4i1.4231.
- [7] I. Rusman, Nurmala, Nurasti, Rahmadania, Wahyuni, and L. Qadrianti, "Peran Kecerdasan Buatan dalam Pembelajaran di Era Digital," *Pros. Semin. Nas. Fak. Tarb. dan Ilmu Kegur. IAIM Sinjai*, vol. 3, pp. 42–46, 2024, doi: 10.47435/sentikjar.v3i0.3138.
- [8] Agung Yuliyanto Nugroho, "Transformasi Digital: Mengoptimalkan Strategi E-Commerce di Era Disrupsi," *Bisnistik J. Ilm. Bisnis Digit.*, vol. 1, no. 1, pp. 56–66, 2024, doi: 10.69533/372gvd16.
- [9] N. N. Thilakarathne, M. S. Abu Bakar, P. E. Abas, and H. Yassin, "Internet of things enabled smart agriculture: Current status, latest advancements, challenges and countermeasures," 2025, *cell.com*. doi: 10.1016/j.heliyon.2025.e42136.
- [10] D. Sinaga and P. Peniarsih, "Menghadapi Perubahan Dunia Melalui Transformasi Digital Menuju Kesuksesan Pada Era Digitalisasi," *J. Sist. Inf. Univ. Suryadarma*, vol. 11, no. 2, 2014, doi: 10.35968/jsi.v11i2.1240.
- [11] F. P. Eka Putra, . S., A. Ramadhani, and . M., "Integrasi Teknologi Kuantum dan fiber Optik untuk Meningkatkan Keamanan dan Efisiensi Jaringan Masa Depan," *J. Ilm. Ilk. - Ilmu Komput. Inform.*, vol. 8, no. 2, pp. 151–163, 2025, doi: 10.47324/ilkominfo.v8i2.342.
- [12] A. F. Rachman, F. P. E. Putra, S. Syirofi, and D. Wahid, "Case Study of Computer Network Development for the Internet Of Things (IoT) Industry in an Urban Environment," *Brill. Res. Artif. Intell.*, vol. 4, no. 1, pp. 399–407, 2024, doi: 10.47709/brilliance.v4i1.4302.
- [13] Diana Syahputri, Sofia Lubis, and Bunga Anggraini, "Analisis Peran Sektor Pertanian Dalam Pengurangan Kemiskinan dan Peningkatan Kesejahteraan di Negara-Negara Berkembang," 2023. doi: 10.58192/ebismen.v3i1.1748.
- [14] R. Andi Kambau, "Proses Transformasi Digital pada Perguruan Tinggi di Indonesia," *J. Rekayasa Sist. Inf. dan Teknol.*, vol. 1, no. 3, pp. 126–136, 2024, doi: 10.59407/jrsit.v1i3.481.
- [15] E. Barus, K. M. Pardede, and J. A. Putri Br. Manjorang, "Transformasi Digital: Teknologi Cloud Computing dalam Efisiensi Akuntansi," *J. Sains dan Teknol.*, vol. 5, no. 3, pp. 904–911, 2024, doi: 10.55338/saintek.v5i3.2862.
- [16] Rusdaman Rauf, A. Syam, and M. F. Randy, "Optimalisasi Transformasi Digital Dalam Mendorong Pertumbuhan Usaha Mikro, Kecil Dan Menengah Di Indonesia," *Bongaya J. Res. Manag.*, vol. 7, no. 1, pp. 95–102, 2024, doi: 10.37888/bjrm.v7i1.594.
- [17] F. P. E. Putra, I. N. S. Degeng, S. Ulfa, and W. Kamdi, "The Evolution of Quality Education: Impacts and Challenges of Using Open Educational Resources (OER) and Open Educational Practices (OEP) in the Conceive - Design - Implement - Operate (CDIO) Framework," *TEM J.*, vol. 13, no. 1, pp. 386–395, 2024, doi: 10.18421/TEM131-40.
- [18] A. Baidawi, "JARINGAN SENSOR NIRKABEL DAN IoT UNTUK KOTA PINTAR PAMEKASAN," 2023, *academia.edu*. doi: 10.59697/jsik.v7i2.108.
- [19] M. Rodiaminollah and L. Nurul Qomariyah, "Pembangunan Sektor Pertanian Dalam Perencanaan Pembangunan Ekonomi," 2023, *pdfs.semanticscholar.org*. doi: 10.35127/iqtisodina.v6i1.6916.
- [20] E. Ahyani and E. M. Duhani, "Transformasi Digital dalam Manajemen Perkantoran Pendidikan: Sebuah Kajian Literatur," *J. Vision. Penelit. dan Pengemb. dibidang Adm. Pendidik.*, vol. 12, no. 1, p. 205, 2024, doi: 10.33394/vis.v12i1.10785.
- [21] Fauzan Prasetyo Eka Putra, Dea Aulia Siswoyo, M. Idris Ainul Yaqin, and Rica Oktavia, "Tinjauan Regulasi Siber dan Kebijakan Keamanan Jaringan 5G: Perspektif Nasional dan Internasional," 2025, *researchgate.net*. doi: 10.55606/jitek.v5i1.6141.
- [22] F. R. Baskara, E. Winarti, and A. E. Prasetya, "Peningkatan Efektivitas Project-Based Learning Melalui Integrasi Kecerdasan Buatan," *Madaniya*, vol. 5, no. 3, pp. 904–918, 2024, doi: 10.53696/27214834.863.
- [23] R. Mayyora, Q. Sholihah, I. Wanusmawatie, and A. H. Wanto, "Transformasi Digital Desa dan Implikasinya Terhadap Pembangunan Berkelanjutan: Pendekatan Literature Review," *Indones. J. Intellect. Publ.*, vol. 5, no. 2, pp. 100–111, 2025, doi: 10.51577/ijipublication.v5i2.615.
- [24] Dwi Oktareza, Andreyan Noor, Erliyando Saputra, and Aulia Vivi Yulianingrum, "Transformasi Digital 4.0: Inovasi yang Menggerakkan Perubahan Global," *Cendekia J. Hukum, Sos. dan Hum.*, vol. 2, no. 3, pp. 661–672, 2024, doi: 10.70193/cendekia.v2i3.98.
- [25] Fauzan Prasetyo Eka Putra, Debri Eko Arissandi, Achmad Rofiqi, and Moh Firman Hidayat, "Pemanfaatan Mikrotik Dalam Manajemen Bandwidth Pada Jaringan Sekolah," 2025, *researchgate.net*. doi:

- 10.55606/jitek.v5i1.5938.
- [26] G. Mohyuddin, M. A. Khan, A. Haseeb, S. Mahpara, M. Waseem, and A. M. Saleh, "Evaluation of Machine Learning Approaches for Precision Farming in Smart Agriculture System: A Comprehensive Review," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 60155–60184, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3390581.
- [27] Q. F. Hassan, *Internet of Things A to Z: Technologies and Applications*. books.google.com, 2025. doi: 10.1002/9781394280490.
- [28] S. Listiyoningsih, D. Hidayati, and Y. Winarti, "Strategi Guru Menghadapi Transformasi Digital," 2022, *scholar.archive.org*. doi: 10.29303/jipp.v7i2b.389.
- [29] S. Garg, N. P. Rumjit, and S. Roy, "Smart agriculture and nanotechnology: Technology, challenges, and new perspective," 2024, *Elsevier*. doi: 10.1016/j.aac.2023.11.001.
- [30] F. P. E. Putra, U. Ubaidi, R. O. F. Kusuma, A. M. Syam, and S. A. Efendy, "Effect Of Distance On Wi-Fi Signal Quality In The Home Environment," *Brill. Res. Artif. Intell.*, vol. 4, no. 1, pp. 391–398, 2024, doi: 10.47709/brilliance.v4i1.4319.
- [31] C. Zurnali and W. Wahjono, "Dampak Tranformasi Digital Terhadap Bisnis," *J. Ilm. Infokam*, vol. 19, no. 2, 2024, doi: 10.53845/infokam.v19i2.355.
- [32] M. Siska, I. Siregar, A. Saputra, M. Juliana, and M. T. Afifudin, "Kecerdasan Buatan dan Big Data dalam Industri Manufaktur: Sebuah Tinjauan Sistematis," *Nusant. Technol. Eng. Rev.*, vol. 1, no. 1, pp. 41–53, 2023, doi: 10.55732/nter.v1i1.1119.
- [33] B. Hartono, "Teknologi Kecerdasan Buatan dan Pentingnya Beradaptasi dalam Cara Belajar," *Bul. Edukasi Indones.*, vol. 3, no. 02, pp. 80–86, 2024, doi: 10.56741/bei.v3i02.602.
- [34] K. R. Febrianti, N. Azizah, and F. Rusadi, "Pemanfaatan Kecerdasan Buatan Artificial Intelligence (Ai) Dalam Membantu Kinerja Pembelajaran," *J. Inov. Pendidik. dan Teknol. Inf.*, vol. 6, no. 1, pp. 210–226, 2025, doi: 10.52060/jipti.v6i1.2883.
- [35] D. Darmeinis, "Transformasi Digital dalam Manajemen Rantai Pasokan: Tantangan dan Peluang bagi UMKM di Indonesia," *J. Ekon. Utama*, vol. 3, no. 2, pp. 212–221, 2024, doi: 10.55903/juria.v3i2.279.
- [36] G. Bangsawan, "Kebijakan Akselerasi Transformasi Digital di Indonesia: Peluang dan Tantangan untuk Pengembangan Ekonomi Kreatif," *J. Stud. Kebijak. Publik*, vol. 2, no. 1, pp. 27–40, 2023, doi: 10.21787/jskp.2.2023.27-40.
- [37] F. Prasetyo Eka Putra, S. R. Sutarsih, S. Sofiyulloh, P. Permana, and M. Umar Mansyur, "Optimalisasi Perancangan Aplikasi Manajemen Data Koloman, Di Desa Pulau Mandangin Sampang – Madura Berbasis Website," *Rabit J. Teknol. dan Sist. Inf. Univrab*, vol. 9, no. 2, pp. 285–294, 2024, doi: 10.36341/rabit.v9i2.4840.
- [38] F. Assimakopoulos, C. Vassilakis, D. Margaris, K. Kotis, and D. Spiliotopoulos, "AI and Related Technologies in the Fields of Smart Agriculture: A Review," 2025, *mdpi.com*. doi: 10.3390/info16020100.
- [39] M. Ibnu, "Tantangan Sektor Pertanian dalam Memenuhi Kebutuhan Pangan Berkelanjutan," *J. Litbang Media Inf. Penelitian, Pengemb. dan IPTEK*, vol. 20, no. 2, pp. 135–148, 2024, doi: 10.33658/jl.v20i2.400.
- [40] K. D. Yuangga, "Transformasi Digital dalam Pendidikan Ekonomi: Menyiapkan Generasi Muda untuk Menghadapi Tantangan Ekonomi Digital," *JIIP - J. Ilm. Ilmu Pendidik.*, vol. 6, no. 6, pp. 4507–4517, 2023, doi: 10.54371/jiip.v6i6.2410.
- [41] F. P. E. Putra, R. M. Ilhamsyah, S. A. Efendy, and A. Rizki, "Implementation And Evaluation Of Zerotier-Based Virtual Network For Device Connectivity," *Brill. Res. Artif. Intell.*, vol. 5, no. 1, pp. 281–290, 2025, doi: 10.47709/brilliance.v5i1.5966.
- [42] E. Sudarmanto, I. Yuliana, N. Wahyuni, S. R. Yusuf, and A. Zaki, "Transformasi Digital dalam Keuangan Islam: Peluang dan Tantangan," *J. Ilm. Ekon. Islam*, vol. 10, no. 1, p. 645, 2024, doi: 10.29040/jiei.v10i1.11628.
- [43] M. Nashrullah, Syaiful Rahman, Abdul Majid, Nunuk Hariyati, and Budiyanto, "Transformasi Digital dalam Pendidikan Indonesia: Analisis Kebijakan dan Implikasinya terhadap Kualitas Pembelajaran," *Mudir J. Manaj. Pendidik.*, vol. 7, no. 1, pp. 52–59, 2025, doi: 10.55352/mudir.v7i1.1290.
- [44] Angga Dwi Permadi, Durratul Hikmah Fatus Solikhah, and Muhammad Yasin, "Strategi Industrialisasi Hubungan Dengan Sektor Pertanian di Wilayah Sidoarjo," 2023, *pdfs.semanticscholar.org*. doi: 10.55606/srjyappi.v1i3.314.
- [45] R. Ardianto *et al.*, "Transformasi Digital dan Antisipasi Perubahan Ekonomi Global dalam Dunia Perbankan," *MARAS J. Penelit. Multidisiplin*, vol. 2, no. 1, pp. 80–88, 2024, doi: 10.60126/maras.v2i1.114.
- [46] M. Dayoub, S. Shnaigat, R. A. Tarawneh, A. N. Al-Yacoub, F. Al-Barakeh, and K. Al-Najjar, "Enhancing Animal Production through Smart Agriculture: Possibilities, Hurdles, Resolutions, and Advantages," 2024, *mdpi.com*. doi: 10.3390/ruminants4010003.

- [47] S. Suharyo, S. Subyantoro, and R. Pristiwati, "Kecerdasan Buatan dalam Konteks Kurikulum Merdeka pada Jenjang Pendidikan Dasar dan Menengah: Membangun Keterampilan Menuju Indonesia Emas 2045," *Humanika*, vol. 30, no. 2, pp. 208–217, 2024, doi: 10.14710/humanika.v30i2.60563.
- [48] Fauzan Prasetyo Eka Putra, Noviyani Dwi Saputri, Fathur Rosi, and Rohilia Loati, "Optimalisasi Infrastruktur Cloud Networking melalui Integrasi SDN, NFV, dan Multi-Cloud," 2025, *researchgate.net*. doi: 10.55606/jitek.v5i1.6099.
- [49] T. H. Salsabila, T. M. Indrawati, and R. A. Fitrie, "Meningkatkan Efisiensi Pengambilan Keputusan Publik melalui Kecerdasan Buatan," 2024, *pdfs.semanticscholar.org*. doi: 10.47134/pjise.v1i2.2401.
- [50] Putri Sandrina Sitompul, Maya Martiza Sari, Cecillia Miranda Br Lumban Gaol, and Lokot Muda Harahap, "Transformasi Digital UMKM Indonesia : Tantangan dan Strategi Adaptasi di Era Ekonomi Digital," 2025, *academia.edu*. doi: 10.61132/jumbidter.v2i2.487.