

PENGGUNAAN ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AI) DALAM MEMBANGUN SISTEM PANGAN BERKELANJUTAN DI INDONESIA

Renaldo Fajar Nugraha Susilo ¹, Sya'ban Fauzan Athallah ²

¹S-1 Bisnis Digital, Institut Desain dan Bisnis Bali, ²S-1 Administrasi Bisnis, Fakultas Ilmu Administrasi, Universitas Brawijaya
e-mail: susilorenaldo1@gmail.com ¹, fauzan@bsd-kadin.id ²

INFORMASI ARTIKEL

Received : September, 2023
Accepted : Desember, 2023
Publish online : Desember, 2023

ABSTRACT

The global challenge of achieving a sustainable food system has prompted the exploration of innovative technologies to address its complexities. This study investigates the role of Artificial Intelligence (AI) in advancing the sustainability of the food system within the context of Indonesia. The research delves into the application of AI across various stages of the food supply chain, including agricultural production, distribution, quality control, and resource management. Drawing from a comprehensive literature review, the study highlights the potential of AI to optimize resource allocation, predict crop yields, enhance logistics, ensure food safety, and minimize environmental impacts. The findings reveal a promising correlation between AI utilization and the creation of a more sustainable food system, demonstrating the potential for reduced waste, improved efficiency, and enhanced collaboration among stakeholders. The study concludes by emphasizing the importance of continued research and investment in AI-driven strategies to foster a resilient and sustainable food system for Indonesia's future.

Key words : Artificial Intelligence, sustainable food system, Indonesia

ABSTRAK

Tantangan global untuk mencapai sistem pangan yang berkelanjutan telah mendorong eksplorasi teknologi inovatif untuk mengatasi kompleksitasnya. Studi ini menyelidiki peran Kecerdasan Buatan (AI) dalam memajukan keberlanjutan sistem pangan dalam konteks Indonesia. Penelitian ini membahas aplikasi AI di berbagai tahap rantai pasokan pangan, termasuk produksi pertanian, distribusi, kontrol kualitas, dan manajemen sumber daya. Berdasarkan ulasan literatur yang komprehensif, penelitian ini menyoroti potensi AI untuk mengoptimalkan alokasi sumber daya, memprediksi hasil panen, meningkatkan logistik, memastikan keamanan pangan, dan meminimalkan dampak lingkungan. Temuan ini mengungkapkan korelasi yang menjanjikan antara penggunaan AI dan penciptaan sistem pangan yang lebih berkelanjutan, menunjukkan potensi untuk mengurangi limbah, meningkatkan efisiensi, dan meningkatkan kolaborasi di antara para pemangku kepentingan.

Studi ini disimpulkan dengan menekankan pentingnya penelitian berkelanjutan dan investasi dalam strategi yang didorong oleh AI untuk mempromosikan sistem pangan yang tahan lama dan bertahan untuk masa depan Indonesia.

Kata Kunci: Artificial Intelligence, sistem pangan Berkelanjutan, Indonesia

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Indonesia adalah negara terbesar keempat di dunia, dengan populasi lebih dari 270 juta orang [1]. Negara ini juga merupakan produsen pertanian utama [2], dengan berbagai macam tanaman yang tumbuh di seluruh wilayahnya. Namun, Indonesia menghadapi sejumlah tantangan untuk keamanan pangan, termasuk:

1. Pertumbuhan Populasi yang Cepat: Populasi Indonesia tumbuh dengan kecepatan 1,2% per tahun [3], yang berarti bahwa negara ini perlu memproduksi lebih banyak pangan setiap tahun hanya untuk mengikuti permintaan.
2. Perubahan Iklim: Perubahan iklim sudah memiliki dampak negatif pada pertanian di Indonesia [4], dan dampak ini diperkirakan akan memburuk di masa depan. Peristiwa cuaca ekstrem, seperti kekeringan dan banjir, menjadi semakin umum, dan peristiwa ini dapat merusak tanaman dan mengurangi hasil panen.
3. Menurunnya Lahan Pertanian: Indonesia kehilangan lahan pertanian untuk urbanisasi dan pengembangan lainnya [5] dengan kecepatan yang mengkhawatirkan. Ini mengurangi kapasitas negara untuk memproduksi pangan.

Pemerintah Indonesia telah menerapkan sejumlah program untuk mengatasi tantangan keamanan pangan. Program-program ini termasuk :

1. Subsidi untuk pupuk dan Input Pertanian Lainnya: Pemerintah menyediakan subsidi untuk peternakan dan input pertanian lainnya untuk membantu petani mengurangi biaya mereka [6,7].
2. Dukungan Harga untuk Tanaman: Pemerintah memberikan dukungan harga [8] untuk tanaman untuk membantu petani mendapatkan harga yang adil untuk produk mereka.
3. Penelitian dan Pengembangan: Pemerintah mengeluarkan kebijakan terkait penelitian dan pengembangan

untuk mengembangkan varietas tanaman baru dan teknologi pertanian [9,10] yang lebih tahan terhadap perubahan iklim dan hama.

Program-program ini telah membantu meningkatkan keamanan pangan di Indonesia, tetapi mereka tidak cukup untuk memenuhi tantangan masa depan.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian penelitian ini adalah untuk menilai bagaimana Artificial Intelligence (AI) dapat berkontribusi pada pengembangan sistem pangan berkelanjutan di Indonesia. Studi ini bertujuan untuk menganalisis manfaat potensial dari mengintegrasikan AI di berbagai tahap rantai pasokan pangan, seperti memprediksi hasil panen, mengoptimalkan distribusi, memastikan keamanan pangan, dan mengelola sumber daya. Melalui studi kasus, penelitian akan menyelidiki contoh praktis implementasi AI, menyoroti tantangan, hasil, dan pelajaran yang dipelajari. Studi ini juga bertujuan untuk memahami dampak ekonomi, lingkungan, dan sosial integrasi AI dalam sistem pangan Indonesia. Akhirnya, penelitian ini bertujuan untuk memberikan rekomendasi kepada pembuat kebijakan dan pemangku kepentingan, sambil berkontribusi pada diskursus yang lebih luas tentang memanfaatkan AI untuk sistem pangan yang lebih resilien dan berkelanjutan di Indonesia.

Lingkup Penelitian

Penelitian ini berfokus pada mengeksplorasi potensi dan tantangan integrasi teknologi Kecerdasan Buatan (AI) dalam konteks sistem pangan Indonesia untuk meningkatkan keberlanjutan. Studi ini mencakup pemeriksaan komprehensif aplikasi AI di seluruh rantai pasokan pangan, termasuk produksi pertanian, distribusi, kontrol kualitas, dan manajemen sumber daya. Menggunakan analisis kualitatif, menggabungkan studi kasus untuk menggambarkan implementasi dan hasil AI dunia nyata. Penelitian ini menyelidiki implikasi ekonomi, lingkungan, dan masyarakat dari adopsi AI, sementara juga mempertimbangkan faktor peraturan, teknologi, dan sosio-ekonomi yang mempengaruhi integrasi yang sukses.

Rentang geografisnya terbatas pada Indonesia, dan studi ini tidak menyelidiki aspek teknis algoritma AI secara rinci, tetapi lebih menekankan dampaknya yang lebih luas pada keberlanjutan sistem pangan. Studi ini bertujuan untuk memberikan wawasan dan rekomendasi kepada pemangku kepentingan yang tertarik dalam memanfaatkan AI untuk membangun sistem pangan yang tahan lama dan berkelanjutan di Indonesia.

Kontribusi Penelitian

Studi ini berkontribusi pada pengetahuan yang ada dengan memberikan analisis komprehensif tentang peran Kecerdasan Buatan (AI) dalam memajukan keberlanjutan sistem pangan Indonesia. Penelitian ini menawarkan wawasan tentang potensi manfaat dan tantangan integrasi teknologi AI di berbagai tahap rantai pasokan pangan. Dengan melakukan studi kasus praktis, studi ini menyoroti aplikasi dunia nyata dari AI, menekankan hasil kunci, pelajaran yang dipelajari, dan implikasi bagi para pemangku kepentingan. Penelitian ini berkontribusi pada pemahaman kami tentang bagaimana AI dapat mengoptimalkan praktik pertanian, meningkatkan efisiensi distribusi, meningkatkan keamanan pangan, dan mengurangi dampak lingkungan. Selain itu, studi ini mengeksplorasi dampak ekonomi, lingkungan, dan sosial yang beragam dari adopsi AI dalam konteks Indonesia. Dengan menawarkan rekomendasi untuk pembuat kebijakan, pemain industri, dan peneliti, penelitian ini bertujuan untuk membimbing pembuatan strategi yang memanfaatkan potensi AI untuk membangun sistem pangan yang lebih tahan lama dan berkelanjutan di Indonesia.

LITERATUR REVIEW

Konsep Sistem Pangan Berkelanjutan

Sistem Pangan Berkelanjutan (SPB) adalah sistem pangan yang menawarkan keragaman gizi dan membantu masyarakat dalam hal faktor sosial, budaya, ekonomi, dan lingkungan [11]. SPB meliputi menyediakan nutrisi dan kesehatan yang memadai, mempromosikan keanekaragaman hayati, menjamin kelangsungan hidup petani, dan memastikan akses yang adil ke tanah, air, benih, dan sumber daya lainnya [12]. Ini bergantung pada basis sumber daya yang berkelanjutan dan dampak netral atau positifnya pada layanan ekosistem penting (LES) yang dibutuhkan di luar sistem pangan [13].

Semua orang memiliki hak untuk makan sehat, seperti yang ditekankan dalam Tujuan

Pembangunan Berkelanjutan PBB, yang menekankan keamanan pangan melalui pertanian berkelanjutan [14]. Kita harus mengubah manajemen sistem pangan kita, yang mencakup produksi, pengolahan, distribusi, persiapan, konsumsi, dan hasil sosial-ekonomi dan lingkungan [15].

Sistem ini harus bertujuan untuk mengurangi kerugian dan limbah pangan [16], mengakhiri kemiskinan ekstrem dan kekurangan gizi [17], dan menciptakan kebijakan terbaik yang mungkin untuk meningkatkan keamanan pangan [18, 19]. Mengaplikasikan metode ekonomi sirkuler pada sistem ini sangat penting untuk meningkatkan keberlanjutan lingkungan dan keamanan pangan di masa depan [20]. Menggunakan kekuatan Internet dapat meningkatkan manajemen sumber daya lintas batas sambil mempromosikan pemerintahan yang bertanggung jawab, perdagangan, dan akses tanpa batasan [21].

Peran Utama Teknologi Dalam Sistem Pangan Berkelanjutan

Teknologi telah memainkan peran transformatif dalam mereformasi sistem pangan di seluruh dunia. Melalui solusi inovatif, teknologi telah mengoptimalkan berbagai aspek rantai pasokan pangan, dari produksi hingga konsumsi. Ini telah memungkinkan pertanian presisi, di mana wawasan yang didorong oleh data meningkatkan hasil panen dan mengurangi limbah sumber daya [22]. Teknologi seperti perangkat Internet of Things (IoT) dan sensor memantau kondisi lingkungan dan memberikan data real-time untuk pengambilan keputusan yang lebih baik [23]. Traceability dan transparansi telah ditingkatkan dengan blockchain, memastikan keamanan pangan dan akuntabilitas. Analisis data canggih memungkinkan untuk memprediksi permintaan, mengoptimalkan distribusi, dan mengurangi limbah pangan [24]. Pada dasarnya, teknologi telah merevolusi cara kita memproduksi, mendistribusikan, dan mengonsumsi pangan, membuat sistem pangan lebih efisien, berkelanjutan, dan responsif terhadap perubahan permintaan.

Teknologi memainkan peran penting dalam mengoptimalkan rantai pasokan pangan. Penuai robotik dan irigasi yang memungkinkan IoT meningkatkan efisiensi dengan mengurangi tenaga kerja dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya [25]. Blockchain memastikan transparansi dan keamanan, sementara kode QR dan tag NFC meningkatkan pelacakan [26]. Drone dan sensor cerdas meminimalkan limbah melalui pertanian presisi dan manajemen energi [27, 28]. Pelacakan real-time dan analisis prediktif memberikan

visibilitas rantai pasokan [29], sementara kontrol kualitas yang didukung oleh AI mempertahankan integritas produk [30, 31]. Kemajuan teknologi ini secara kolektif berkontribusi pada rantai pasokan pangan yang lebih efisien, transparan dan berkelanjutan.

Pengenalan Artificial Intelligence (AI) dan Potensinya dalam Sistem Pangan

Artificial Intelligence (AI) berdiri sebagai kemajuan teknologi mutakhir dengan potensi yang signifikan untuk merevolusi sistem pangan. AI dapat didefinisikan sebagai simulasi proses kecerdasan manusia melalui sistem komputer. Pusat untuk AI adalah pembelajaran mesin, pembelajaran mendalam, dan analisis data, secara kolektif memberdayakan komputer untuk belajar dari pola data dan membuat keputusan yang tepat [32]. Khususnya, kemampuan AI untuk memproses dan menganalisis set data yang luas secara efisien sangat penting, menghasilkan wawasan berharga dan kemampuan prediksi. Kemampuan ini telah menemukan aplikasi di berbagai industri, mendorong kemajuan dalam otomatisasi, optimasi, dan pemecahan masalah. Dalam konteks sistem pangan, AI memiliki janji yang besar. Potensinya terletak pada mengoptimalkan praktik pertanian, memprediksi tren pasokan dan permintaan, meningkatkan logistik distribusi, meningkatkan langkah-langkah keamanan pangan, dan mengurangi limbah di seluruh rantai pasokan [33]. Potensi transformatif ini menekankan peran AI dalam mengatasi tantangan penting dan memfasilitasi transisi menuju sistem pangan yang lebih efisien, berkelanjutan dan responsif.

METODE PENELITIAN

Pendekatan Penelitian

Pendekatan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini berpusat pada studi literatur yang luas untuk secara komprehensif mengeksplorasi peran Artificial Intelligence (AI) dalam membangun sistem pangan yang berkelanjutan. Pendekatan ini melibatkan tinjauan sistematis dan analisis karya ilmiah yang ada, artikel penelitian, jurnal akademik, dan publikasi yang relevan yang membahas terkait hubungan AI dan sistem pangan berkelanjutan. Melalui studi literatur ini, studi ini bertujuan untuk mensintesis dan secara kritis menilai pengetahuan, wawasan, dan kemajuan dalam teknologi AI yang diterapkan pada berbagai aspek rantai pasokan pangan. Dengan memeriksa berbagai perspektif, metodologi, dan temuan, pendekatan ini memungkinkan pemahaman

nuansa potensi, tantangan, dan implikasi AI dalam mempromosikan sistem pangan berkelanjutan di Indonesia.

Pengumpulan Data

Pengumpulan data untuk penelitian ini mencakup pendekatan komprehensif, yang melibatkan berbagai sumber, termasuk laporan industri dan makalah akademik. Laporan industri memberikan wawasan berharga tentang praktik dunia nyata, tren, dan tantangan yang dihadapi oleh para pemangku kepentingan dalam mengadopsi Artificial Intelligence (AI) dalam sistem pangan. Laporan ini menawarkan pemahaman praktis tentang bagaimana teknologi AI diimplementasikan dan dampaknya di berbagai sektor rantai pasokan pangan. Melengkapi ini, makalah akademik berkontribusi pada temuan penelitian ilmiah, kerangka kerja teoritis, dan metodologi analitis yang mendukung implikasi potensial integrasi AI dalam konteks keberlanjutan. Dengan mengambil dari kedua laporan industri dan makalah akademik, studi ini memperoleh pandangan holistik, menggabungkan pengalaman praktis dengan dasar teoritis yang kuat untuk menginformasikan analisis, kesimpulan, dan rekomendasi untuk membangun sistem pangan yang berkelanjutan.

Kerangka Kerja AI untuk Membangun Sistem Pangan Berkelanjutan

Pengembangan kerangka kerja AI untuk membangun sistem pangan berkelanjutan berfungsi sebagai peta kerja konseptual untuk penelitian ini. Mengacu pada literatur yang ada dan pendapat ahli, kerangka kerja ini menguraikan komponen kunci untuk integrasi sukses teknologi AI di seluruh rantai pasokan pangan. Ini menggambarkan strategi untuk menggunakan AI dalam praktik pertanian, optimasi rantai pasokan, kontrol kualitas, dan pengurangan limbah. Kerangka kerja ini berfungsi sebagai panduan untuk menganalisis studi kasus, menilai kesesuaian mereka dengan tujuan berkelanjutan, dan mengevaluasi efektivitas mereka dalam mempromosikan keberlanjutan sistem pangan.

No.	Komponen Utama	Strategi Pemanfaatan
1.	Pengumpulan Data dan Integrasi	<p>Mengumpulkan data dari berbagai sumber [34]: peternakan, pusat distribusi, pasar, dll.</p> <p>Mengintegrasikan data dari berbagai sumber [35], seperti sensor IoT, gambar satelit, dan catatan rantai pasokan.</p> <p>Memastikan kualitas data, konsistensi, dan ketersediaan real-time [36].</p>
2.	Analisis prediktif dan dukungan keputusan	<p>Menggunakan algoritma pembelajaran mesin untuk menganalisis data historis [37].</p> <p>Memprediksi hasil panen, pola permintaan, dan persyaratan sumber daya [38].</p> <p>Memberikan dukungan keputusan untuk strategi penanaman, panen, dan distribusi [39].</p>
3.	Pertanian presisi	<p>Menggunakan wawasan yang didorong oleh AI untuk mengoptimalkan pola tanam dan rotasi tanaman [40].</p> <p>Implementasi fertilisasi dan irigasi yang ditargetkan berdasarkan kondisi real-time [41].</p> <p>Memantau kesehatan tanaman menggunakan analisis gambar yang didukung AI [42].</p>
4.	Optimalisasi Rantai Pasokan	<p>Menggunakan AI untuk mengoptimalkan rute transportasi dan meminimalkan konsumsi energi [43].</p> <p>Memprediksi fluktuasi permintaan dan menyesuaikan tingkat persediaan sesuai [44].</p> <p>Meningkatkan manajemen rantai dingin dan mengurangi limbah pangan [45].</p>
5.	Kontrol kualitas dan keamanan	<p>Menggunakan pengenalan gambar yang didukung AI untuk penilaian kualitas real-time [46].</p> <p>Memantau dan menganalisis data untuk memastikan kepatuhan dengan peraturan keselamatan [47].</p> <p>Mengimplementasikan mekanisme traceability menggunakan blockchain untuk transparansi [48].</p>
6.	Manajemen Sumber Daya dan Keberlanjutan	<p>Optimalkan penggunaan sumber daya, mengurangi konsumsi air dan energi [49].</p>

			Mengimplementasikan strategi pengurangan limbah yang didorong oleh AI di seluruh rantai pasokan [50].
			Mempromosikan praktik berkelanjutan untuk kesehatan tanah dan keanekaragaman hayati [51].
7.	Kolaborasi dan komitmen stakeholder		Mengembangkan platform yang didukung oleh AI bagi petani, pemasok, dan konsumen untuk berinteraksi [52].
			Meningkatkan komunikasi dan berbagi informasi di seluruh ekosistem pangan [53].
			Mempromosikan kolaborasi untuk tujuan sistem pangan berkelanjutan [54].
8.	Pembelajaran dan terus-menerus	adaptasi	Selalu memperbarui model AI dengan data dan wawasan baru [55].
			Menyesuaikan strategi berdasarkan perubahan kondisi lingkungan dan pasar [56].
			Mengadopsi inovasi dan menggabungkan kemajuan AI terbaru [57].

Tabel 1: Kerangka Kerja AI untuk Sistem Pangan Berkelanjutan
[Sumber: Studi Tim Peneliti]

Analisis Data

Data yang dikumpulkan merupakan analisis yang mendalam menggunakan metode kualitatif untuk menghasilkan wawasan yang berarti. Sumber kualitatif dikodekan dan dikategorikan untuk mengidentifikasi tema, tantangan, dan peluang yang berulang yang terkait dengan peran AI dalam membangun sistem pangan yang berkelanjutan. Melalui analisis tematik, pola dan koneksi dalam data muncul, berkontribusi pada pemahaman yang komprehensif tentang kompleksitas adopsi AI. Analisis ini memberikan dasar untuk mendiskusikan implikasi, menarik kesimpulan, dan menawarkan rekomendasi untuk pembuat kebijakan, praktisi, dan penelitian lebih lanjut di lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi AI dalam Sistem Pangan Berkelanjutan di Indonesia

AI memiliki potensi untuk merevolusi produksi pertanian dengan meningkatkan prediksi tanaman [58] dan proses pemantauan [59,60]. Melalui analisis data canggih dan algoritma pembelajaran mesin, AI dapat menganalisis sejumlah besar data

historis dan real-time, termasuk kondisi iklim, kesehatan tanah, dan pola pertumbuhan tanaman. Ini memungkinkan prediksi yang akurat dari hasil panen [61, 62], membantu petani membuat keputusan yang tepat tentang jadwal penanaman, alokasi sumber daya, dan strategi pasar. Selain itu, sensor dan drone yang didorong oleh AI memfasilitasi pemantauan tanaman secara *real time*, memberikan wawasan tentang tingkat pertumbuhan, serangan hama, dan kebutuhan irigasi. Informasi tepat waktu ini memberdayakan petani untuk menerapkan intervensi tepat di mana diperlukan, meminimalkan limbah sumber daya dan mengoptimalkan hasil. Dengan memanfaatkan kemampuan prediksi AI dan pemantauan real-time, produksi pertanian menjadi lebih efisien, berkelanjutan, dan responsif terhadap faktor lingkungan yang dinamis, pada akhirnya berkontribusi pada sistem pangan yang tahan lama dan produktif.

Optimalisasi Distribusi dan Logistik dengan AI

AI menawarkan peluang optimasi yang signifikan untuk distribusi dan logistik dalam rantai pasokan pangan. Melalui wawasan berbasis data dan analisis prediktif, AI dapat menyederhanakan

jaringan distribusi dengan mengidentifikasi rute yang paling efisien, jadwal pengiriman, dan tingkat persediaan [63]. Ini mengurangi biaya transportasi, konsumsi energi, dan emisi karbon. Prediksi permintaan yang didorong oleh AI secara akurat memprediksi preferensi konsumen dan tren pasar, memungkinkan pemasok untuk menyesuaikan strategi produksi dan distribusi sesuai, meminimalkan situasi kelebihan dan kekurangan. Selain itu, pelacakan real-time menggunakan perangkat IoT dan sensor meningkatkan visibilitas dalam kondisi pengiriman, memastikan bahwa barang yang mudah rusak diangkut dalam kondisi optimal dan memungkinkan tanggapan cepat terhadap setiap penyimpangan. Otomasi yang didorong oleh AI dapat mengoptimalkan operasi gudang dengan memprediksi kebutuhan penyimpanan dan memfasilitasi manajemen stok yang efisien [64]. Pada akhirnya, integrasi AI dalam distribusi dan logistik tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional dan efektivitas biaya, tetapi juga berkontribusi pada mengurangi dampak lingkungan dan meningkatkan kepuasan pelanggan.

Aplikasi AI dalam Kontrol Kualitas dan Keamanan Pangan

AI memainkan peran penting dalam memastikan kontrol kualitas pangan dan keamanan di seluruh rantai pasokan. Melalui pengenalan gambar dan analisis data, sistem AI dapat mengidentifikasi cacat, kontaminasi, dan kerusakan dalam produk pangan, meningkatkan akurasi dan kecepatan dibandingkan dengan inspeksi manual [65]. Sensor bertenaga AI dapat memantau suhu, kelembaban, dan kondisi lingkungan lainnya selama penyimpanan dan transportasi, mendeteksi penyimpangan yang dapat membahayakan keamanan pangan [66]. Model pembelajaran mesin dapat memprediksi masa pakai barang-barang yang mudah rusak, mengurangi limbah pangan dan meningkatkan kepercayaan konsumen. Selain itu, AI dapat memungkinkan pelacakan [67] dengan merekam setiap langkah dari rantai pasokan pada blockchain yang aman, memastikan transparansi dan akuntabilitas. Dengan cepat mengidentifikasi potensi bahaya dan memastikan kepatuhan dengan standar keamanan, kontrol kualitas pangan yang didorong oleh AI meningkatkan kesehatan konsumen, mengurangi risiko, dan memperkuat integritas sistem pangan.

Meningkatkan Efisiensi Energi dan Manajemen Sumber Daya Melalui AI

AI menawarkan pendekatan transformatif untuk meningkatkan efisiensi energi dan manajemen

sumber daya dalam rantai pasokan pangan. Dengan menganalisis data dari berbagai tahap produksi, distribusi, dan konsumsi, AI dapat mengidentifikasi pola dan inefisiensi yang mungkin tidak terlihat [68]. Analisis prediktif membantu mengoptimalkan konsumsi energi dengan memprediksi pola permintaan dan menyesuaikan operasi sesuai. Dalam pertanian, pertanian presisi yang didorong oleh AI meminimalkan limbah sumber daya dengan tepat menyesuaikan irigasi, pemupukan, dan pengendalian hama untuk kebutuhan tanaman individu. Sensor cerdas dan perangkat IoT melacak penggunaan sumber daya secara *real time*, memungkinkan intervensi tepat waktu untuk mencegah praktik yang membuang-buang [69]. Selain itu, AI dapat mengoptimalkan manajemen persediaan, mengurangi kelebihan persediaan dan biaya energi terkait. Melalui kemampuan untuk terus belajar dan beradaptasi, AI memberdayakan para pemangku kepentingan untuk membuat keputusan yang berinformasi yang meminimalkan konsumsi energi, menghemat sumber daya, dan mempromosikan sistem pangan yang lebih berkelanjutan secara keseluruhan.

Pengembangan Aplikasi dan Platform berbasis AI untuk Pemangku Kepentingan

Pengembangan aplikasi dan platform berbasis AI memiliki janji besar untuk melibatkan pemangku kepentingan di seluruh rantai pasokan pangan. Alat-alat inovatif ini menyediakan solusi yang disesuaikan untuk mengatasi tantangan spesifik dan memanfaatkan peluang. Untuk petani, platform yang didukung oleh AI menawarkan wawasan tentang waktu penanaman optimal, kesehatan tanaman, dan manajemen sumber daya, meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan [70]. Distributor mendapat manfaat dari logistik yang didorong oleh AI yang mengoptimalkan rute, mengurangi konsumsi bahan bakar, dan meminimalkan emisi [71]. Konsumen mendapatkan transparansi dalam asal-usul produk, informasi gizi, dan sumber daya etis melalui aplikasi yang didukung AI [72]. Pembuat kebijakan dapat menggunakan wawasan yang dihasilkan oleh AI untuk merumuskan peraturan berbasis bukti untuk sistem pangan yang lebih berkelanjutan. Platform AI kolaboratif menghubungkan stakeholder, memungkinkan berbagi informasi secara *real-time* dan memecahkan masalah. Dengan menyesuaikan aplikasi AI dengan kebutuhan pemangku kepentingan, platform ini memfasilitasi pengambilan keputusan yang tepat, mendorong kolaborasi, dan mendorong perubahan positif di seluruh ekosistem pangan.

Tantangan dan Peluang

Tantangan dalam Implementasi AI dalam Sistem Pangan Indonesia

Tantangan implementasi AI dalam sistem pangan di Indonesia dengan pendekatan Diffusion Theory oleh Edward Rogers [73], dapat dilihat dari berbagai dimensi yang memengaruhi difusi teknologi di masyarakat. Berikut adalah beberapa tantangan yang dapat diuraikan dalam kerangka teori difusi:

Kompleksitas Teknologi: Teknologi AI memiliki tingkat kompleksitas [74] yang tinggi, terutama dalam hal pemahaman [75], penggunaan [76], dan integrasi dalam sistem pangan. Tantangan ini berkaitan dengan dimensi "kompleksitas" dalam teori difusi, di mana masyarakat atau pemangku kepentingan mungkin menganggap teknologi yang kompleks sulit untuk diadopsi.

Ketersediaan Sumber Daya: Adopsi teknologi AI memerlukan sumber daya finansial, infrastruktur teknologi yang memadai [77], dan ketersediaan data berkualitas tinggi [78]. Tantangan ini berkaitan dengan dimensi "sumber daya" dalam teori difusi, yang mempengaruhi kemampuan individu atau organisasi untuk mengadopsi inovasi.

Kesadaran dan Pemahaman: Tantangan dalam meningkatkan kesadaran dan pemahaman tentang potensi manfaat AI dalam sistem pangan Indonesia [79]. Tantangan ini mencerminkan dimensi "komunikasi" dalam teori difusi, di mana informasi yang efektif dan edukasi dibutuhkan untuk mempengaruhi persepsi dan pengetahuan masyarakat.

Struktur Sosial dan Kebijakan: Struktur sosial [80], termasuk norma [81], nilai, dan struktur kebijakan, memainkan peran penting dalam adopsi teknologi. Tantangan dalam menciptakan regulasi yang mendukung dan norma sosial yang memfasilitasi adopsi AI dalam sistem pangan adalah bagian dari dimensi "sosial" dalam teori difusi.

Kepercayaan dan Pengalaman: Kepercayaan terhadap teknologi AI dan pengalaman sebelumnya dengan teknologi berbasis komputer juga mempengaruhi adopsi [82,83]. Dimensi "kepercayaan" dalam teori difusi berperan di sini.

Manfaat yang Dirasakan: Tantangan terkait dengan memperjelas dan menunjukkan [84] manfaat konkret yang diberikan oleh AI dalam

meningkatkan efisiensi, keberlanjutan, dan hasil dalam sistem pangan. Ini berhubungan dengan dimensi "persepsi manfaat relatif" dalam teori difusi.

Dalam menghadapi tantangan ini, pendekatan berdasarkan teori difusi dapat membantu merencanakan strategi yang lebih efektif untuk mempercepat adopsi AI dalam sistem pangan Indonesia. Ini melibatkan upaya komunikasi yang efektif, pendidikan, dan pemberian contoh-contoh nyata dari keberhasilan implementasi AI dalam pertanian dan sektor pangan lainnya. Selain itu, penting juga untuk mempertimbangkan aspek kebijakan, ketersediaan sumber daya, dan pengembangan infrastruktur yang mendukung.

Peluang untuk Mengatasi Tantangan dan Meningkatkan Keberlanjutan

Potensi pasar untuk solusi berbasis AI untuk keamanan pangan di Indonesia sangat besar. Per bulan Juli 2023, nilai ekspor sektor Pertanian, Kehutanan, dan Perikanan secara *month-to-month* meningkat sejumlah 4,52% dari bulan sebelumnya [85], yang memerlukan solusi inovatif agar dapat membantu petani meningkatkan produktivitas dan ketahanan mereka.

Solusi berbasis AI dapat mengatasi sejumlah tantangan untuk keamanan pangan di Indonesia. Solusi ini dapat membantu meningkatkan hasil panen, mengurangi limbah pangan, dan membuat sektor pertanian lebih tahan terhadap perubahan iklim. Beberapa contoh spesifik solusi berbasis AI untuk keamanan pangan di Indonesia meliputi:

1. Sensor dan drone yang didukung oleh AI dapat mengumpulkan data tentang tanaman dan kondisi tanah secara *real-time* [86,87]. Data ini dapat digunakan untuk membuat peta yang akurat tentang kesehatan tanaman dan kesuburan tanah, yang dapat membantu petani membuat keputusan yang lebih baik tentang penanaman, irigasi, dan aplikasi pupuk.
2. Adaptasi Iklim. AI dapat digunakan untuk mengembangkan model yang memprediksi dampak perubahan iklim pada pertanian [88]. Informasi ini dapat digunakan untuk membantu petani menyesuaikan praktik mereka dengan perubahan iklim.
3. Penyakit dan pengendalian hama. AI dapat digunakan untuk mengembangkan

algoritma yang dapat mengidentifikasi dan memprediksi penyakit tanaman dan hama [89]. Informasi ini dapat digunakan untuk mengembangkan perawatan yang ditargetkan yang dapat mencegah atau mengendalikan hama dan penyakit ini.

4. Sistem irigasi cerdas. Sistem irigasi cerdas yang menggunakan sensor untuk mengumpulkan data tentang kelembaban tanah dan kondisi cuaca [90]. Data ini digunakan untuk secara otomatis menyesuaikan jadwal irigasi untuk memastikan tanaman mendapatkan jumlah air yang tepat.
5. Sistem prediksi hasil panen. Sistem prediksi hasil panen yang menggunakan AI untuk menganalisis data tentang kesehatan tanaman, kondisi tanah, dan ramalan cuaca [91]. Informasi ini digunakan untuk memprediksi hasil tanaman, yang dapat membantu petani membuat keputusan yang lebih baik tentang penanaman, panen, dan pemasaran.

Keamanan pangan dapat didistribusikan melalui berbagai saluran, dan ini membutuhkan transportasi dan penyimpanan. Ini bisa menjadi peluang besar karena transportasi dan penyimpanan adalah sektor yang memiliki pertumbuhan terbesar pada 2021-2022 dari PDB Indonesia, pada 19,87% (Badan Pusat Statistik).

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Implementasi kecerdasan buatan (AI) dalam sistem pangan Indonesia menawarkan potensi besar untuk meningkatkan efisiensi, keberlanjutan, dan responsivitas dalam seluruh rantai pasokan makanan. Namun, tantangan-tantangan yang mencakup kompleksitas teknologi, ketersediaan sumber daya, kesadaran dan pemahaman yang terbatas, serta aspek regulasi dan kepercayaan harus diatasi dengan hati-hati.

Untuk sukses mengimplementasikan AI dalam sistem pangan Indonesia, kami merekomendasikan pendidikan dan pelatihan yang luas, pengembangan regulasi yang mendukung, investasi infrastruktur dan data berkualitas, serta promosi kasus sukses. Kemitraan lintas sektor dan pengelolaan risiko yang efektif juga perlu ditekankan. Dengan langkah-langkah ini, kita dapat mencapai ketahanan pangan yang berkelanjutan dan efisien dengan teknologi AI.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Data Commons, "Indonesia," *Indonesia - Place Explorer - Data Commons*, <https://datacommons.org/place/country/IDN> (accessed Sep. 6, 2023).

[2] Nuraini, "Ternyata ini 5 Alasan Indonesia Disebut Negara Agraris," *Bisnis.com*, <https://www.bisnis.com/read/20220920/638/1579276/ternyata-ini-5-alasan-indonesia-disebut-negara-agraris> (accessed Aug. 30, 2023).

[3] D. F. Rahman, "Jumlah penduduk Indonesia tumbuh 1,17% PADA 2022: Databoks," *Pusat Data Ekonomi dan Bisnis Indonesia*, <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2022/07/11/jumlah-penduduk-indonesia-tumbuh-117-pada-2022> (accessed Aug. 30, 2023).

[4] Administrator, "Pengaruh Perubahan Iklim Terhadap Sektor Pertanian," *Upland Project*, <https://upland.psp.pertanian.go.id/public/artikel/1687919315/pengaruh-perubahan-iklim-terhadap-sektor-pertanian> (accessed Aug. 30, 2023).

[5] F. Gultom and S. Harianto, "Lunturnya Sektor Pertanian di Perkotaan," *Jurnal Analisa Sosiologi*, vol. 11, no. 1, pp. 49–72, 2022. doi:10.20961/jas.v11i1.56324

[6] H. Limanseto, "Benahi Tata Kelola Pupuk Bersubsidi, Pemerintah Siapkan Sektor Pertanian Lebih Inovatif dan Adaptif dengan Kemajuan Teknologi," *Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian Republik Indonesia*, <https://ekon.go.id/publikasi/detail/4355/benahi-ta-ta-kelola-pupuk-bersubsidi-pemerintah-siapkan-sektor-pertanian-lebih-inovatif-dan-adaptif-dengan-kemajuan-teknologi> (accessed Aug. 30, 2023).

[7] B. A. Sisungkunon, A. A. Siregar, F. R. Moeis, S. Sabrina, and M. Adriansyah, "Pemanfaatan Benih Unggul dalam Program Bantuan Benih Padi Pemerintah Indonesia," *Lembaga Penyelidikan Ekonomi dan Masyarakat - Fakultas Ekonomi dan Bisnis - Universitas Indonesia*, <https://www.lpem.org/id/pemanfaatan-benih-unggul-dalam-program-bantuan-benih-padi-pemerintah-indonesia/> (accessed Aug. 30, 2023).

[8] H. Limanseto, "Strategi Pemerintah Mendorong Ketahanan Pangan dan Kesejahteraan Petani,"

[9] BBUSKP, "Menteri Pertanian Menjadi menteri Terbaik ke-4, Jadi Topik apel pagi," *Balai Besar Uji Standar Karantina Pertanian*, <http://bbuskp.karantina.pertanian.go.id/menteri-pertanian-menjadi-menteri-terbaik-ke-4-jadi-topik-apel-pagi/> (accessed Sep. 6, 2023).

[10] Diperta Jatim, "Program Dinas Pertanian Provinsi Jawa Timur," *Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Provinsi Jawa Timur*, <https://pertanian.jatimprov.go.id/profil-ppid/program/> (accessed Sep. 6, 2023).

[11] P. L. Mafongoya and G. W. Sileshi, "Indices to identify and quantify ecosystem services in Sustainable Food Systems," *The Role of Ecosystem Services in Sustainable Food Systems*, pp. 43–71, 2020. doi:10.1016/b978-0-12-816436-5.00003-2

[12] P. Sukhdev, P. May, and A. Müller, "Fix Food Metrics," *Nature*, vol. 540, no. 7631, pp. 33–34, 2016. doi:10.1038/540033a

[13] D. Gustafson et al., "Seven Food System Metrics of Sustainable Nutrition Security," *Sustainability*, vol. 8, no. 3, p. 196, 2016. doi:10.3390/su8030196

[14] S. D. Keesstra et al., "The significance of soils and soil science towards realization of the United Nations Sustainable Development Goals," *SOIL*, vol. 2, no. 2, pp. 111–128, 2016. doi:10.5194/soil-2-111-2016

[15] H. Westhoek, J. S. I. Ingram, S. V. Berkum, L. Ozay, and M. Hajer, "Food Systems and natural resources," *A Report of the Working Group on Food Systems of the International Resource Panel*, Aug. 2016. doi:10.18356/dcbe47a6-en

[16] F. G. Santeramo, "Exploring the link among food loss, waste and food security: What the research should focus on?," *Agriculture & Food Security*, vol. 10, no. 1, 2021. doi:10.1186/s40066-021-00302-z

[17] O. Calicioglu, A. Flammini, S. Bracco, L. Bellù, and R. Sims, "The future challenges of food and agriculture: An integrated analysis of trends and solutions," *Sustainability*, vol. 11, no. 1, p. 222, 2019. doi:10.3390/su11010222

[18] S. Wahbeh, F. Anastasiadis, B. Sundarakani, and I. Manikas, "Exploration of food security challenges towards more sustainable food production: A Systematic Literature Review of the major drivers and policies," *Foods*, vol. 11, no. 23, p. 3804, 2022. doi:10.3390/foods11233804

[19] R. Capone, H. E. Bilali, P. Debs, G. Cardone, and N. Driouech, "Food System Sustainability and food security: Connecting the dots," *Journal of Food Security*, <http://pubs.sciepub.com/jfs/2/1/2/index.html> (accessed Aug. 27, 2023).

[20] Y. Wang, Z. Yuan, and Y. Tang, "Enhancing Food Security and environmental sustainability: A critical review of food loss and waste management," *Resources, Environment and Sustainability*, vol. 4, p. 100023, 2021. doi:10.1016/j.resenv.2021.100023

[21] N. M. Holden, E. P. White, Matthew. C. Lange, and T. L. Oldfield, "Review of the sustainability of food systems and transition using the internet of food," *npj Science of Food*, vol. 2, no. 1, 2018. doi:10.1038/s41538-018-0027-3

[22] V. Welingutami, "Farming in the digital age: Exploring IOT-driven precision agriculture," *Koltiva*, <https://www.koltiva.com/post/farming-in-the-digital-age-exploring-iot-driven-precision-agriculture> (accessed Aug. 29, 2023).

[23] P. Wadhera and A. Grasso, "What are some of the challenges and opportunities of using IOT sensors for environmental monitoring?," *How IoT Sensors Can Monitor and Protect the Environment*, <https://www.linkedin.com/advice/1/what-some-challenges-opportunities-using-iot> (accessed Aug. 29, 2023).

[24] B. M. Enuh, "Why are supply chains taking a digital approach to food waste?," *Azo Life Sciences*, <https://www.azolifesciences.com/article/How-Supply-Chains-Are-Taking-a-Digital-Approach-to-Food-Waste.aspx> (accessed Aug. 29, 2023).

[25] V. Balaska, Z. Adamidou, Z. Vryzas, and A. Gasteratos, "Sustainable crop protection via Robotics and Artificial Intelligence Solutions," *Machines*, vol. 11, no. 8, p. 774, 2023. doi:10.3390/machines11080774

[26] T. Bosona and G. Gebresenbet, "The role of blockchain technology in promoting traceability systems in agri-food production and supply

chains," *Sensors*, vol. 23, no. 11, p. 5342, 2023. doi:10.3390/s23115342

[27] M. Dhanaraju, P. Chenniappan, K. Ramalingam, S. Pazhanivelan, and R. Kaliaperumal, "Smart farming: Internet of things (iot)-based sustainable agriculture," *Agriculture*, vol. 12, no. 10, p. 1745, 2022. doi:10.3390/agriculture12101745

[28] Dr. T. Zia, "Precision farming: How ai and drones are reshaping agriculture," *Techopedia*, <https://www.techopedia.com/precision-farming-how-ai-and-drones-are-reshaping-agriculture> (accessed Aug. 29, 2023).

[29] wiliot, "Supply Chain Visibility & Omnichannel Accuracy," *Wiliot*, <https://www.wiliot.com/supply-chain-visibility> (accessed Aug. 29, 2023).

[30] K. von Bueren, "7 ways to leverage AI to maximise supply chain efficiency," *Procurement Magazine*, <https://procurementmag.com/technology-and-ai/7-ways-to-leverage-ai-to-maximise-supply-chain-efficiency> (accessed Aug. 29, 2023).

[31] T. Chalishazar, "Impact of IOT on the Transport & Logistics Industry," *Impact of IoT on the Transport & Logistics Industry*, <https://www.peerbits.com/blog/impact-of-iot-on-transport-and-logistics-industry.html> (accessed Aug. 29, 2023).

[32] E. Burns, N. Laskowski, and L. Tucci, "What is artificial intelligence and how does AI work? TechTarget," *Enterprise AI*, <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/AI-Artificial-Intelligence> (accessed Aug. 29, 2023).

[33] A. Taneja et al., "Artificial Intelligence: Implications for the Agri-Food Sector," *Agronomy*, vol. 13, no. 5, p. 1397, 2023. doi:10.3390/agronomy13051397

[34,44] M. Javaid, A. Haleem, R. P. Singh, and R. Suman, "Artificial Intelligence Applications for Industry 4.0: A literature-based study," *Journal of Industrial Integration and Management*, vol. 07, no. 01, pp. 83–111, 2021. doi:10.1142/s2424862221300040

[35] R. M. Al Batayneh et al., "It governance framework and Smart Services Integration for future development of Dubai Infrastructure

utilizing AI and Big Data, its reflection on the Citizens Standard of Living," *Proceedings of the International Conference on Artificial Intelligence and Computer Vision (AICV2021)*, pp. 235–247, 2021. doi:10.1007/978-3-030-76346-6_22

[36] M. Janssen, P. Brous, E. Estevez, L. S. Barbosa, and T. Janowski, "Data governance: Organizing data for Trustworthy Artificial Intelligence," *Government Information Quarterly*, vol. 37, no. 3, p. 101493, 2020. doi:10.1016/j.giq.2020.101493

[37] K. Y. Ngiam and I. W. Khor, "Big Data and machine learning algorithms for health-care delivery," *The Lancet Oncology*, vol. 20, no. 5, 2019. doi:10.1016/s1470-2045(19)30149-4

[38] R. Ben Ayed and M. Hanana, "Artificial intelligence to improve the Food and agriculture sector," *Journal of Food Quality*, vol. 2021, pp. 1–7, 2021. doi:10.1155/2021/5584754

[39] Z. Zhai, J. F. Martínez, V. Beltran, and N. L. Martínez, "Decision Support Systems for Agriculture 4.0: Survey and challenges," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 170, p. 105256, 2020. doi:10.1016/j.compag.2020.105256

[40, 55, 69] K. Malhotra and M. Firdaus, "Application of Artificial Intelligence in IoT Security for Crop Yield Prediction", *RRST*, vol. 2, no. 1, pp. 136–157, Oct. 2022.

[41] E. Alreshidi, "Smart Sustainable Agriculture (SSA) solution underpinned by internet of things (IOT) and Artificial Intelligence (AI)," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, vol. 10, no. 5, 2019. doi:10.14569/ijacsa.2019.0100513

[42, 89] M. Javaid, A. Haleem, I. H. Khan, and R. Suman, "Understanding the potential applications of artificial intelligence in agriculture sector," *Advanced Agrochem*, vol. 2, no. 1, pp. 15–30, 2023. doi:10.1016/j.aac.2022.10.001

[43] L. Chen et al., "Artificial Intelligence-based solutions for climate change: A Review," *Environmental Chemistry Letters*, 2023. doi:10.1007/s10311-023-01617-y

[45] H. Pallathadka et al., "A review of using artificial intelligence and machine learning in Food and Agriculture Industry," *2022 2nd International Conference on Advance Computing and Innovative Technologies in Engineering (ICACITE)*, 2022. doi:10.1109/icacite53722.2022.9823427

- [46] P. Faria, T. Nogueira, A. Ferreira, C. Carlos, and L. Rosado, "AI-powered mobile image acquisition of vineyard insect traps with automatic quality and adequacy assessment," *Agronomy*, vol. 11, no. 4, p. 731, 2021. doi:10.3390/agronomy11040731
- [47] S. S. Chukkapalli et al., "Ontologies and Artificial Intelligence Systems for the Cooperative Smart Farming Ecosystem," *IEEE Access*, vol. 8, pp. 164045–164064, 2020. doi:10.1109/access.2020.3022763
- [48] S. Menon and K. Jain, "Blockchain technology for transparency in Agri-Food Supply Chain: Use cases, limitations, and Future Directions," *IEEE Transactions on Engineering Management*, pp. 1–15, 2022. doi:10.1109/tem.2021.3110903
- [49] Y. Xiang, Y. Chen, J. Xu, and Z. Chen, "Research on sustainability evaluation of green building engineering based on Artificial Intelligence and Energy Consumption," *Energy Reports*, vol. 8, pp. 11378–11391, 2022. doi:10.1016/j.egy.2022.08.266
- [50] Z. A. Ali, M. Zain, M. S. Pathan, and P. Mooney, "Contributions of Artificial Intelligence for circular economy transition leading toward sustainability: An explorative study in agriculture and Food Industries of Pakistan," *Environment, Development and Sustainability*, 2023. doi:10.1007/s10668-023-03458-9
- [51] E. McLennon, B. Dari, G. Jha, D. Sihi, and V. Kankarla, "Regenerative Agriculture and Integrative Permaculture for Sustainable and Technology Driven Global Food Production and Security," *Agronomy Journal*, vol. 113, no. 6, pp. 4541–4559, 2021. doi:10.1002/agj2.20814
- [52] C. Ganeshkumar, S. K. Jena, A. Sivakumar, and T. Nambirajan, "Artificial Intelligence in agricultural value chain: Review and Future Directions," *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, vol. 13, no. 3, pp. 379–398, 2021. doi:10.1108/jadee-07-2020-0140
- [53] P. Horton, "A Sustainable Food Future," *Royal Society Open Science*, vol. 10, no. 8, 2023. doi:10.1098/rsos.230702
- [54] R. Dara, S. M. Hazrati Fard, and J. Kaur, "Recommendations for ethical and responsible use of artificial intelligence in Digital Agriculture," *Frontiers in Artificial Intelligence*, vol. 5, 2022. doi:10.3389/frai.2022.884192
- [55] P. F. Borowski, "Innovative Processes in managing an enterprise from the energy and food sector in the era of industry 4.0," *Processes*, vol. 9, no. 2, p. 381, 2021. doi:10.3390/pr9020381
- [56] J. Lee, T. Suh, D. Roy, and M. Baucus, "Emerging Technology and Business Model Innovation: The case of artificial intelligence," *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, vol. 5, no. 3, p. 44, 2019. doi:10.3390/joitmc5030044
- [57] J. Jung et al., "The potential of remote sensing and artificial intelligence as tools to improve the resilience of Agriculture Production Systems," *Current Opinion in Biotechnology*, vol. 70, pp. 15–22, 2021. doi:10.1016/j.copbio.2020.09.003
- [58] E. Bwambale, F. K. Abagale, and G. K. Anornu, "Smart Irrigation Monitoring and control strategies for improving water use efficiency in precision agriculture: A Review," *Agricultural Water Management*, vol. 260, p. 107324, 2022. doi:10.1016/j.agwat.2021.107324
- [59] T. Talaviya, D. Shah, N. Patel, H. Yagnik, and M. Shah, "Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of irrigation and application of pesticides and herbicides," *Artificial Intelligence in Agriculture*, vol. 4, pp. 58–73, 2020. doi:10.1016/j.aiia.2020.04.002
- [60] P. Kumar and D. Saha, "Revolutionizing the Food Industry: How Artificial Intelligence is Transforming Food Processing," *Food and Scientific Reports*, vol. 4, no. 2, pp. 60–64, Jan. 2023.
- [61,62,63,64] A. Pathak and A. Rathore, "Dairy and Artificial Intelligence: Enhancing Efficiency and Productivity," *Just Agriculture*, vol. 3, no. 12, pp. 90–104, Aug. 2023.
- [65,66,67] S. Sharma, V. K. Gahlawat, K. Rahul, R. S. Mor, and M. Malik, "Sustainable innovations in the food industry through Artificial Intelligence and big data analytics," *Logistics*, vol. 5, no. 4, p. 66, 2021. doi:10.3390/logistics5040066
- [68] J. F. Arinez, Q. Chang, R. X. Gao, C. Xu, and J. Zhang, "Artificial Intelligence in advanced manufacturing: Current status and future outlook," *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, vol. 142, no. 11, Nov. 2020. doi:10.1115/1.4047855

- [70, 91] M. Javaid, A. Haleem, I. H. Khan, and R. Suman, "Understanding the potential applications of artificial intelligence in agriculture sector," *Advanced Agrochem*, vol. 2, no. 1, pp. 15–30, Oct. 2023. doi:10.1016/j.aac.2022.10.001
- [71] F. Susanto, N. K. Prasiani, and P. Darmawan, "Implementasi internet of things Dalam Kehidupan Sehari-Hari," *Jurnal Imagine*, vol. 2, no. 1, pp. 35–40, 2022. doi:10.35886/imagine.v2i1.329
- [72] A. Renda, "The age of foodtech: Optimizing the agri-food chain with Digital Technologies," *Achieving the Sustainable Development Goals Through Sustainable Food Systems*, pp. 171–187, Oct. 2019. doi:10.1007/978-3-030-23969-5_10
- [73] W. W. LaMorte, "Behavioral change models," *Diffusion of Innovation Theory*, <https://sphweb.bumc.bu.edu/otlt/mph-modules/sb/behavioralchange/theories/behavioralchange/theories4.html> (accessed Sep. 10, 2023).
- [74,80,82] C. S. Alexander, M. Yarborough, and A. Smith, "Who is responsible for 'responsible AI': Navigating challenges to build trust in AI agriculture and Food System Technology - Precision Agriculture," *SpringerLink*, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11119-023-10063-3> (accessed Sep. 10, 2023).
- [75,81,83] L. Manning *et al.*, "Artificial Intelligence and ethics within the food sector: Developing a common language for technology adoption across the supply chain," *Trends in Food Science; Technology*, vol. 125, pp. 33–42, Jul. 2022. doi:10.1016/j.tifs.2022.04.025
- [76,77,78,79] Caantin, "The benefits and challenges of implementing AI and automation in restaurants," *Caantin*, <https://www.caantin.com/post/the-benefits-and-challenges-of-implementing-ai-and-automation-in-restaurants> (accessed Sep. 10, 2023).
- [84] A. Gardeazabal *et al.*, "Knowledge management for innovation in agri-food systems: A conceptual framework," *Knowledge Management Research Practice*, vol. 21, no. 2, pp. 303–315, Feb. 2021. doi:10.1080/14778238.2021.1884010
- [85] BPS, "Berita Resmi Statistik," *Badan Pusat Statistik*, <https://www.bps.go.id/pressrelease.html> (accessed Sep. 12, 2023).
- [86] V. Dharmaraj and C. Vijayanand, "Artificial Intelligence (AI) in agriculture," *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, vol. 7, no. 12, pp. 2122–2128, Dec. 2018. doi:10.20546/ijcmas.2018.712.241
- [87,88] M. Javaid, A. Haleem, I. H. Khan, and R. Suman, "Understanding the potential applications of artificial intelligence in agriculture sector," *Advanced Agrochem*, vol. 2, no. 1, pp. 15–30, Mar. 2023. doi:10.1016/j.aac.2022.10.001
- [90] S. Velmurugan, V. Balaji, T. Manoj Bharathi, and K. Saravanan, "An IOT based Smart Irrigation System using Soil Moisture and Weather Prediction," *Int. J. Eng. Res. Technol. (Ahmedabad)*, vol. 8, no. 7, 2020.