

## EFEKTIVITAS PENERAPAN SISTEM ARTIFICIAL INTELLIGENCE FUZZY LOGIC TERHADAP PENINGKATAN PENDAPATAN PETANI BIJI KAKAO

Cindy Puspitafuri<sup>1,\*</sup>, Kasmawati<sup>2</sup>, Rusdin<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Badan Riset dan Inovasi Daerah Provinsi Sulawesi Tenggara

\*indytafuri@gmail.com

### ABSTRAK

Rantai distribusi hasil perkebunan masih memiliki permasalahan klasik yang menimbulkan dilema bagi petani sebagai pelaku produksi hasil perkebunan. Lemahnya posisi nilai tawar petani terhadap pengumpul merupakan masalah yang hingga saat ini belum dapat ditemukan solusi efektifnya. Hal ini juga terjadi pada petani biji kakao di Sulawesi Tenggara. Penelitian ini dimaksudkan untuk meninjau efektivitas penerapan pengembangan sistem informasi berbasis kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) dengan algoritma *fuzzy logic* untuk memprediksi dan merekomendasikan harga jual biji kakao secara *real time*. Sistem ini juga menampilkan grafik fluktuasi harga jual biji kakao *real time* secara umum di pasaran. Sistem ini selain bertujuan sebagai sistem informasi rekomendasi harga jual untuk meningkatkan daya tawar petani, juga berfungsi sebagai dasar pengambilan kebijakan bagi pemerintah daerah berbasis data. Penelitian menggunakan pendekatan SWOT dan dianalisis secara deskriptif kualitatif. Hasil akurasi sistem prediksi mencapai 92%, diperoleh dari hasil perbandingan nilai harga produk hasil perhitungan logaritma *fuzzy logic* dan kesesuaian nilai harga produk di pasaran. Sistem informasi prediksi harga diterapkan dalam bentuk *mobile application* sehingga dapat diakses oleh petani, pembeli dan dinas terkait. Sistem ini diharapkan menjadi solusi digital untuk transparansi harga, peningkatan kesejahteraan petani dan pengambilan kebijakan berbasis data.

**Kata kunci:** *Artificial Intelligence, Biji Kakao, Fuzzy Logic, Kebijakan, Sistem Rekomendasi Harga.*

### ABSTRACT

*The distribution chain of plantation commodities continues to encounter persistent structural challenges, particularly affecting the bargaining position of farmers, who remain at a disadvantage when negotiating with intermediaries. This issue is notably experienced by cocoa bean farmers in Southeast Sulawesi. In response to this, the present study examines the development and implementation of an Artificial Intelligence (AI)-based information system utilizing fuzzy logic algorithms to predict and recommend cocoa bean selling prices in real time. The system also visualizes real time market price fluctuations through dynamic graphs. Designed not only to enhance farmers' access to timely and accurate market information, the system also aims to improve their bargaining power and contribute to more transparent and equitable pricing practice. Furthermore, the system serves as decision support tool for local governments by providing reliable, data driven insights for policy formulation. Research used SWOT approach and was analyzed descriptively qualitatively. The prediction system achieved an accuracy rate of 92%, determined by comparing product price values calculated using fuzzy logic algorithms with actual market prices. Price prediction information system is implemented as a mobile application, making it accessible to farmers, buyers and relevant government agencies. This innovation represents a strategic digital intervention to promote price transparency, enhance farmer welfare and support evidence based policymaking in the agricultural sector.*

**Keywords:** *Agricultural policy, Artificial Intelligence, cocoa beans, Fuzzy Logic, Price Recommendation system.*

## 1. PENDAHULUAN

Budidaya biji kakao pada sektor pertanian memegang peranan penting sebagai salah satu komoditas unggulan dalam konteks perekonomian Indonesia. Namun, petani sering kali terjebak dalam sistem yang tidak menguntungkan, dimana mereka menjadi pihak yang paling rentan dalam penentuan harga jual produk. Petani seringkali terjebak dalam sistem yang tidak adil, dimana mereka tidak memiliki kekuatan tawar yang memadai terhadap pihak pengumpul/tengkulak (Teresa et al., 2024). Teori daya tawar menjelaskan bahwa posisi tawar dalam negosiasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk informasi yang tersedia dan struktur pasar. Petani kakao di Indonesia seringkali berada dalam posisi yang lemah karena ketergantungan mereka pada tengkulak yang mendominasi proses penetapan harga (Ben-Shahar, 2009)(Pavithra et al., 2018).

Pihak ini mendominasi proses tawar dalam penetapan harga yang menyebabkan petani tidak memiliki posisi tawar yang kuat, sehingga hasil penjualan tidak mencerminkan kualitas yang mereka hasilkan. Situasi ini menyebabkan pendapatan petani tidak optimal dan menghambat upaya mereka untuk meningkatkan kualitas produk dan berpotensi menurunkan semangat mereka untuk berproduksi (Sari et al., 2019). Sistem informasi harga yang transparan dapat meningkatkan daya tawar petani dengan memberikan akses kepada mereka terhadap informasi harga pasar yang akurat. Dalam konteks ini muncul kebutuhan mendesak untuk mengembangkan sistem informasi yang dapat memberikan rekomendasi harga jual biji kakao yang adil dan transparan (Kanellos et al., 2024).

Kemajuan teknologi khususnya bidang digitalisasi memberi peluang besar untuk meningkatkan daya tawar petani melalui pengembangan sistem informasi harga jual biji kakao (Maina et al., 2024). Sistem informasi rekomendasi harga jual biji kakao yang diusulkan bertujuan untuk memperkuat posisi tawar petani. Sistem ini tidak hanya berfungsi sebagai alat untuk memberikan informasi harga secara *real time*, tetapi juga memberikan gambaran fluktuasi harga jual biji kakao sebagai dasar

pengambilan kebijakan berbasis data bidang pertanian (Goñas et al., 2024). Dengan memanfaatkan teknologi digital dan algoritma *fuzzy* maka sistem ini dapat memberikan informasi harga yang akurat berdasarkan indikator kualitas biji kakao, seperti kadar air, kandungan jamur dan kotoran (Ladhar et al., 2023) (Pamungkas et al., 2020). Melalui sistem ini, petani diharapkan dapat menentukan harga jual yang lebih sesuai dengan kualitas produk yang mereka hasilkan, sehingga mereka tidak lagi dipaksa untuk menerima harga yang ditentukan sepihak oleh pengumpul.

Pengembangan sistem tersebut sejalan dengan tren global yang menunjukkan bahwa digitalisasi dapat meningkatkan efisiensi dan transparansi dalam rantai pasok pertanian. Penerapan sistem informasi tidak hanya meningkatkan pendapatan petani, tetapi juga menciptakan ekosistem pertanian yang lebih berkelanjutan dan adil (Sabari et al., 2019). *Supply Chain Theory* relevan menunjukkan bahwa sistem distribusi yang panjang dan tidak efisien dapat mengurangi keuntungan bagi petani. Dengan adanya sistem rekomendasi harga yang berbasis data maka petani dapat memotong perantara dan menjual produk mereka langsung kepada konsumen atau pengumpul dengan harga yang lebih adil (Snyder & Shen, 2019).

Penerapan sistem informasi yang transparan dapat memberikan akses terhadap petani terhadap informasi harga pasar yang akurat dan terkini (Wang et al., 2023). Sistem pemasaran konvensional saat ini cenderung tidak memberikan keuntungan yang memadai bagi petani. Dengan adanya sistem rekomendasi harga yang berbasis data maka petani dapat mengurangi ketergantungan pada tengkulak (Kumar et al., 2023). Sistem ini memungkinkan petani untuk langsung menjual kepada konsumen, sehingga menghindari *markup* harga yang terjadi pada sistem distribusi nasional (Lutsii & Heleve, 2023). Digitalisasi pemasaran tidak hanya meningkatkan pendapatan petani tetapi juga menciptakan ekosistem pertanian yang lebih berkelanjutan dan adil. Dengan sistem yang efisien maka petani dapat memperoleh harga yang lebih baik untuk produk mereka sehingga pada

gilirannya akan meningkatkan semangat mereka untuk berproduksi.

Situasi dan kondisi petani di Kabupaten Kolaka Timur Sulawesi Tenggara menghadapi tantangan yang signifikan dalam konteks pemasaran hasil pertanian, khususnya biji kakao. Mereka sering kali terjebak dalam sistem pemasaran konvensional yang tidak menguntungkan, dimana pihak pengumpul atau tengkulak mendominasi proses penetapan harga. Hal ini menyebabkan petani tidak memiliki kekuatan tawar yang memadai, sehingga harga jual produk mereka seringkali tidak mencerminkan kualitas yang dihasilkan. Kualitas biji kakao sering dicampur dalam penawaran harga tanpa pengklasifikasian yang jelas sehingga mengakibatkan pendapatan petani yang rendah dan tidak optimal.

Ketergantungan pada sistem tradisional juga memperburuk situasi dimana petani terpaksa harus menerima harga yang ditetapkan oleh tengkulak meskipun harga tersebut jauh dibawah standar pasar. Proses distribusi yang panjang menambah beban biaya pemasaran, sehingga keuntungan lebih banyak dinikmati oleh pengumpul. Namun, harapan untuk meningkatkan pendapatan petani tetap ada, terutama dengan pengembangan sistem informasi yang transparan berbasis data. Sistem ini dapat memberikan rekomendasi harga yang adil, memungkinkan petani untuk menjual langsung kepada konsumen, dan mengurangi ketergantungan pada tengkulak (Teresa et al., 2024).

Penerapan sistem pemasaran digital menjadi solusi potensial yang diharapkan dapat meningkatkan daya tawar petani, serta menciptakan ekosistem pertanian yang berkelanjutan dan adil. Dengan akses terhadap informasi harga yang akurat dan terkini, petani diharapkan dapat menentukan harga jual yang lebih baik, sehingga dapat meningkatkan semangat mereka untuk berproduksi. Melalui pendekatan ini, diharapkan petani di Kolaka Timur dapat meraih keuntungan lebih baik dari hasil pertanian mereka, memperbaiki kesejahteraan dan berkontribusi pada perekonomian lokal yang lebih kuat.

## 2. METODE PELAKSANAAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pendekatan analisis SWOT untuk meninjau efektivitas rekayasa sistem informasi harga jual biji kakao berbasis algoritma *Fuzzy Logic*. Data diperoleh melalui kegiatan sosialisasi sistem informasi rekomendasi harga biji kakao menggunakan teknik *Focus Group Discussion*. Kegiatan sosialisasi sistem informasi harga jual biji kakao berbasis algoritma *Fuzzy Logic* melibatkan komunitas petani biji kakao pada Lembaga Ekonomi Masyarakat (LEM) Kakao Kabupaten Kolaka Timur, Sulawesi Tenggara. Kegiatan sosialisasi terintegrasi dengan pelatihan yang melibatkan langsung petani secara aktif dalam mengoperasikan aplikasi sistem informasi harga jual biji kakao dengan menggunakan media android.

Kegiatan dilakukan sebagai upaya meningkatkan pengetahuan petani kakao melalui penyuluhan berupa ceramah, diskusi dan praktek yang dilaksanakan di Desa Tirawuta berjumlah 35 orang perwakilan dari kelompok tani yang tergabung dalam Lembaga Ekonomi Masyarakat (LEM) Kakao Kabupaten Kolaka Timur. Data diperoleh berdasarkan informasi yang diperoleh dari Dinas Perkebunan Kolaka Timur berupa Lokasi sentra penghasil biji kakao. Peserta kegiatan merupakan anggota dan pengurus kelompok tani LEM Kakao Desa Tirawuta Kabupaten Kolaka Timur yang termasuk usia dewasa 30-75 tahun, sehingga metodologi penelitian menggunakan pembelajaran orang dewasa melalui teknik andragogi.

Diskusi dilakukan melalui teknik ceramah. Pemberian materi sosialisasi dapat mengeksplorasi minat dan kemampuan peserta kegiatan. Tahap evaluasi dilakukan dengan cara pemberian umpan balik melalui diskusi sehingga peserta dapat memanfaatkan pelaksanaan diskusi dengan cermat dan tepat (Wiyono et al., 2024). Pemateri bertindak sebagai fasilitator dalam penyampaian materi sosialisasi. Sosialisasi dilaksanakan dengan dua tahapan kegiatan. Tahapan kegiatan pertama yaitu pelatihan tingkat petani melalui pengenalan aplikasi dan pemahaman teknis penggunaan sistem. Tahapan kegiatan kedua yaitu penggalian gagasan teknis tim TI untuk meninjau

adaptasi sistem sesuai kebutuhan petani dan stakeholder lain.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Masyarakat dapat mengetahui harga harga biji kakao melalui sistem informasi harga jual biji kakao yang berbasis algoritma *Fuzzy Logic* dengan melibatkan komunitas petani biji kakao pada Lembaga Ekonomi Masyarakat (LEM) Kakao Kabupaten Kolaka Timur, Sulawesi Tenggara. Petani dapat melihat langsung harga biji kakao dengan menggunakan media android sehingga petani dapat mengetahui tinggi rendahnya nilai jual biji kakao.

Rendahnya nilai jual biji kakao di Sulawesi Tenggara bukan disebabkan kualitas produksi, melainkan karena dominasi tengkulak, panjangnya rantai distribusi, dan ketimpangan informasi pasar yang menempatkan petani pada posisi tawar rendah. Melalui integrasi *Artificial Intelligence* berbasis *Fuzzy Logic* ke dalam platform *e-commerce*, sistem ini mampu mengubah penilaian mutu yang sebelumnya subjektif menjadi acuan harga yang objektif, transparan dan dapat dipertanggung jawabkan. Dengan memproses parameter kualitas seperti kadar air, tingkat kotoran, dan jamur, metode fuzzy Tsukamoto menghasilkan prediksi harga yang adil-misalnya, standar kelayakan minimal Rp.19.260/kg, bahkan hingga Rp.45.000/kg pada mutu terbaik, jauh diatas harga pasar konvensional Rp.11.000-Rp.14.000/kg. Integrasi ini tidak hanya memotong dominasi perantara, tetapi juga memberi petani akses langsung ke pasar, memperluas jaringan distribusi serta menyediakan fitur edukasi dan literasi digital. Lebih dari sekedar inovasi teknis, sistem ini menghadirkan pendekatan humanistik digital yang menempatkan petani sebagai aktor utama dalam pengambilan keputusan, sehingga menciptakan ekosistem agribisnis digital yang inklusif, berkeadilan dan berkelanjutan (Puspitafuri C; Kasmawati, 2025).

Kegiatan sosialisasi yang diikuti oleh anggota kelompok tani dalam Lembaga Ekonomi Masyarakat (LEM) Kakao Kabupaten Kolaka Timur yang berjumlah 35 orang mayoritas berjenis kelamin laki-laki dengan rentang usia 30-50 tahun. Pada tingkat Pendidikan formal rata-rata peserta

berijazah SMU dan beberapa berijazah S1. Hampir rata-rata seluruh peserta memiliki ponsel pintar (*smartphone*) dan mampu mengoperasikan aplikasi *smartphone*. Status kepemilikan lahan kakao mayoritas pribadi dengan luas lahan kurang lebih 1 Ha.

Peserta disajikan materi pengenalan sistem informasi rekomendasi harga jual biji kakao dan demo sistem dalam bentuk pelatihan. Sistem informasi rekomendasi harga jual biji kakao adalah berupa aplikasi sistem yang berfungsi sebagai alat (*tools*) penguat posisi nilai tawar (harga jual produk) biji kakao di tingkat petani. Aplikasi sistem rekomendasi harga jual biji kakao juga memuat informasi data mingguan harga jual produk biji kakao. Aplikasi ini bermanfaat untuk membantu petani dalam menentukan standar harga jual produk biji kakao tanpa atau dengan biaya pengemasan dan juga bertindak sebagai sumber informasi fluktuasi harga jual biji kakao setiap minggu.

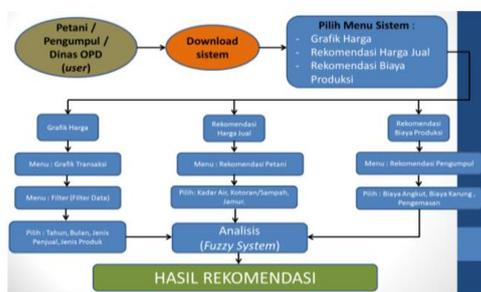
Sistem aplikasi rekomendasi harga jual biji kakao menggunakan tiga pelaku utama yang bertindak sebagai *user* yaitu dinas terkait (Dinas Perkebunan), petani (pelaku usaha) dan pengumpul (pembeli) (Gambar 1). User dapat mengakses secara mudah ke dalam sistem dan langsung dapat memperoleh informasi dari sistem aplikasi yaitu harga jual biji kakao, fluktuasi harga jual produk biji kakao dan rekomendasi harga jual produk biji kakao.



**Gambar 1.** Kerangka Pikir Sistem

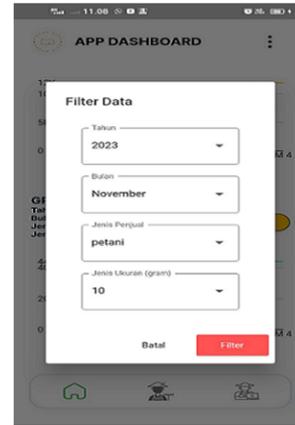
Karakteristik Sistem Informasi Rekomendasi Harga Jual Biji Kakao memuat standar harga jual produk biji kakao yang bersifat rekomendasi. Rekomendasi harga jual produk biji kakao diperoleh berdasarkan hasil perhitungan analisa sistem menggunakan algoritma fuzzy berdasarkan indikator (syarat) penentuan harga jual biji kakao yaitu kadar air, kotoran/sampah, jamur. Sistem aplikasi

ini juga memuat analisa perhitungan biaya produksi penjualan produk biji kakao melalui informasi syarat indikator biaya angkut, biaya karung dan biaya pengemasan. Seluruh syarat indikator perhitungan rekomendasi harga tersebut memuat rentang nilai untuk menghasilkan rentang harga rekomendasi jual produk biji kakao. Selain sebagai alat perhitungan penjualan produk biji kakao sistem aplikasi rekomendasi harga jual biji kakao juga dapat menjadi salah satu alat monitoring dan evaluasi terhadap pergerakan fluktuasi harga pasar untuk penjualan produk biji kakao (Gambar 2).



**Gambar 2.** Diagram Sistem

Aplikasi sistem informasi rekomendasi harga jual produk biji kakao terdiri dari tiga menu tampilan utama yaitu menu grafik harga produk, menu rekomendasi harga jual biji kakao dan menu rekomendasi biaya produksi biji kakao. Tampilan menu grafik harga produk biji kakao memuat informasi harga penjualan produk biji kakao setiap bulan dan setiap tahun secara aktual (*real time*). Tampilan menu grafik dapat memberikan informasi fluktuasi harga jual produk biji kakao. Menu dapat diakses oleh user yaitu dinas terkait, petani dan pembeli (pengumpul). Informasi dapat diperoleh melalui pemilihan rentang data (tahun, bulan, jenis penjual dan jenis/klasifikasi produk) yang dapat diakses oleh pengguna (*user*) menggunakan filter data (Gambar 3). Tampilan grafik harga jual produk biji kakao (mingguan) sesuai dengan informasi waktu dan jenis produk yang diinput pada menu filter data (Gambar 4).



**Gambar 3.** Tampilan Menu Filter Data Grafik Harga Jual Produk Biji Kakao

Tampilan menu rekomedasi harga biji kakao memuat syarat indikator stnadar harga jual produk biji kakao di tingkat petani ke pihak pengumpul (pembeli) yaitu kadar air dengan rentang nilai 7-10, kotoran (gram) dengan rentang nilai 0-3,5 dan kandungan jamur dengan rentang nilai 0-9 (gram). Menu rekomendasi harga petani ini dapat memberikan hasil nilai yang sesuai dengan fluktuasi harga jual produk biji kakao secara *real time* (aktual). Sistem dapat berproses setelah user menginput data sesuai dengan pemilihan rentang nilai kadar air, kotoran dan jamur (Gambar 5).



**Gambar 4.** Tampilan Menu Grafik Harga Jual Produk Biji Kakao



**Gambar 5.** Tampilan Menu Rekomendasi Harga Jual Produk Biji Kakao dengan Kadar air : 7, kotoran : 2 dan jamur : 2

Gambar 5 menampilkan data hasil nilai rekomendasi harga jual produk biji kakao berdasarkan pemilihan rentang nilai kadar air : 7, kotoran : 2 dan jamur : 2 melalui hasil analisa sistem fuzzy diperoleh nilai rekomendasi harga jual produk biji kakao sebesar Rp.37.500.

Sosialisasi dan pelatihan yang diikuti oleh anggota kelompok tani dilaksanakan dalam forum pertemuan antar kelompok usaha tani untuk meninjau sejauh mana petani sebagai *user* dalam memahami tujuan, prinsip, kebijakan, prosedur maupun hal-hal lain terkait sistem informasi harga dalam pemasaran digital produk hasil subsektor perkebunan biji kakao. Pengetahuan literasi digital perlu dipahami masyarakat khususnya petani sebagai pengguna internet. Literasi digital ini dapat meningkatkan kemampuan dalam berkomunikasi melalui media digital atau internet khususnya dalam mempromosikan dan menjual hasil pertanian biji kakao dengan kualitas dan harga yang bersaing (Novianti, 2023). Pertemuan ini menghasilkan informasi pokok rencana program proyek pengembangan sistem rekomendasi harga jual produk. Selanjutnya penggalan gagasan pelaku kegiatan menjadi panduan serangkaian tahapan kegiatan pengembangan teknis sistem di tingkat tim ahli TI.



**Gambar 6.** Kegiatan Sosialisasi dan Penggalan Gagasan Pelaku Kegiatan

Kegiatan sosialisasi dan penggalan gagasan pelaku kegiatan juga memberikan informasi terbaru melalui diskusi interaktif antar pemateri (fasilitator) dengan anggota kelompok sebagai pihak pengguna sistem informasi. Kebutuhan pengembangan sistem sesuai dengan pemanfaatannya sangat diperlukan sebagai inisiasi hasil produk sistem yang memiliki fungsi nilai guna dan nilai tambah manfaat dimasa depan. Identifikasi kebutuhan pengembangan sistem diperoleh berdasarkan beberapa indikator yaitu kekuatan dan kelemahan sistem, peluang pengembangan sistem dan ancaman yang dapat menghambat pemanfaatan sistem kedepan.

Kekuatan sistem informasi rekomendasi harga jual biji kakao berfokus pada penguatan daya tawar petani. Sistem ini mampu memberikan rekomendasi harga berbasis kualitas yang terstandarisasi secara nasional yaitu berdasarkan kandungan kadar air, kotoran dan kandungan jamur) sehingga petani dapat terbantu dalam mendapatkan nilai jual yang lebih adil dan objektif. Indikator yang dapat dinilai sistem dan diterjemahkan dalam bentuk angka terukur dapat memperkuat posisi tawar petani terhadap pengumpul.

Integrasi penggunaan teknologi AI melalui logika *fuzzy* memberikan pendekatan ilmiah dalam prediksi harga berbasis parameter teknis mutu kakao. Tingkat akurasi hingga 92% menunjukkan kinerja sistem yang baik dan layak dikembangkan lebih lanjut. Sistem informasi juga dirancang agar mudah diakses oleh petani, dengan informasi harga

mingguan yang bersifat *real-time*. Antar muka yang sederhana mendorong adopsi teknologi dikalangan petani yang mungkin belum terbiasa dengan sistem digital. Sistem prediksi harga dan peramalan dalam sektor pertanian menggunakan algoritma berbasis data sebagai pendekatan dalam menganalisis ketidakpastian situasi dan kondisi dalam bisnis pertanian (Hegde et al., 2023). Pendekatan partisipatif sangat diutamakan dalam pemanfaatan sistem informasi digital ini dimana terdapat pelibatan langsung kelompok tani dan pelatihan kepada pelaku usaha tani. Hal ini mendorong kepemilikan bersama (*shared ownership*) atas sistem yang dikembangkan.

Namun beberapa kelemahan sistem juga diprediksi sehingga pengembangan sistem sangat diperlukan di masa depan seperti tingkat akurasi sistem yang masih perlu ditingkatkan mengingat sistem saat ini masih memiliki akurasi 92% sehingga masih dibawah ambang target ideal minimal 95%. Dikhawatirkan hal ini bisa menimbulkan keraguan dari pihak pengguna dalam pengambilan keputusan harga jual. Fitur sensorik juga masih terbatas dan konsultatif sistem juga masih harus dikembangkan lebih interaktif. Alat sensor pengukuran kadar air dan kontaminan belum terintegrasi dalam sistem sehingga masih menyulitkan pengguna untuk dapat menentukan ukuran kadar air biji kakao secara mandiri. Fitur konsultasi interaktif juga sangat diperlukan seperti *chatbot* atau *expert system* bagi petani terkait pengendalian kualitas biji kakao dan penanganan hama.

Sistem penginputan basis data harga jual pasaran juga masih mengandalkan input data manual oleh pengguna (*user admin*) sehingga berpotensi menimbulkan kesalahan input jika tidak disertai pemahaman teknis yang cukup. Skala implementasi juga masih terbatas dimana lokasi uji coba sistem masih bersifat terbatas di kabupaten Kolaka Timur. Belum ada pengujian keberlanjutan pada wilayah lain dengan variasi ekosistem perdagangan kakao yang berbeda.

Beberapa peluang yang terbaca dalam pengembangan sistem informasi digital ini kedepan adalah sebagai salah satu program yang mendukung transformasi

digital sektor pertanian dimana program nasional "Petani Go Digital" sangat mengupayakan peningkatan dukungan pemerintah terhadap pertanian berbasis teknologi sehingga menjadi peluang besar untuk adopsi sistem ini secara luas. Sistem sangat berpotensi besar untuk terintegrasi dengan *e-commerce* dan *marketplace*. Sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk terhubung langsung dengan platform perdagangan online sehingga mempertemukan petani dengan konsumen akhir secara langsung. Terdapat ruang besar untuk pengembangan layanan tambahan dalam sistem seperti penambahan fitur klasifikasi otomatis mutu biji, konsultasi pertanian berbasis AI dan informasi pasar global kakao. Dibutuhkan kemitraan strategis untuk mewujudkan seluruh peluang pengembangan sistem ini. Potensi jalinan kerjasama dengan pihak swasta untuk memperlus akses teknologi dan pemodalannya terbuka lebar seperti *start-up agritech*, koperasi digital dan *fintech* pertanian.

Beberapa hal yang patut diwaspadai dalam pengembangan sistem informasi digital ini kedepannya terletak pada resistensi sosial dan teknologi dari petani. Adopsi teknologi baru seringkali mengalami hambatan di kalangan petani karena keterbatasan literasi digital, ketidakpercayaan terhadap sistem baru atau preferensi pada cara konvensional. Dominasi tengkulak dan distorsi harga pasar dapat melemahkan sistem informasi digital ini. Pihak pengumpul yang selama ini mendominasi rantai pasok bisa melakukan manuver pasar yang dapat menurunkan nilai guna sistem informasi digital, misalnya dengan menolak standar harga dari aplikasi.

Kesenjangan infrastruktur digital menunjukkan keterbatasan jaringan internet di beberapa daerah sentra biji kakao bisa menjadi kendala dalam penerapan sistem berbasis *real time* ini. Persaingan platform komersial yang lebih besar juga berpotensi mengancam keberlanjutan dari sistem ini. Jika tidak segera disempurnakan dan diperluas skalanya, sistem ini bisa kalah bersaing dengan platform *e-commerce* agribisnis yang lebih besar dan mapan yang mulai memasuki sektor hasil kebun.

Secara keseluruhan sistem prediksi harga kakao ini memiliki fondasi teknologi yang kuat serta potensi sosial-ekonomi yang tinggi dalam memperbaiki posisi tawar petani. Namun, penguatan kualitas teknis seperti akurasi dan sensorisasi, perluasan layanan, edukasi pengguna dan sinergi dengan ekosistem digital yang lebih luas adalah faktor penting yang harus dioptimalkan agar sistem ini dapat berfungsi secara berkelanjutan dan berdampak besar.

Strategi memanfaatkan kekuatan internal sistem untuk menangkap peluang eksternal adalah melakukan integrasi sistem dengan program pemerintah pusat dan daerah sebagai bagian dari transformasi digital pertanian berbasis data. Sangat diperlukan identifikasi tugas eksternal dan internal dari transformasi digital dalam kompleks agro industri untuk mencapai produksi yang sangat efisien (Agapitova et al., 2023). Sistem digital membantu mengurangi biaya, meningkatkan efisiensi perusahaan dan memperkuat respons perusahaan terhadap resiko ketidakpastian internal dan eksternal (Wajdah & Nurmalina, 2024). Peluang transformasi positif dan peran pemerintah sangat besar dalam mempercepat transformasi digital dalam sistem pangan pertanian (Schroeder et al., 2021).

Dimasa depan dibutuhkan strategi membangun konektivitas langsung dengan platform *e-commerce* nasional seperti shopee, TaniHub, dan Blibli melalui sistem API (*Application Programming Interface*) serta sinkronisasi sistem harga. Transformasi digital dalam sistem pangan pertanian memungkinkan praktik yang lebih efisien dan berkelanjutan termasuk aliran data lintas batas dan *e-commerce* (Vahdanjoo et al., 2025). Platform *e-commerce* menyediakan akses pasar baru bagi produsen pertanian, mengurangi biaya distribusi serta pentingnya integrasi alat digital (Rahmadani & Elinur, 2024). Percepatan era *e-commerce* untuk produk pertanian sebagai bagian dari keberlanjutan bisnis pertanian (Zulkifli et al., 2025).

Pengembangan fitur *dashboard* harga nasional dan regional berbasis data diperlukan sebagai alat rekomendasi kolektif untuk semua stakeholder.

Penggunaan pertanian berbasis data dibutuhkan untuk meningkatkan pengambilan keputusan dan efisiensi operasional (Maru et al., 2018). Sistem pendukung berbasis data yang cerdas berfungsi sebagai pengawasan dan kontrol real-time di lingkungan pertanian yang dapat memberikan wawasan dan rekomendasi cerdas kepada petani (Araujo et al., 2023).

Strategi mengatasi kelemahan dengan memanfaatkan peluang dalam pengembangan sistem informasi digital ini adalah dengan melakukan *upgrade* algoritma fuzzy menjadi sistem *hybrid* dengan *deep learning* untuk meningkatkan akurasi prediksi harga. Perkembangan teknologi sistem hybrid dan model *deep learning* terintegrasi AI dan sensor canggih mampu membuat keputusan penting (Future Today Strategy Group, 2025). Penggunaan teknik AI berbasis data, termasuk kombinasi AI dan IoT, untuk menganalisis pola data dan memprediksi peristiwa di masa depan, yang relevan dengan peningkatan akurasi prediksi (Ning & Rubin, 2021).

Fitur sensor mutu biji kakao melalui potensi dukungan mitra teknologi pada sensor agrikultur dapat dikembangkan melalui integrasi dengan sensor IoT (*Internet of Things*) untuk mengukur kadar air dan kontaminan kakao secara otomatis. Pengujian cepat di tempat untuk keamanan pangan membuktikan dan mendefinisikan IoT sebagai jaringan perangkat yang terhubung untuk mengumpulkan dan berbagi data, relevan dengan integrasi sensor untuk kualitas (Analysis, 2024). Teknologi "digital twins" berbasis IoT dapat membantu melacak kehilangan kualitas dalam rantai pasok makanan, yang mendukung penggunaan IoT untuk kontrol kualitas (Surdu & Sitepu, 2021).

Pengembangan modul pelatihan berbasis aplikasi (*Mobile Learning*) dan Bimbingan Teknis via Video/Chatbot Interaktif sebagai platform digital yang menciptakan peluang pembelajaran yang lebih fleksibel dan personal melalui kursus online dan validasi pengetahuan dalam mendukung konsep *mobile learning* dan pembelajaran berkelanjutan. Kemajuan dalam generator video AI berkualitas tinggi

dan diskusi tentang chatbot menunjukkan potensi untuk bimbingan teknis interaktif (Maslej, 2025). Pembentukan proyek percontohan perluasan sistem dapat dikembangkan melalui strategi nasional pertanian digital dan sistem pangan. Pemberdayaan peran mitra pembangunan strategis dalam mendukung transformasi sektor pertanian pedesaan melalui teknologi informasi dan komunikasi (TIK) (Asia, n.d.).

Kekuatan sistem untuk mengatasi ancaman melalui perluasan program edukasi digital dengan pelaksanaan program penyuluhan lapangan, radio lokal dan edukasi berbahasa daerah. Sangat penting untuk mengadopsi teknologi baru untuk literasi digital berbasis kearifan lokal bagi para petani untuk meningkatkan praktik pertanian dan relevan dengan perluasan edukasi digital (Cui et al., 2025). Literasi digital juga mendorong adopsi teknologi produksi hijau yang dapat dicapai melalui program edukasi (Liu et al., 2025). Peran radio komunitas dalam menyebarkan pengetahuan pertanian dan meningkatkan kualitas hidup didaerah pedesaan, termasuk melalui program pendidikan (Gumber, 2021). Radio komunitas dalam bahasa lokal efektif dalam menyampaikan informasi pertanian kepada petani (Ankuyi et al., 2023).

Menggunakan data sistem sebagai dasar pengawasan pemerintah untuk menjaga *fair price* dan transparansi harga di pasar lokal serta membangun mode akses *offline-semi online* dengan metode sinkronisasi saat sinyal tersedia dan meningkatkan kerjasama dengan penyedia layanan telekomunikasi lokal untuk paket internet subsidi pertanian. Pertanian berbasis data dapat membantu petani kecil menegosiasikan harga yang lebih baik dan meningkatkan nilai bisnis hasil produk (Maru et al., 2018).

Konsep pengawasan harga untuk menjaga nilai bisnis hasil produk memerlukan peran data besar AI dan *blockchain* dalam menciptakan rantai pasokan yang transparan dan dapat dilacak. Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) dapat mengurangi asimetri informasi dan meningkatkan transparansi pasar dalam rantai nilai pertanian yang krusial untuk menjaga harga

yang adil (FAO, 2010). Pemanfaatan teknologi USSD (*Unstructured Supplementary Service Data Application*) yang dapat diakses secara *offline* menjadi pengembangan yang bisa dimanfaatkan karena lebih fleksibel terhadap sinkronisasi sinyal (Ojo & Ogundare, 2018). Konsep sinkronisasi data saat koneksi tersedia sangat relevan dengan kebutuhan akses *semi-online* bagi petani (<https://preludeedc.com/solutions/offline-data-collection/>).

Tantangan kedepan pada literasi digital untuk komunitas pedesaan berada pada akses internet yang masih terbatas. Dukungan kebijakan subsidi internet untuk daerah yang kurang terlayani memberikan kemudahan akses bagi para petani di komunitas pedesaan (Utoyo, 2025). Program kebijakan pemerintah untuk memperluas penyebaran *broadband* di daerah pedesaan melalui program hibah dan pinjaman sebagai model kemitraan antara pemerintah dan penyedia telekomunikasi bagi akses internet di daerah pertanian (<https://www.rd.usda.gov/programs/services/telecommunications-programs>). Hal ini meninjau pemanfaatan infrastruktur digital dan literasi digital dapat mengurangi kesenjangan informasi dan biaya transaksi bagi petani (Chen et al., 2024).

Beberapa strategi dalam mengurangi kelemahan dan menghindari ancaman pada pengembangan sistem informasi harga produk untuk meningkatkan nilai bisnis dengan membangun sistem komunikasi dua arah seperti fitur "tanya konsultan pertanian" dan diskusi antar petani di aplikasi. Komunikasi informasi pertanian secara *online* mempengaruhi mata pencaharian petani, yang secara langsung mendukung manfaat dari fitur komunikasi dua arah seperti konsultasi dan diskusi (Sarabia & Peris, 2024). Perilaku interaksi *online* petani di jejaring sosial secara objektif sangat relevan dengan fitur diskusi antar petani di aplikasi. Penggunaan platform pertanian digital mempengaruhi pendapatan petani. Platform ini biasanya menyertakan fitur komunikasi dan informasi (Papadakis et al., 2023). Beberapa pengembangan aplikasi seluler untuk layanan penyuluhan pertanian seringkali mencakup fitur "tanya ahli" atau konsultasi.

Pengembangan sertifikasi kualitas digital berbasis sistem seperti *barcode* mutu digital yang bisa digunakan oleh pembeli sebagai jaminan kualitas. Peningkatan nilai bisnis produk bagi petani melalui sistem informasi produk ditinjau dari dampak digitalisasi pada rantai pasok pertanian adalah mengaplikasikan informasi harga yang transparan dan komunikasi yang efisien (Sakib et al., 2024). Meskipun fokus utama pengembangan sistem berada pada prediksi harga tapi keberadaan model prediksi ini menunjukkan pentingnya data harga untuk petani. Sistem informasi harga yang akurat dan mudah diakses dapat membantu petani membuat keputusan bisnis yang lebih baik. Peningkatan nilai bisnis yang baik diukur pada sejauh mana akses informasi pasar dan harga mempengaruhi partisipasi petani kecil dalam pasar dan pendapatan mereka (Economics & Library, n.d.). Desain sistem informasi pertanian untuk petani kecil seringkali mencakup komponen harga dan pertukaran informasi (Díez-González et al., 2020). Fitur unik lokal dibutuhkan seperti sistem klasifikasi varietas kakao lokal, promosi budaya lokal atau branding geoindikasi kakao Sultra sebagai nilai tambah kompetitif.

#### 4. KESIMPULAN

Penerapan sistem informasi rekomendasi harga berbasis *Artificial Intelligence* dengan algoritma *fuzzy logic* secara nyata mampu meningkatkan posisi tawar dan pendapatan petani kakao di Sulawesi Tenggara. Sistem ini memfasilitasi transparansi harga, memungkinkan prediksi harga berbasis kualitas biji (kadar air, kotoran, jamur) serta mendukung pengambilan kebijakan berbasis data oleh pemerintah daerah. Dengan akurasi 92% dan bentuk aplikasi *mobile* yang mudah diakses, sistem ini memberikan dampak positif terhadap literasi digital petani, efisiensi distribusi serta peluang integrasi dengan *e-commerce* dan sensor IoT. Meskipun masih terdapat tantangan seperti keterbatasan infrastruktur digital dan resistensi adopsi teknologi, strategi penguatan teknis, edukasi digital berbasis kearifan lokal, serta kolaborasi dengan berbagai mitra pembangunan menjadi kunci penting untuk menjadikan

sistem ini solusi digital berkelanjutan dalam meningkatkan kesejahteraan petani dan daya saing sektor pertanian daerah.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Agapitova, L., Butorina, G., Larionova, N., & Medvedeva, L. (2023). Digital transformation of the agro-industrial complex as a transition to highly efficient production. *E3S Web of Conferences*, 390. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339003023>
- Analysis, R. L. (2024). *Trace-2-Place*. April.
- Ankuyi, F., Tham-Agyekum, E. K., Bakang, J.-E. A., Quayson, N., Okantah, D., Hope, T., Osei-Nyarko, J., & Wesley, R. R. (2023). Local Voices for Cocoa Production: Experiences of Ghanaian Cocoa Farmers on Community Radio. *International Journal on Food, Agriculture and Natural Resources*, 4(1), 34–43. <https://doi.org/10.46676/ijfanres.v4i1.126>
- Araujo, S. O., Peres, R. S., Filipe, L., Manta-Costa, A., Lidon, F., Ramalho, J. C., & Barata, J. (2023). Intelligent Data-Driven Decision Support for Agricultural Systems-ID3SAS. *IEEE Access*, 11, 115798–115815. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3324813>
- Asia, A. (n.d.). *Regional United Nations Group for Europe and Central Asia on Digital Transformation Supporting Digital Transformation in Europe and Central Asia: Accelerating Achievement of Sustainable Development Goals Regional United Nations Group for Europe and Central Asia*. March 2021.
- Ben-Shahar, O. (2009). A bargaining power theory of default rules. *Columbia Law Review*, 109(2), 396–430.
- Chen, J., Hou, H., Liao, Z., & Wang, L. (2024). Digital Environment, Digital Literacy, and Farmers' Entrepreneurial Behavior: A Discussion on Bridging the Digital Divide. *Sustainability (Switzerland)*, 16(23), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su162310220>
- Cui, X., Yang, J., Fan, Z., & Wang, Y. (2025). *Does the Improvement of Farmers'*

- Digital Literacy Restrain Their Opportunistic Behavior When They Choose Pest Control Methods in Certified Agro-Products ?* 1–28.
- Díez-González, J., Verde, P., Ferrero-Guillén, R., Álvarez, R., & Pérez, H. (2020). Hybrid memetic algorithm for the node location problem in local positioning systems. *Sensors (Switzerland)*, 20(19), 1–26. <https://doi.org/10.3390/s20195475>
- Economics, A., & Library, D. (n.d.). *This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search . Help ensure our sustainability . Agricultural Price Forecasting Using Neural Network Model : An.*
- FAO. (2010). *The Role of Information and Communication Technologies (ICTs) in the Improvement of Agricultural Value Chains.* 1–2.
- Future Today Strategy Group. (2025). *2025 Tech Trends Report.* 1–979. <https://futuretodayinstitute.com/reports/>
- Goñas, M., Rojas-Briceño, N. B., Gómez Fernández, D., Iliquín Trigo, D., Atalaya Marin, N., Bravo, V. C., Díaz-Valderrama, J. R., Maicelo-Quintana, J. L., & Oliva-Cruz, M. (2024). Economic Profitability of Carbon Sequestration of Fine-Aroma Cacao Agroforestry Systems in Amazonas, Peru. *Forests*, 15(3), 1–17. <https://doi.org/10.3390/f15030500>
- Gumber, P. (2021). *Role Of Community Radios In Rural Development: A Quantitative Investigation.* 20(6), 5038–5045. <https://doi.org/10.17051/ilkonline.2021.06.493>
- Hegde, G., Hulipalled, V. R., & Simha, J. B. (2023). Data driven algorithm selection to predict agriculture commodities price. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 13(4), 4671–4682. <https://doi.org/10.11591/ijece.v13i4.pp4671-4682>
- Kanellos, N., Karountzos, P., Giannakopoulos, N. T., Terzi, M. C., & Sakas, D. P. (2024). Digital Marketing Strategies and Profitability in the Agri-Food Industry: Resource Efficiency and Value Chains. *Sustainability (Switzerland)*, 16(14). <https://doi.org/10.3390/su16145889>
- Kumar, P. B. P., Rao, K. T., Bharathalakshmi, M., & Rambabu, P. (2023). Digital marketing of agriculture inputs- An institutional success story. *International Journal of Agricultural Sciences*, 19(2), 737–739. <https://doi.org/10.15740/has/ijas/19.2/737-739>
- Ladhar, R., Sharma, S., Tangirala, S., Gupta, N., Azeem, A., Jain, A., Katakam, B. C., Bommakanti, A., Sankaraiah, C., Piridi, H. P., Yadav, K., Vittalrao, K., Rahman, M., Chutani, R., Shah, R., Katepallewar, R., Chakraborty, D., & Seth, A. (2023). AI-based Market Intelligence Systems for Farmer Collectives: A Case Study from India. *ACM Journal on Computing and Sustainable Societies*, 1(1), 1–32. <https://doi.org/10.1145/3609262>
- Liu, H., Chen, Z., Wen, S., Zhang, J., & Xia, X. (2025). Impact of Digital Literacy on Farmers' Adoption Behaviors of Green Production Technologies. *Agriculture (Switzerland)*, 15(3). <https://doi.org/10.3390/agriculture15030303>
- Lutsii, O., & Helevei, O. (2023). Formation of Components of the Marketing Information System for Agricultural Products Using Big Data Methods. *Oblik i Finansii*, 3(3(101)), 145–151. [https://doi.org/10.33146/2307-9878-2023-3\(101\)-145-151](https://doi.org/10.33146/2307-9878-2023-3(101)-145-151)
- Maina, F., Mburu, J., & Nyang'anga, H. (2024). Drivers of extent of commercialization of potato farming through digital marketing platforms in Nakuru County, Kenya. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8(February). <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1307978>
- Maru, A., Berne, D., Beer, J. De, Ballantyne, P., Pesce, V., Kalyesubula, S., Fourie, N., Addison, C., Collett, A., Chaves, J., Maru, A., Berne, D., De Beer, J., Ballantyne, P., Pesce, V., Kalyesubula, S., Fourie, N., Addison, C., Collett, A., & Chaves, J. (2018). Digital and Data-

- Driven Agriculture: Harnessing the Power of Data for Smallholders. *F1000Research* 2018 7:525, 7, 525. <https://f1000research.com/documents/7-525>
- Maslej, N. (2025). Artificial Intelligence Index Report Introduction to the AI Index Report 2025 GP-003. *Artificial Intelligence Index Report 2025*, 1–456. [https://hai-production.s3.amazonaws.com/files/hai\\_ai\\_index\\_report\\_2025.pdf](https://hai-production.s3.amazonaws.com/files/hai_ai_index_report_2025.pdf)
- Ning, K., & Rubin, J. (2021). *Data driven artificial intelligence techniques in renewable energy system. 1999*. <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/132891>
- Novianti, E. (2023). Akselerasi Literasi Digital Sebagai Pengembangan Komunikasi Pariwisata Pada Kawasan Geopark Bandung. *Dharmakarya*, 12(2), 290. <https://doi.org/10.24198/dharmakarya.v12i2.43327>
- Ojo, A. K., & Ogundare, M. A. (2018). Offline Accessible System for Agricultural E-Commerce Using Unstructured Supplementary Services Data Application. *International Journal of Computer Science and Telecommunications*, 9(6), 5–11.
- Pamungkas, R. J., Haryanto, H., Astuti, S., Astuti, E. Z., & Rahayu, Y. (2020). Rekomendasi Penentuan Harga Jual Untuk Warangka Keris Menggunakan Logika Fuzzy Mamdani. *Jurnal Ilmu Komputer*, 13(1). <https://doi.org/10.24843/jik.2020.v13.i01.p06>
- Papadakis, I. E., Ladikou, E. V., Oikonomou, A., Chatzistathis, T., & Chatziperou, G. (2023). Exploring the Impact of Potassium on Growth, Photosynthetic Performance, and Nutritional Status of Lemon Trees (cv. Adamopoulou) Grafted onto Sour Orange and Volkamer Lemon Rootstocks. *Sustainability (Switzerland)*, 15(22). <https://doi.org/10.3390/su152215858>
- Pavithra, S., Gracy, C. P., Saxena, R., & Patil, G. G. (2018). Innovations in agricultural marketing: a case study of e-tendering system in Karnataka, India. *Agricultural Economics Research Review*, 31(1). <https://doi.org/10.5958/0974-0279.2018.00005.8>
- Puspitafuri C; Kasmawati. (2025). INTEGRASI ARTIFICIAL INTELLIGENCE UNTUK PREDIKSI HARGA BIJI KAKAO DAN E-COMMERCE DALAM MENINGKATKAN NILAI JUAL PETANI. *Jurnal Bisnis Digital*, 1(1), 44–54.
- Rahmadani, E., & Elinur, E. (2024). Digital Marketing Strategies in Increasing the Competitiveness of Agricultural Products in the Digital Economy Era. *Global International Journal of Innovative Research*, 2(9), 2152–2164. <https://doi.org/10.59613/global.v2i9.307>
- Saberi, S., Kouhizadeh, M., Sarkis, J., & Shen, L. (2019). Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*, 57(7). <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1533261>
- Sakib, N., Bakibillah, A. S. M., Susilawati, S., Kamal, M. A. S., & Yamada, K. (2024). Eco-Friendly Smart Car Parking Management System with Enhanced Sustainability. *Sustainability (Switzerland)*, 16(10), 1–14. <https://doi.org/10.3390/su16104145>
- Sarabia, N., & Peris, J. (2024). Emergence and Development of Transformative Capacities for the Sustainability of the Agri-Food System: The Process in Valdivia, Chile. *Sustainability (Switzerland)*, 16(11). <https://doi.org/10.3390/su16114849>
- Sari, M., Saediman, H., & Limi, M. A. (2019). Analisis Perbedaan Produksi dan Pendapatan Usahatani Kakao Petani Anggota dan Non Anggota LEM (Lembaga Ekonomi Masyarakat) Sejahtera di Kecamatan Besulutu Kabupaten Konawe. *Jurnal Ilmiah Membangun Desa Dan Pertanian*, 4(5). <https://doi.org/10.33772/jimdp.v4i5.8119>
- Schroeder, K., Lampietti, J., & Elabed, G. (2021). *What 's Cooking : Digital*

- Transformation of the Agrifood System. AGRICULTURE AND FOOD SERIES.*
- Snyder, L. V., & Shen, Z. J. M. (2019). Fundamentals of supply chain theory, second edition. In *Fundamentals of Supply Chain Theory*.  
<https://doi.org/10.1002/9781119584445>
- Surdu, A., & Sitepu, F. M. (2021). Environmental Sustainability of the Digitalized Food Supply Chains in Indonesia. *Lup.Lub.Lu.Se*.  
<https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=9065829&fileId=9065831>
- Teresa, M., Lirag, B., Isabel, R., & Ramirez, S. (2024). *Market Landscape and Digital Presence of Cacao-based Products in Bicol Region , Philippines*. 24(11), 178–189.
- Utoyo, D. B. (2025). *Empowering Rural Communities through Digital Literacy : An Empirical Study of Former Women Migrant Workers in Panjer Village , Kebumen - Indonesia* (Issue Icispe 2024). Atlantis Press SARL. <https://doi.org/10.2991/978-2-38476-436-5>
- Vahdanjoo, M., Sørensen, C. G., & Nørremark, M. (2025). Digital transformation of the agri-food system. *Current Opinion in Food Science*, 63, 101287.  
<https://doi.org/10.1016/j.cofs.2025.101287>
- Wajdah, R. R., & Nurmalina, R. (2024). Transformation Digital Supply Chain Management in Agriculture: A Systematic Literature Review. *Prosiding Seminar Nasional Forum Manajemen Indonesia - e-ISSN 3026-4499*, 2(February), 908–922.  
<https://doi.org/10.47747/snfmi.v2i1.2076>
- Wang, Y., Weng, F., & Huo, X. (2023). Can Digital Finance Promote Professional Farmers' Income Growth in China?—An Examination Based on the Perspective of Income Structure. *Agriculture (Switzerland)*, 13(5).  
<https://doi.org/10.3390/agriculture13051103>
- Wiyono, S. N., Kusumo, R. A. B., Hermita, S. A., & Utami, H. N. (2024). *SOSIALISASI PROSEDUR OPERASIONAL STANDAR PRODUKSI PADI BERKUALITAS SEBAGAI UPAYA PENINGKATAN PENGETAHUAN PETANI DI KABUPATEN INDRAMAYU*. 262–267.
- Zulkifli, Hakim, A., Soekotjo, E., Yusuf, Samdin, Zaid, S., Saefuddin, D. T., Madjid, R., & Rommy, N. (2025). Digital Strategy, Digital Leadership, Organizational Agility, and Digital Transformation for Agricultural Business Sustainability: A Human Resource Management Review. *Journal of Global Innovations in Agricultural Sciences*, 13(1), 273–283.  
<https://doi.org/10.22194/JGIAS/25.1526>