

INTEGRASI ARTIFICIAL INTELLIGENCE UNTUK PREDIKSI HARGA BIJI KAKAO DAN E-COMMERCE DALAM MENINGKATKAN NILAI JUAL PETANI

Cindy Puspitafuri^{1*}, Kasmawati²

¹²Badan Riset dan Inovasi Daerah Provinsi Sulawesi Tenggara, Indonesia

Corresponding Author : Cindy Puspitafuri indytafuri@gmail.com

ARTICLE INFO

Kata Kunci: Kakao; Artificial Intelligence; Fuzzy Logic; E-Commerce; Petani.

Received : 28, Mei 2025

Revised : 28, Mei 2025

Accepted: 30, Mei 2025

Published: 02, Juni 2025

©2025The Author(s): This is an open-access article distributed under the terms of the [Creative Commons Atribusi 4.0 Internasional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



ABSTRAK

Harga jual biji kakao di tingkat petani sering kali tidak mencerminkan kualitas sebenarnya, akibat keterbatasan akses informasi dan dominasi tengkulak dalam rantai distribusi. Penelitian ini menawarkan solusi dengan mengembangkan sistem digital berbasis Artificial Intelligence (AI) dan algoritma fuzzy logic, yang terintegrasi ke dalam platform e-commerce. Sistem ini dirancang untuk membantu petani menentukan harga jual yang adil berdasarkan kualitas biji kakao seperti kadar air, kebersihan dan tingkat fermentasi. Hasil harga prediktif yang muncul dapat digunakan sebagai acuan saat petani berinteraksi langsung dengan pembeli, tanpa perantara. Platform juga menyediakan fitur edukasi dan informasi digital untuk meningkatkan literasi petani. Pendekatan ini memperkuat posisi tawar petani, menciptakan transparansi harga, dan membuka akses pasar yang lebih luas. Inovasi ini diharapkan membentuk ekosistem agribisnis digital yang tidak hanya cerdas secara teknologi, tapi juga adil dan berpihak pada kesejahteraan petani.

ABSTRACT

The selling price of cocoa beans at the farm level often does not reflect the actual quality, due to limited access to information and the dominance of middlemen in the distribution chain. This research offers a solution by developing a digital system based on Artificial Intelligence (AI) and fuzzy logic algorithms, integrated into an e-commerce platform. The system is designed to help farmers determine a fair selling price based on the quality of cocoa beans such as moisture content, cleanliness and fermentation level. The resulting predictive price can be used as a reference when farmers interact directly with buyers, without intermediaries. The platform also provides digital education and information features to improve farmer literacy. This approach strengthens farmers' bargaining position, creates price transparency, and opens wider market access. This innovation is expected to form a digital agribusiness ecosystem that is not only technologically smart, but also fair and in favor of farmers' welfare.

PENDAHULUAN

Harga jual biji kakao yang tidak sebanding dengan kualitas produk telah menjadi masalah klasik di Sulawesi Tenggara. Harga jual biji kakao masih belum mencerminkan kualitas produk yang dihasilkan oleh petani. Kesenjangan signifikan terjadi antara harga yang diterima oleh petani dengan harga yang ditetapkan oleh pengumpul atau tengkulak. Hal ini disebabkan oleh karena petani masih sangat bergantung pada tengkulak dan minim akses informasi pasar. Padahal, potensi kakao daerah ini sangat besar. Misalnya, rata-rata harga jual biji kakao di kecamatan Besulutu, Kabupaten Konawe hanya mencapai sekitaran Rp.11.847/kg. Harga ini sangat rendah jika dibandingkan dengan standar harga di wilayah sentra produksi lainnya yang bisa mencapai Rp.26.000/kg. Permasalahan timbul karena adanya sistem pemasaran tradisional yang panjang dan kurang transparan. Hampir seluruh petani bergantung pada tengkulak sebagai satu-satunya saluran distribusi. Akibatnya, meskipun produk mereka layak ekspor namun nilai ekonominya tidak maksimal. Bahkan terjadi selisih harga hingga Rp.5000 per kilogram antara tingkat petani dan pengumpul. Fenomena ini menunjukkan rendahnya posisi tawar petani dalam rantai nilai komoditas kakao. Hal ini sejalan dengan teori *value chain* dari Porter (*Competitive Advantage creative and susta Porter 1985 First Chapter*, n.d.). Teori ini menjelaskan bahwa aktor di bagian hulu (dalam hal ini petani) sering kali memperoleh nilai ekonomi yang lebih kecil dibandingkan aktor hilir (seperti pedagang besar atau pengepul) yang mengendalikan akses pasar dan informasi.

Fenomena ketimpangan harga jual biji kakao antara petani lokal di kecamatan Besulutu dengan harga pasar wilayah lain terdapat perbedaan hampir dua kali lipat. Sehingga hal tersebut menjadi argumen kuat bahwa sistem pemasaran tradisional perlu direformasi melalui digitalisasi penerapan bisnis pemasaran berdasarkan sistem rekomendasi harga berbasis kualitas. Dalam upaya mengatasi ketimpangan ini, pendekatan berbasis teknologi seperti sistem pemasaran digital dan penerapan *fuzzy logic* menjadi sangat relevan. Disini metode *fuzzy logic* memainkan peran penting. Logika *fuzzy* merupakan metode kecerdasan buatan yang mampu menangani data yang ambigu dan tidak pasti (Setia & Prasetyaningrum, 2019). Dalam studi ini standar kualitas biji kakao seperti kadar air, kebersihan dan tingkat fermentasi biji kakao akan diubah menjadi nilai prediktif harga yang konkrit. Sistem pemasaran digital dengan penerapan *fuzzy logic* dapat memberikan rekomendasi harga berbasis kualitas produk (kadar air, fermentasi dan kebersihan biji) secara objektif. Dalam sistem yang dikembangkan, untuk data inputan berupa standar kualitas biji kakao akan diproses melalui algoritma *fuzzy* untuk menghasilkan rekomendasi harga jual yang layak bagi petani. Hasil *output* sistem ini mendukung teori *information asymmetry* yang dinyatakan oleh Akerlof, 1970 yang menyatakan bahwa ketimpangan informasi antara penjual dan pembeli menyebabkan pasar tidak

efisien (Arkelof, 1970). Dengan sistem yang adil dan transparan maka nilai tawar petani akan meningkat dan potensi pasar yang lebih luas dapat dijangkau.

Sistem yang adil dan transparan dalam konteks pengembangan pemasaran digital produk pertanian, khususnya kakao di Sulawesi Tenggara merupakan sebuah sistem yang secara menyeluruh mampu memperjuangkan keadilan bagi petani dalam rantai distribusi hasil produksi. Ketika sistem dirancang dan dijalankan secara inklusif, maka petani tidak lagi menjadi pihak yang paling lemah dalam proses penentuan harga dan akses pasar. Sebaliknya mereka justru memperoleh posisi yang lebih kuat karena keterlibatan mereka secara langsung dalam transaksi pasar berbasis digital yang memungkinkan interaksi tanpa perantara dengan konsumen akhir. Sistem yang adil ditandai dengan keterbukaan informasi harga, mutu dan proses transaksi yang tidak berpihak pada satu pihak saja. Transparansi diwujudkan melalui penerapan teknologi sistem berbasis data yang memungkinkan pelacakan seluruh proses distribusi dari petani hingga ke pembeli. Semua pihak dalam rantai pasok dapat mengakses data yang sama, menghilangkan praktik manipulatif, dan membangun kepercayaan antara petani dan konsumen. Hal ini berdampak langsung pada peningkatan nilai tawar petani karena pembeli dapat mengetahui kualitas dan asal-usul produk secara langsung dan *real-time*.

Sistem bisnis digital yang adil dan transparan juga membuka peluang pasar yang lebih luas. Tidak lagi bergantung pada pasar lokal yang terbatas, petani diharapkan dapat menjual produknya ke luar daerah secara nasional dengan kemasan dan nilai yang lebih tinggi. Platform sistem pemasaran digital dirancang secara khusus untuk petani tidak hanya menyediakan fitur transaksi tapi juga menyediakan fitur edukasi digital untuk meningkatkan literasi inovasi, memperkuat branding petani dan memperluas jejaring pemasaran. Dalam studi ini Langkah konkrit untuk mewujudkan sistem bisnis digital yang berkeadilan adalah dengan mengembangkan sistem rekomendasi harga berbasis kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*), tepatnya dengan metode *fuzzy logic*. Sistem logika fuzzy mengkalkulasi harga biji kakao berdasarkan parameter objektif seperti kadar air, kebersihan dan tingkat fermentasi. Dengan demikian, harga tidak lagi ditentukan semata oleh pedagang pengumpul, melainkan melalui pendekatan ilmiah yang berbasis mutu sehingga harga jual di tingkat petani lebih pantas dan logis. Melalui elemen tersebut, transparansi harga, kontrol petani terhadap distribusi, sistem penilaian mutu berbasis teknologi dan edukasi berbasis pengetahuan akan terbentuk sistem digital bisnis pemasaran yang tidak hanya berfungsi sebagai alat transaksi tetapi juga sebagai alat pemberdayaan petani, memperbaiki pasar dan meningkatkan kesejahteraan petani. Oleh karena itu maka kajian ini disusun untuk mengembangkan model sistem pemasaran digital yang tidak hanya memperlancar transaksi, tetapi juga memberdayakan petani dan menjadi instrumen kebijakan pembangunan ekonomi berbasis data.

TINJAUAN PUSTAKA

Sistem pemasaran digital pertanian awalnya berkembang dalam bentuk *e-marketplace*, yang pada dasarnya hanya berfungsi sebagai platform pertemuan antara penjual (petani) dan pembeli (konsumen atau distributor). Dalam model ini, *e-marketplace* hanya menyediakan tempat, tetapi tidak mengelola secara *end-to-end*. Sistem ini sangat bergantung pada keaktifan pengguna, tanpa intervensi cerdas dari sistem untuk membantu pengambilan Keputusan. Namun, perkembangan kebutuhan petani dalam menghadapi persaingan harga, akses mutu produk dan integrasi logistik, mendorong evolusi dari sistem statis ini menuju model *e-commerce* adaptif. *E-commerce* adaptif tidak hanya menyajikan fitur jual beli, tetapi mampu menyesuaikan layanannya berdasarkan karakteristik pengguna dan kondisi pasar.

Strategi bisnis pemasaran dalam era digital tidak cukup hanya mempertemukan penjual dan pembeli. Pemasaran harus berbasis teknologi untuk membangun keunggulan kompetitif, memperluas akses pasar serta meningkatkan nilai tambah produk (Asawawibul et al., 2025). Misalnya, sistem secara otomatis merekomendasikan harga terbaik, menyesuaikan tampilan produk berdasarkan preferensi pembeli dan menghubungkan petani dengan mitra distribusi terpercaya. *E-commerce* adaptif juga menyertakan fitur prediktif dan personalisasi berbasis *Artificial Intelligence* sehingga bisa menjadi *decision support system* (DSS) yang *responsive*, bukan sekedar katalog produk. *E-commerce* adaptif memanfaatkan teknologi kecerdasan buatan untuk memahami perilaku pengguna, menyesuaikan kecerdasan buatan untuk memahami perilaku pengguna, menyesuaikan rekomendasi produk dan meningkatkan efisiensi rantai pasok berbasis data riil. *E-commerce* pertanian memotong rantai pasok tradisional yang panjang, mengurangi ketergantungan pada tengkulak dan mempercepat distribusi produk ke pasar nasional atau global (Li et al., 2023).

Sistem tersebut sangat krusial dalam dunia pertanian, karena karakteristik produk yang musiman, sensitif mutu dan volatilitas harga pasar mengharuskan adanya kecepatan adaptasi informasi (Kim & Yum, 2024). Dalam konteks bisnis pemasaran digital produk biji kakao sistem ini tidak hanya menampilkan harga jual biji kakao tetapi juga menyarankan strategi penetapan harga, paket distribusi terbaik dan kanal promosi yang sesuai berdasarkan performa data riil. Menghadapai tantangan dalam studi ini dimana konteks rantai nilai biji kakao di Sulawesi Tenggara mengalami ketimpangan antara petani sebagai sektor aktor hulu menerima nilai paling kecil dan pengumpul sebagai aktor hilir yang mengontrol akses informasi pasar.

Sebagaimana dijelaskan oleh Porter dalam teorinya bahwa *value chain* berperan dalam menilai distribusi nilai tambah dari hulu ke hilir dalam aktivitas ekonomi (*Competitive Advantage creative and susta Porter 1985 First Chapter*, n.d.). Porter menunjukkan bagaimana nilai tambah sering kali tidak didistribusikan secara adil di sepanjang rantai pasok, terutama kepada aktor

hulu seperti petani. Intervensi berbasis teknologi sangat diperlukan dalam *value chain* untuk memperbaiki ketidakadilan distribusi nilai, khususnya bagi aktor hulu seperti petani (Kaplinsky & Morris, 2000). Petani biji kakao di Sulawesi Tenggara dalam studi ini digambarkan mengalami kondisi serupa. Mereka menghasilkan produk dengan kualitas ekspor tetapi menerima nilai ekonomi yang jauh dari proposional karena dominasi informasi dan akses oleh pengumpul. Masalah klasik lainnya dalam ekonomi pertanian adalah ketimpangan antara penjual (petani) dan pembeli (tengkulak/pengumpul atau pasar) yang dapat dipahami melalui lensa teori asimetri informasi dari George A. Akerlof yang menguraikan bahwa ketika satu pihak memiliki informasi lebih baik daripada pihak lainnya maka pasar akan mengalami kegagalan (Akerlof, 1970). Hal ini tergambar jelas dalam pasar produk biji kakao tradisional yang tertutup dan penuh ketidakpastian. Dengan mengadopsi sistem yang berbasis pada logika dan data terbuka dalam studi ini maka ketimpangan tersebut bisa dikurangi secara signifikan.

Pemanfaatan teknologi logika fuzzy (*fuzzy logic*) *big data* sebagai elemen utama dalam sistem kecerdasan buatan sistem prediksi harga biji kakao berbasis mutu merupakan pendekatan ilmiah sebagai standar penilaian mutu produk pertanian. Setia dan prastyaningrum (2019) dalam studi mereka menyatakan bahwa logika fuzzy adalah konsep pendekatan pengambilan Keputusan berbasis data yang tidak pasti dan ambigu, dalam kondisi ini secara umum mengukur nilai mutu produk pertanian (Setia & Prasetyaningrum, 2019). Penggunaan *big data* dalam teknologi analisis logika *fuzzy* pada bidang smart farming memungkinkan transparansi rantai pasok, prediksi harga pasar serta pengambilan keputusan berbasis data *real-time* (Wolfert et al., 2017). Teknologi *fuzzy logic* sendiri, sebagaimana dijelaskan oleh Ross (2010) menawarkan cara untuk mengubah parameter mutu yang bersifat subjektif seperti kadar air atau tingkat fermentasi menjadi data kuantitatif yang dapat diolah untuk pengambilan keputusan otomatis. *Fuzzy Logic* membantu pertanian dengan prediksi mutu, rekomendasi harga, dan otomatisasi keputusan berbasis parameter kualitas produk (Johan et al., 2021).

Dengan menggunakan *fuzzy inference system*, ketidakpastian dalam penilaian kualitas biji kakao dapat diatasi sehingga rekomendasi harga menjadi lebih objektif dan konsisten (Ross, 2010). Pendekatan parameter mutu seperti kadar air, fermentasi dan kebersihan biji kakao diolah menjadi nilai kuantitatif yang menjadi dasar penetapan harga secara objektif. Sistem digital yang adil, transparan dan berbasis data dalam konteks agrikultur tidak hanya bergelut dalam konsep efisiensi transaksi, namun juga pemberdayaan petani melalui penguasaan teknologi dan informasi (Bakator et al., 2023). Sangat penting untuk menekankan integrasi teknologi canggi seperti AI untuk mendukung kepentingan manusia dalam hal ini petani dimana bukan sekedar profit semata. Pendekatan “humanistik digital” menjadi jiwa dari platform bisnis digital pemasaran yang dikembangkan dalam studi ini. Pengembangan sistem bisnis pemasaran digital menekankan transparansi dan desentralisasi kendali

informasi (Treiblmaier, n.d.). Floridi et al.(2018) menggarisbawahi bahwa sistem AI harus dikembangkan dengan mempertimbangkan nilai-nilai keadilan, transparansi dan keberdayaan manusia sebagai pengguna akhir (Floridi et al., 2018).

METODOLOGI

Studi ini menggunakan pendekatan kualitatif eksploratif dengan tujuan memahami secara mendalam dinamika ketimpangan sistem pemasaran biji kakao di tingkat petani, sekaligus menggali potensi integrasi teknologi digital berbasis *Artificial Intelligence* dalam memperbaiki rantai distribusi produk. Pendekatan ini dipilih untuk menangkap realitas sosial, ekonomi, dan teknologi dari perspektif pelaku utama, yaitu petani kakao, koperasi, pemerintah daerah, serta aktor distribusi lokal. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan triangulasi yaitu mengkombinasikan hasil data dari kajian literatur, wawancara mendalam dan observasi lapangan langsung.

Kajian literatur diperlukan untuk menyeleksi dan mengelola sumber akademik terpercaya tentang pemasaran digital, teknologi *fuzzy logic* dalam pertanian, serta konsep pemberdayaan berbasis platform AI. Wawancara mendalam dilakukan kepada para petani kakao di kabupaten Konawe, pengelola koperasi petani, pejabat dinas pertanian setempat dan pelaku bisnis distribusi lokal. Wawancara ini bertujuan menggali pengalaman, persepsi, serta tantangan nyata yang dihadapi dalam praktik pemasaran produk kakao. Observasi dilakukan untuk membangun pemahaman holistik tentang tantangan dan potensi penerapan teknologi di lapangan. Selain untuk menilai kondisi nyata dilapangan pada proses produksi dan pemasaran, pengamatan interaksi petani dengan sistem distribusi pemasaran produk biji kakao juga diperlukan, sehingga penggalan data kontekstual dapat diperoleh dengan baik. Analisis difokuskan pada : (1) Identifikasi akar masalah dalam sistem distribusi, (2) pengembangan arsitektur sistem prediksi harga dan (3) pemetaan fitur *e-commerce* berbasis pemberdayaan petani .

HASIL PENELITIAN

Hasil penelitian diperoleh melalui metode pengumpulan data melalui pengembangan konsep sistem pemasaran digital komoditi yang dikombinasikan dengan hasil triangulasi data dari penelusuran studi pustaka, wawancara dan observasi. Hasil triangulasi data dijelaskan pada tabel 1.

Tabel 1. Triangulasi Data

Komponen	Hasil Teknik Pengumpulan Data			
	Studi Pustaka	Wawancara		Observasi
Kinerja	Penerapan Sistem Digital	Adopsi Teknologi Tepat Guna	Pemanfaatan Teknologi Komunikasi	
Daya Tahan	Stabil Berkelanjutan	Cenderung Stabil		Masih bertahan Stabil

Sistem Kelola	Sistem Digital	Sistem Informasi	Sistem Konsultasi dan Pendampingan
Harga	Peluang Mengalami Peningkatan	Sedikit Peningkatan	Diharapkan Mengalami Peningkatan

Komponen	Hasil Teknik Pengumpulan Data		
	Studi Pustaka	Wawancara	Observasi
Promosi	Sistem Pemasaran Digital	Sistem Informasi Pemasaran	Sistem Komunikasi Media Sosial
Distribusi	Pelaku Usaha	Lembaga atau Pelaku Usaha	Lembaga atau Pelaku Usaha

Pengembangan konsep sistem pemasaran digital komoditi menggunakan sistem prediksi harga berbasis *Fuzzy Logic*. Dalam penelitian ini *inference* logika fuzzy menggunakan metode Tsukamoto dimana setiap konsekuensi pada aturan yang terbentuk *IF-THEN* harus direpresentasikan dengan suatu himpunan fuzzy dengan keanggotaan monoton. Data awal sebagai input himpunan fuzzy diperoleh berdasarkan informasi harga komoditi biji kakao di Dinas Perkebunan Provinsi Sulawesi Tenggara yang dihimpun dari tahun 2017-2020 dengan nilai terbesar harga di level petani adalah 25.000 dan nilai terkecil adalah 14.000, dengan level kategori kandungan kadar air 7%-10% (kadar), kotoran/sampah 0-3.5 gram (kotoran), jamur 0-9 gram (jamur). Data tersebut kemudian dianalisis dengan aturan *Fuzzy* sebagai berikut (a) :

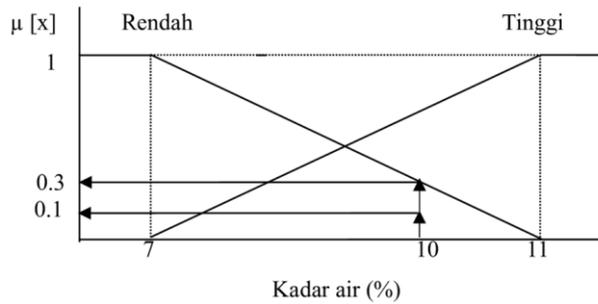
- {R0} IF kadar Rendah, kotoran Sedikit, jamur Rendah THEN harga Mahal
- {R1} IF kadar Rendah, kotoran Sedikit, jamur Tinggi THEN harga Murah
- {R2} IF kadar Rendah, kotoran Banyak, jamur Rendah THEN harga Mahal
- {R3} IF kadar Rendah, kotoran Banyak, jamur Tinggi THEN harga Murah
- {R4} IF kadar Tinggi, kotoran Sedikit, jamur Rendah THEN harga Mahal
- {R5} IF kadar Tinggi, kotoran Sedikit, jamur Tinggi THEN harga Murah
- {R6} IF kadar Tinggi, kotoran Banyak, jamur Rendah THEN harga Murah
- {R7} IF kadar Tinggi, kotoran Banyak, jamur Tinggi THEN harga Murah

Ada 3 variabel fuzzy yang akan dimodelkan, yaitu :

1. Kadar air; terdiri atas 2 himpunan *fuzzy*, yaitu : Rendah dan Tinggi
2. Kotoran / sampah, terdiri atas 2 himpunan *fuzzy*, yaitu : Banyak dan Sedikit
3. Jamur, terdiri atas 2 himpunan *fuzzy* yaitu : Rendah dan Tinggi
4. Harga, terdiri atas 2 himpunan *fuzzy*, yaitu Murah dan Mahal.

Proses aplikasi operator Fuzzy dan Metode Implikasi dihitung dengan analisis sebagai berikut :

1. Kadar air; terdiri atas 2 himpunan *fuzzy*, yaitu RENDAH dan TINGGI (Gambar 1).



Gambar 1. Fungsi keanggotaan variabel Kadar air

$$\mu_{\text{kadar air RENDAH}} [x] = \begin{cases} 1, & x \leq 7 \\ \frac{11-x}{10}, & 7 \leq x \leq 11 \\ 0, & x \geq 11 \end{cases} \dots\dots\dots (1)$$

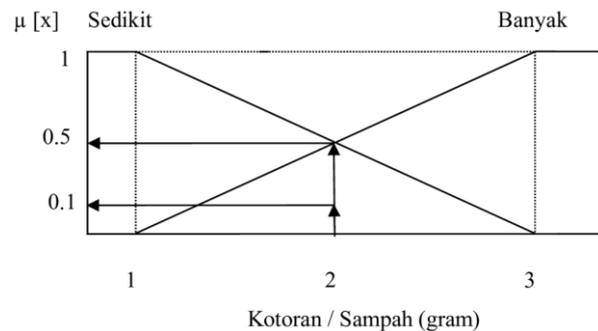
$$\mu_{\text{kadar air TINGGI}} [x] = \begin{cases} 0, & x \leq 7 \\ \frac{x-7}{10}, & 7 \leq x \leq 11 \\ 1, & x \geq 11 \end{cases} \dots\dots\dots (2)$$

Nilai keanggotaan :

$$\mu_{\text{kadar air RENDAH}}[10] = (11-10)/10 = 0.1$$

$$\mu_{\text{kadar air TINGGI}}[10] = (10-7)/10 = 0.3$$

2. Kotoran / Sampah; terdiri atas 2 himpunan *fuzzy*, yaitu SEDIKIT dan BANYAK (Gambar 2)



Gambar 2. Fungsi keanggotaan variabel Kotoran / Sampah

$$\mu_{\text{kotoran SEDIKIT}} [x] = \begin{cases} 1, & x \leq 1 \\ \frac{3-x}{2}, & 1 \leq x \leq 3 \\ 0, & x \geq 3 \end{cases} \dots\dots\dots (3)$$

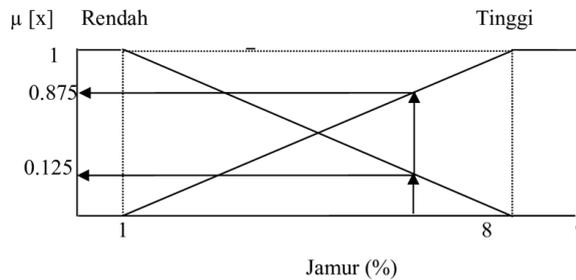
$$\mu_{\text{kotoran BANYAK}} [x] = \begin{cases} 0, & x \leq 1 \\ \frac{x-1}{2}, & 1 \leq x \leq 3 \\ 1, & x \geq 3 \end{cases} \dots\dots\dots (4)$$

Nilai keanggotaan :

$$\mu_{\text{kotoran SEDIKIT}}[2] = (3-2)/2 = 0.5$$

$$\mu_{\text{kotoran BANYAK}}[2] = (2-1)/2 = 0.5$$

3. Jamur; terdiri atas 2 himpunan *fuzzy*, yaitu : RENDAH dan TINGGI (Gambar 3)



Gambar 3. Fungsi keanggotaan variabel Jamur

$$\mu_{\text{jamur RENDAH}} [x] = \begin{cases} 1, & x \leq 0 \\ \frac{9-x}{8}, & 1 \leq x \leq 9 \\ 0, & x \geq 9 \end{cases} \dots\dots\dots (5)$$

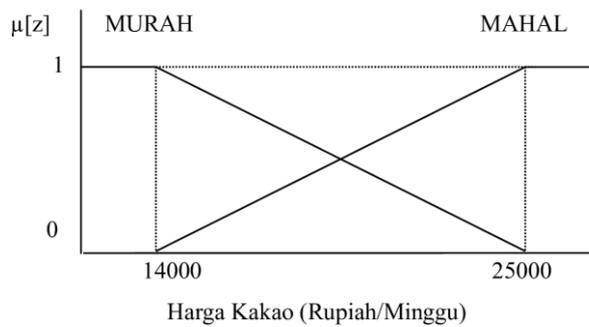
$$\mu_{\text{jamur TINGGI}} [x] = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ \frac{x-1}{8}, & 1 \leq x \leq 9 \\ 1, & x \geq 9 \end{cases} \dots\dots\dots (6)$$

Nilai Keanggotaan :

$$\mu_{\text{jamur RENDAH}}[8] = (9-8)/8 = 0.125$$

$$\mu_{\text{jamur TINGGI}}[8] = (8-1)/8 = 0.875$$

4. Harga; terdiri atas 2 himpunan *fuzzy*, yaitu : MURAH dan MAHAL (Gambar 1.4)



Gambar 4. Fungsi keanggotaan variabel Harga

$$\mu_{\text{harga MURAH}} [z] = \begin{cases} 1, & z \leq 14000 \\ \frac{25000-z}{20000}, & 14000 \leq z \leq 25000 \\ 0, & z \geq 25000 \end{cases} \dots\dots\dots (7)$$

$$\mu_{\text{harga MAHAL}} [z] = \begin{cases} 0, & z \leq 14000 \\ \frac{z-14000}{20000}, & 14000 \leq z \leq 25000 \\ 1, & z \geq 25000 \end{cases} \dots\dots\dots (8)$$

Komposisi Hasil Keluaran (*output*) dan Proses Defuzifikasi

Komposisi Hasil Keluaran merupakan hasil nilai z untuk setiap aturan dengan menggunakan fungsi MIN pada aplikasi fungsi implikasinya (Point a).

{R0} IF kadar Rendah, kotoran Sedikit, jamur Rendah THEN harga Mahal

α - predikat₀ :

$$\begin{aligned} \mu_{\text{kadarRENDAH}} \wedge \mu_{\text{kotoran SEDIKIT}} \wedge \mu_{\text{jamurRENDAH}} \\ = \min (0,1; 0,5; 0,125) \\ = 0,1 \end{aligned}$$

Lihat himpunan Harga Kakao MAHAL

$$(z-14000)/20000 = 0.1 \text{ maka } z_0 = 16000$$

{R1} IF kadar Rendah, kotoran Sedikit, jamur Tinggi THEN harga Murah

α - predikat₁ :

$$\begin{aligned} \mu_{\text{kadarRENDAH}} \wedge \mu_{\text{kotoranSEDIKIT}} \wedge \mu_{\text{jamurTINGGI}} \\ = \min(0,1; 0,5; 0,875) \\ = 0,1 \end{aligned}$$

Lihat himpunan Harga Kakao MURAH

$$(25000-z)/20000 = 0.1 \text{ maka } z_1 = 23000$$

{R2} IF kadar Rendah, kotoran Banyak, jamur Rendah THEN harga Mahal

α - predikat₂ :

$$\begin{aligned} \mu_{\text{kadarRENDAH}} \wedge \mu_{\text{kotoranBANYAK}} \wedge \mu_{\text{jamurRENDAH}} \\ = \min(0,1; 0,5; 0,125) \\ = 0,1 \end{aligned}$$

Lihat himpunan Harga Kakao MAHAL

$$(z-14000)/20000 = 0.1 \text{ maka } z_2 = 16000$$

{R3} IF kadar Rendah, kotoran Banyak, jamur Tinggi THEN harga Murah

α - predikat₃ :

$$\begin{aligned} \mu_{\text{kadarRENDAH}} \wedge \mu_{\text{kotoranBANYAK}} \wedge \mu_{\text{jamurTINGGI}} \\ = \min(0,1; 0,5; 0,875) \\ = 0,1 \end{aligned}$$

Lihat himpunan Harga Kakao MURAH

$$(25000-z)/20000 = 0.1 \text{ maka } z_3 = 23000$$

{R4} IF kadar Tinggi, kotoran Sedikit, jamur Rendah THEN harga Mahal

α - predikat₄ :

$$\begin{aligned} \mu_{\text{kadarTINGGI}} \wedge \mu_{\text{kotoranSEDIKIT}} \wedge \mu_{\text{jamurRENDAH}} \\ = \min(0,3; 0,5; 0,125) \\ = 0,125 \end{aligned}$$

Lihat himpunan Harga Kakao MAHAL

$$(z-14000)/20000 = 0.125 \text{ maka } z_4 = 16500$$

{R5} IF kadar Tinggi, kotoran Sedikit, jamur Tinggi THEN harga Murah

α - predikat₅ :

$$\begin{aligned} \mu_{\text{kadarTINGGI}} \wedge \mu_{\text{kotoranSEDIKIT}} \wedge \mu_{\text{jamurTINGGI}} \\ = \min(0,3; 0,5; 0,875) \\ = 0,3 \end{aligned}$$

Lihat himpunan Harga Kakao MURAH

$$(25000-z)/20000 = 0.3 \text{ maka } z_5 = 19000$$

{R6} IF kadar Tinggi, kotoran Banyak, jamur Rendah THEN harga Murah.

α - predikat₆:

$$\begin{aligned} \mu_{\text{kadarTINGGI}} \wedge \mu_{\text{kotoranBANYAK}} \wedge \mu_{\text{jamurRENDAH}} \\ = \min(0,3; 0,5; 0,125) \\ = 0,125 \end{aligned}$$

Lihat himpunan Harga Kakao MURAH

$$(25000-z)/20000 = 0.125 \text{ maka } z_6 = 22500$$

{R7} IF kadar Tinggi, kotoran Banyak, jamur Tinggi THEN harga Murah.

α - predikat₇:

$$\begin{aligned} \mu_{\text{kadarTINGGI}} \wedge \mu_{\text{kotoranBANYAK}} \wedge \mu_{\text{jamurTINGGI}} \\ = \min(0,3; 0,5; 0,875) \\ = 0,3 \end{aligned}$$

Lihat himpunan Harga Kakao MURAH

$$(25000-z)/20000 = 0,3 \text{ maka } z_7 = 19000$$

Sehingga nilai z dapat dicari dengan cara sebagai berikut (Tabel 2):

$$z = \frac{\sum_{i=0}^n (\alpha \text{Pred } i)(Z \ i)}{\sum_{i=0}^n (\alpha \text{Pred } i)} \dots\dots\dots (9)$$

Tabel 2. Tabel Hasil (α -pred)(z)

i	α -pred	z	(α -pred)(z)
0	0.1	16000	1600
1	0.1	23000	2300
2	0.1	16000	1600
3	0.1	23000	2300
4	0.125	16500	2062.5
5	0.3	19000	5700
6	0.125	22500	2812.5
7	0.3	19000	5700
Σ	1.25	155000	24075

$$z = \frac{24075}{1.25} = 19260$$

Hasil analisis dengan algoritma *fuzzy* dalam prediksi pada tabel 2 kemudian dilakukan perbandingan dengan hasil analisis melalui sistem *fuzzy* dengan jumlah sampel kondisi kualitas biji kakao sebanyak 20 yang diuraikan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Prediksi Harga Biji Kakao Menggunakan Sistem *Fuzzy*

Sampel	Kadar Air (%)	Kotoran (gr)	Jamur (gr)	Harga Prediktif (Rp/kg)
1	7	1	4	45.000
2	7	2	5	35.000
3	7	2	6	31.250
4	7	3	5	35.000
5	7	3	6	25.000
6	7	3.5	5	35.000
7	7	3.5	6	25.000
8	7	3.5	9	25.000
9	10	1	4	45.000
10	10	2	4	37.083
11	10	2	5	33.750

12	10	2	6	33.333
13	10	2	7	32.500
14	10	2	8	32.500
15	10	2	9	32.500
16	10	3	6	32.500
17	10	3	8	28.125
19	10	3.5	7	20.000
20	10	3.5	9	20.000

PEMBAHASAN

Harga nilai jual biji kakao hingga saat ini di tingkat petani bukan lagi ditentukan oleh nilai kerja keras, melainkan oleh siapa yang memiliki akses terhadap informasi dan jaringan distribusi. Petani biji kakao nyaris tidak mempunyai pilihan selain menjual ke tengkulak dan menjadi satu-satunya pintu keluar hasil panen. Dengan selisih harga uang bisa mencapai hingga Rp.5000/kg dari harga pasar nasional, petani harus menerima kenyataan bahwa nilai kerja mereka ditekan oleh sistem yang tidak memberi ruang bagi negosiasi. Letak permasalahan yang cukup kritis dan relevan dengan kenyataan di lapangan adalah bukan karena petani tidak mampu menghasilkan produk berkualitas, tetapi karena mereka tidak memiliki kendali atas informasi dan jaringan distribusi. Petani kecil di Indonesia sering kali menghadapi tantangan besar dalam mengakses informasi dan mengendalikan jaringan distribusi hasil pertanian mereka. Keterbatasan ini tidak hanya berdampak pada efisiensi produksi, tetapi juga menempatkan mereka dalam posisi tawar yang lemah di pasar.

Ketidakmampuan petani untuk mengakses informasi pasar dan teknologi pertanian modern mengakibatkan mereka bergantung pada perantara yang sering kali menetapkan harga yang tidak adil. Hal ini menciptakan siklus ketergantungan yang sulit diputus, dimana petani terus-menerus berada dalam posisi yang tidak menguntungkan. Seperti yang disampaikan penjelasan narasumber Arwan yang memberikan gambaran situasi kondisi harga pasar biji kakao di Kabupaten Konawe “ Penetapan harga biji kakao pastinya masih tetap ditentukan di pengumpul. Kebijakan mengenai pemasaran biji kakao ditingkat kabupaten belum ada. Pemasaran biji kakao berjalan sesuai pasar. Tapi tidak seluruh hasil biji kakao produksi kab. Konawe berada pada kualitas rendah, masih ada beberapa yang mampu bersaing dengan kualitas yang tinggi karena sempat kami mencoba pisah kualitas biji kakao yang bagus di kabupaten Abuki. Hanya persoalannya ketika biji kakao dibawa ke kendari di kalla kakao, cuma menjadi bahan pencampur saja. Harga biji kakao kita sudah masuk dalam kategori harga fermentasi tapi begitu tiba di pengumpul besar dicampur dengan biji kakao tidak fermentasi. Masih ada perbedaan harga yang tidak terlalu signifikan antara biji kakao fermentasi dan tidak fermentasi. Harga di pengumpul sudah jelas terdapat perbedaan harga yang cukup jauh antara fermentasi dan non fermentasi tapi begitu di petani paling tinggi hanya sekitar 1500 sampai 2000 saja”.

Upaya mengatasi permasalahan tersebut diperlukan dalam konteks kolaborasi pemerintah, sektor swasta dan Masyarakat untuk meningkatkan akses petani terhadap informasi dan teknologi. Pengembangan infrastruktur digital di pedesaan, pelatihan literasi digital dan penyediaan platform informasi pertanian yang mudah diakses dapat membantu memberdayakan petani dan meningkatkan posisi tawar mereka di pasar. Salah satu akar permasalahan adalah ketimpangan informasi yang signifikan antara petani dan pelaku pasar lainnya. Penelitian oleh *Center of Reform on Economics (CORE)* Indonesia menyoroti bahwa struktur pasar pertanian yang cenderung oligopsoni dan oligopoli yang menciptakan asimetri informasi yang merugikan petani. Ketiadaan data yang akurat dan terkini dimanfaatkan oleh para tengkulak untuk keuntungan pribadi, memicu spekulasi harga yang merugikan produsen dan konsumen. Selain itu, akses petani terhadap teknologi informasi masih sangat terbatas. Sebuah studi menemukan bahwa meskipun sebagian besar petani memiliki telpon genggam, akses mereka terhadap sumber informasi pertanian yang lebih canggih seperti internet dan perpustakaan desa sangat rendah. Sebagian besar responden menyatakan bahwa warnet dan perpustakaan desa tidak tersedia di lokasi (Nurhas et al., 2019). Keterbatasan ini diperparah oleh rendahnya literasi digital di kalangan petani. Penelitian menunjukkan bahwa hambatan dalam memanfaatkan teknologi informasi disebabkan oleh rendahnya pengetahuan sumber daya manusia, lemahnya infrastruktur serta hambatan sosial ekonomi dan budaya Masyarakat dalam memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi (Amin et al., 2014).

Pengembangan dan penerapan teknologi informasi dan komunikasi yang tepat sasaran dengan mengacu pada permasalahan pokok yang dialami petani menjadi solusi terbaik dalam peningkatan daya tahan dan kualitas produk hasil. Penerapan teknologi dilakukan melalui proses evaluasi dan monitoring hasil sebagai tidak lanjut proses. Sistem informasi dan komunikasi tidak terbatas pada sistem yang memberikan informasi namun dapat memenuhi kebutuhan petani akan pendampingan melalui proses konsultasi dan konseling. Petani menjadi aktor utama dalam posisi pemberdayaan kualitas sumber daya dan produksi hasil tanamannya. Akan lebih baik jika penentuan nilai tawar (harga) produk, bentuk promosi dan proses pemasaran hasil produk tanaman dapat dilakukan secara mandiri oleh petani, sehingga hasilnya akan cenderung lebih banyak berpihak pada petani. Hasil validasi data melalui teknik triangulasi data dalam Tabel.1 mendukung kebutuhan pengembangan teknologi sistem tersebut. Menjawab tantangan tersebut maka penelitian ini tidak sekedar menawarkan sistem digital *e-commerce*, melainkan memperkenalkan sebuah pendekatan algoritmik berbasis *fuzzy logic* yang bukan hanya bekerja dalam ranah data, tetapi juga menyentuh keadilan sosial. Teknologi ini secara prinsip mampu mentransformasi penilaian mutu yang selama ini bersifat subjektif menjadi proses objektif dan terstandarisasi. Parameter mutu seperti kadar air, tingkat fermentasi dan kebersihan biji dikonversi ke dalam sistem logika *fuzzy*, yang memungkinkan prediksi harga menjadi lebih fleksibel, rasional dan dapat

ditelusuri. Melalui proses *fuzzifikasi*, inferensi hingga *defuzzifikasi*, petani diberikan hak untuk mengetahui berapa harga yang layak mereka terima, bukan berdasarkan standar harga pihak pengumpul tetapi berdasarkan fakta ilmiah.

Teknologi *fuzzy logic* memungkinkan harga yang ditawarkan kepada petani menjadi lebih objektif dan transparan sehingga mengurangi ketergantungan apda penilaian subjektif tengkulak. Sejalan dengan konsep *value chain* yang diperkenalkan oleh Porter (1985), dimana setiap aktivitas dalam rantai nilai harus dianalisis untuk meningkatkan keunggulan kompetitif. Dalam konteks Masyarakat petani lokal yang masih minim literasi digital, pendekatan ini menjembatani kesenjangan antara teknologi dan realitas sosial dan menjadikannya sebagai alat bantu yang inklusif. Kontribusi utama dari penelitian ini terletak pada keberpihakan sistem terhadap petani sebagai subjek, bukan hanya objek dari digitalisasi. Platform yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai pasar *online*, tetapi juga sebagai ruang edukatif dan kolaboratif. Melalui fitur rekomendasi harga berbasis mutu, pelatihan digital dan integrasi data kualitas produk, sistem ini menciptakan ekosistem yang memungkinkan petani berdaulat atas produknya. Disinilah nilai humanistik dari inovasi teknologi yang bentukannya menjadikan petani (*human*) tidak hanya dijadikan sasaran intervensi digital, tetapi ditempatkan sebagai aktor utama dalam ekosistem baru yang transparan dan berkeadilan.

Pendekatan ini membuktikan bahwa teknologi jika dirancang dengan pemahaman atas realitas lokal dan berlandaskan etika sosial dapat menjadi instrumen perubahan struktural yang sejati. Hasil penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada pemodelan teknis sistem berbasis *fuzzy logic* untuk penentuan harga, tetapi juga mengusulkan kerja transformatif yang menyatukan keadilan distribusi, literasi digital dan pemberdayaan ekonomi dalam satu ekosistem yang terintegrasi. Pemasaran bisnis digital pertanian yang awalnya berupa *e-marketplace* pasif, namun kini berkembang menjadi sistem *e-commerce* adaptif berbasis *Artificial Intelligence* yang mampu memberi rekomendasi harga, pengelolaan rantai pasok dan fitur edukasi. Pengembangan sistem prediksi harga berbasis *Fuzzy Logic* dalam studi ini merupakan strategi inovatif yang menjawab persoalan klasik dalam penentuan harga biji kakao di tingkat petani, yaitu rendahnya transparansi, ketergantungan pada tengkulak dan ketimpangan informasi pasar. Sistem ini dirancang untuk mengolah parameter mutu utama yaitu kadar air, tingkat kotoran/sampah dan kandungan jamur dalam bentuk variabel linguistik yang dinilai menggunakan metode logika *fuzzy*. Pendekatan ini secara teknis menggunakan metode Tsukamoto, dimana setiap aturan berbentuk *IF-THEN* harus memiliki konsekuensi yang direpresentasikan dengan fungsi keanggotaan monoton (Tsukamoto, n.d.). Metode ini dipilih karena kemampuannya menghasilkan keluaran yang presisi dan dapat ditelusuri secara matematis. Input data dikonversi dalam bentuk himpunan *fuzzy* (rendah-tinggi, Sedikit-Banyak, Murah-Mahal), kemudian diproses melalui *rulebase* dan

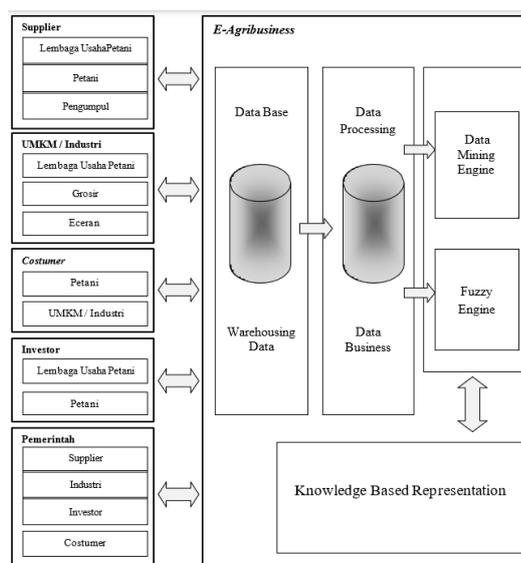
defuzzifikasi untuk menghasilkan harga yang layak. Proses memasukkan inputan fuzzy merupakan pembentukan himpunan Fuzzy.

Hasil penelitian pada analisis rata-rata perhitungan logaritma *fuzzy* pada tabel 2 menghasilkan keluaran senilai 19260. Nilai tersebut menunjukkan standar harga komoditi biji kakao di tingkat petani harus dilepas senilai minimal Rp.19.260 kepada pengumpul dalam daerah. Nilai harga tersebut menunjukkan minimal kelayakan standar harga jual yang direkomendasikan pada level petani sebagai harga jual yang ditetapkan oleh sistem *fuzzy* berdasarkan kualitas mutu biji kakao. Dibandingkan standar harga yang ditetapkan secara konvensional sebelumnya di nilai Rp.14.000, kelayakan harga jual ini memberi keuntungan lebih dari pada penetapan standar harga secara konvensional tanpa acuan yang objektif. Dalam sistem prediksi harga dilakukan terhadap 20 sampel biji kakao dimana hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan rekomendasi harga yang adil dan proporsional sesuai mutu. Dari tabel 3 dapat ditinjau bahwa nilai prediktif minimal harga jual biji kakao yang ditampilkan melalui sistem aplikasi tidak berbeda jauh dengan perhitungan manual algoritma matematis sistem *fuzzy*. Nilai prediktif harga biji kakao pada standar mutu paling rendah (Kadar air 10%, Kotoran 3.5 gram dan Jamur 9 gram) mencapai harga Rp.20.000 dan bahkan cenderung dapat dijangkau lebih tinggi hingga mencapai harga Rp.45.000 pada kualitas biji kakao dengan kualitas mutu yang tinggi (Kadar air 7%, Kotoran 1 gram dan Jamur 4 gram). Hasil prediksi ini jauh di atas standar pasar konvensional yang hanya menetapkan harga belasan ribu rupiah (Rp.11.000-Rp.14.000/kg). Hasil perhitungan ini konsisten dengan pendapat Ross (2010) yang menyatakan bahwa *fuzzy logic* mampu mengatasi ketidakpastian nilai mutu dalam sistem pengambilan keputusan dengan tingkat ambiguitas tinggi (Ross, 2010).

Berdasarkan pada uraian sebelumnya dapat disimpulkan bahwa model ini merefleksikan prinsip keadilan dalam rantai nilai. Merujuk pada teori *Value Chain* dari Porter (1985) dimana sistem ini mendistribusikan nilai secara lebih seimbang kepada aktor hulu, yaitu petani yang selama ini berada dalam posisi lemah akibat dominasi informasi oleh pelaku hilir seperti tengkulak. Dengan mengintegrasikan *Artificial Intelligence* berbasis *fuzzy logic*, keputusan harga tidak lagi bersifat sepihak, melainkan lahir dari pemrosesan data yang adil dan transparan. Ini sejalan dengan pemikiran Akerlof (1970) yang menyebutkan bahwa asimetri informasi menyebabkan pasar menjadi tidak efisien. Sistem ini secara nyata mengurangi asimetri tersebut melalui pembukaan akses informasi yang sebelumnya hanya dimiliki oleh pedagang pengumpul (Akerlof, 1970). Lebih jauh pendekatan ini membawa dimensi humanistik dalam penerapan teknologi. Floridi et al (2018) menekankan bahwa kecerdasan buatan seharusnya dikembangkan untuk memberdayakan manusia, bukan menggantikan peran mereka. Dalam konteks ini, petani tidak disosisikan sekedar sebagai pengguna pasif, melainkan sebagai aktor utama yang memanfaatkan sistem untuk mengambil keputusan ekonomi yang lebih adil dan strategis. Sistem ini menjadi

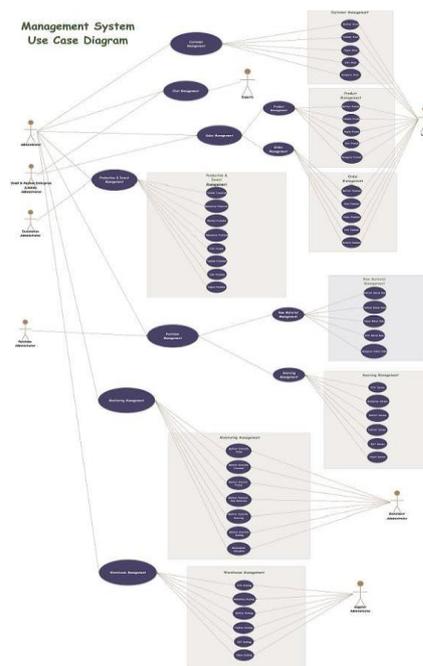
bentuk nyata dari integrasi teknologi yang etis, kontekstual dan inklusif terhadap realitas sosial pedesaan (Floridi et al., 2018). Secara keseluruhan, pengembangan sistem *fuzzy logic* tidak hanya menciptakan prediksi harga yang lebih akurat, tetapi juga berfungsi sebagai instrumen transformasi struktural dalam digitalisasi agribisnis. Sistem ini memperkuat posisi tawar petani, memperpendek rantai distribusi dan membuka akses terhadap pasar yang lebih luas melalui pendekatan berbasis data dan keadilan informasi. Inovasi sistem prediksi ini dalam tahapan selanjutnya berfungsi sebagai fondasi sistem bisnis digital pertanian yang berkelanjutan dan berkeadilan sosial.

Permasalahan rendahnya nilai jual biji kakao di tingkat petani Sulawesi Tenggara, terutama akibat dominasi tengkulak dalam penentuan harga dan panjangnya rantai distribusi menjadikan integrasi teknologi kecerdasan buatan seperti *Fuzzy Logic* ke dalam sistem *e-commerce* sebagai solusi strategis dan transformatif. Pendekatan ini bukan hanya sekedar inovasi digital namun menjawab persoalan mendasar petani tentang mendapatkan harga jual yang adil berdasarkan kualitas produknya. Dalam konteks *e-commerce* pada analisis *fuzzy* terintegrasi dengan platform digital memungkinkan petani secara langsung mengakses pasar. Hasil estimasi harga dari mesin *fuzzy* ditampilkan sebagai harga rekomendasi. Petani dapat menjadikan harga tersebut sebagai acuan dalam proses negosiasi harga atau penjualan langsung ke konsumen. Hal tersebut sekaligus memutus dominasi tengkulak dan menciptakan transparansi harga di tingkat sumbernya. Penelitian Pangestu et al. (2020) menunjukkan bahwa penerapan *fuzzy logic* dalam sistem rekomendasi harga meningkatkan kepercayaan pengguna terhadap sistem dan mendorong efisiensi transaksi (Semarang & Semarang, n.d.). Penggabungan *fuzzy logic* dan *e-commerce* tidak hanya berfungsi secara teknis, tetapi juga memberdayakan petani secara sosial ekonomi. Petani menjadi subjek utama yang memegang kendali atas nilai jual produknya. Platform digital ini menyediakan fitur edukasi berbasis *knowledge sharing*, pelatihan daring hingga akses ke literasi keuangan dan investasi



Gambar 5. *Framework Sistem E-Agribusiness dengan Penerapan Data Mining & Fuzzy Engine*

Dalam pengembangan sistem pemasaran digital ini, seluruh data produk dan transaksi yang terekam akan disimpan dalam database yang dikelola secara terstruktur berdasarkan waktu dan jenis aktivitas melalui sistem data *warehousing*. Dari proses ini, terbentuklah data bisnis yang merepresentasikan dinamika kegiatan usaha. Data tersebut kemudian diproses secara berkala untuk disiapkan dalam tahap *data mining*. Pada tahap ini, sistem mulai menganalisis data menggunakan algoritma kecerdasan buatan berbasis *fuzzy logic* untuk mengidentifikasi pola-pola tertentu. Pola-pola ini disimpan dalam *pattern repository*, semacam gudang pengetahuan digital, yang kemudian diinterpretasikan oleh sistem menjadi wawasan atau *knowledge* yang aplikatif. Salah satu bentuk konkret dari wawasan ini adalah rekomendasi usaha, seperti prediksi harga hasil panen, yang dapat membantu petani mengambil keputusan strategis dalam menjalankan usahanya secara lebih tepat dan adaptif terhadap dinamika pasar. Kebutuhan fungsional merupakan fondasi utama dalam perancangan aplikasi *E-Agribusiness*, karena mencerminkan tujuan nyata dari sistem yang ingin dibangun. Berdasarkan analisis data sebelumnya, kebutuhan ini mencakup tidak hanya aspek pemasaran produk pertanian dan akses terhadap peluang pendanaan, tetapi juga menekankan pentingnya dukungan terhadap aktivitas manajerial pelaku agribisnis. Oleh karena itu, sistem dirancang tidak sekedar sebagai platform jual beli, melainkan juga sebagai alat bantu pengambilan keputusan strategis bagi petani dan pelaku usaha.



Gambar 6. Use Case Diagram E-Agribusiness (*e-comeAgri*)

Setiap fungsi yang diidentifikasi kemudian dijabarkan secara sistematis dalam deskripsi kebutuhan fungsional, guna memastikan keselarasan antara rancangan dan implementasi aplikasi. Hal tersebut memberikan gambaran pada desain *use case* yang merepresentasikan interaksi pengguna dengan sistem secara menyeluruh, yang akan menjadi pedoman teknis dalam proses pengembangan aplikasi tetap fokus, relevan dan berkelanjutan. Pemetaan akhir dapat ditunjukkan melalui perancangan *use case* diagram yang disesuaikan dengan kebutuhan fungsional sistem masing-masing pihak (*user*) pada gambar 6. Dari hasil pemetaan user berdasarkan kebutuhan fungsional dapat diperoleh dasar perancangan arsitektur sistem pemasaran produk *E-Agribusiness* yang memuat fungsi pengembangan sistem rekomendasi harga produk pertanian dan optimalisasi proses bisnis pertanian. Integrasi sistem prediksi harga biji kakao dengan platform *e-commerce* merupakan salah satu aspek strategis yang memperkuat peran teknologi digital dalam mendukung bisnis komoditas hasil pertanian. Integrasi ini dilakukan melalui penyatuan antara modul prediksi harga berbasis kecerdasan buatan (*fuzzy logic*) dengan fitur-fitur utama platform *e-commerce* seperti katalog produk, sistem transaksi *online* dan manajemen pelanggan (Ali et al., 2025). Tujuan utamanya adalah menciptakan sebuah ekosistem digital yang tidak hanya memberikan referensi harga biji kakao yang akurat dan terkini kepada petani, tetapi juga menghubungkan mereka secara langsung dengan pasar yang lebih luas, termasuk pembeli lokal maupun internasional (Assimakopoulos et al., 2025).

Secara teknis, integrasi ini memanfaatkan *Application Programming Interface* (API) yang memungkinkan data dari sistem prediksi harga pasar dapat

<https://ejournal.ummuba.ac.id/index.php/JDB>

langsung ditampilkan dalam dashboard *e-commerce*. Hal ini memungkinkan petani untuk menjual produk mereka dengan harga yang adil dan kompetitif, karena mereka memiliki referensi harga yang didasarkan pada analisis data historis dan kondisi pasar terkini. Di sisi lain pembeli juga diuntungkan karena mereka dapat memverifikasi harga berdasarkan algoritma prediktif yang transparan, bukan sekedar tawar-menawar subjektif (Muhammed et al., 2024). Integrasi sistem ini berkontribusi terhadap efisiensi rantai pasok (*supply chain efficiency*) karena dapat mengurangi keterlibatan tengkulak dan mengoptimalkan distribusi. Sistem *e-commerce* juga dilengkapi dengan fitur logistik dan pelacakan pengiriman yang membantu mempercepat proses transaksi dan pengiriman produk ke konsumen akhir. Strategi ini secara langsung meningkatkan nilai tawar petani dan mendorong pertumbuhan ekonomi digital di sektor pertanian/perkebunan (Eli-Chukwu, 2019).

KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Hasil kajian dalam penelitian ini menunjukkan bahwa integrasi sistem prediksi harga berbasis *fuzzy logic* dengan platform *e-commerce* mampu menjadi solusi strategis terhadap ketimpangan informasi dan dominasi tengkulak dalam rantai nilai biji kakao. Sistem ini memungkinkan petani menetapkan harga jual yang adil dan objektif berdasarkan mutu produk serta memperkuat posisi tawar menawar di pasar dan membuka akses langsung ke konsumen tanpa perantara. Selain itu platform ini tidak hanya menjadi sarana transaksi tetapi juga ruang edukatif yang mendorong pemberdayaan digital petani dan manajemen distribusi. Dengan demikian inovasi ini tidak hanya menyelesaikan ekonomi, tetapi juga menciptakan ekosistem agribisnis digital yang adil, inklusif dan berkelanjutan sehingga direkomendasikan untuk dikembangkan secara regional dan nasional

PENELITIAN LANJUTAN

Penelitian kedepan diharapkan untuk dapat mengembangkan sistem aplikasi *mobile user-friendly* yang dapat terintegrasi dengan sistem pembayaran digital serta pendampingan petani dalam pemanfaatan teknologi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada instansi Dinas Perkebunan dan Hortikultura Provinsi Sulawesi Tenggara.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, Z., Muhammad, A., Lee, N., Waqar, M., & Lee, S. W. (2025). Artificial Intelligence for Sustainable Agriculture: A Comprehensive Review of AI-Driven Technologies in Crop Production. *Sustainability (Switzerland)*, 17(5), 1–24. <https://doi.org/10.3390/su17052281>
- Amin, M., Pengkajian, B., Pertanian, T., Tengah, S., Laosos, J., & Sigi, B. (2014).

- Effectiveness And Farmer's Behavior In Using Information Technology Based On Cyber Extension. *Informatika Pertanian*, 23(2), 211–219. <http://ejurnal.litbang.pertanian.go.id/index.php/IP/article/view/5433/4620> <https://doi.org/10.21082/ip.v23n2.2014.p211-219>
- Arkelof, G. A. (1970). The Market for "Lemons": Quality Uncertainty and Market Mechanism. In *Quarterly Journal of Economics* (Vol. 84, Issue 3, pp. 488–500). <https://doi.org/10.2307/1879431>
- Asawawibul, S., Na-Nan, K., Pinkajay, K., Jaturat, N., Kittichotsatsawat, Y., & Hu, B. (2025). The influence of cost on customer satisfaction in e-commerce logistics: Mediating roles of service quality, technology usage, transportation time, and production condition. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 11(1). <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2025.100482>
- Assimakopoulos, F., Vassilakis, C., Margaris, D., Kotis, K., & Spiliotopoulos, D. (2025). AI and Related Technologies in the Fields of Smart Agriculture: A Review. *Information (Switzerland)*, 16(2). <https://doi.org/10.3390/info16020100>
- Bakator, M., Vukoja, M., & Manestar, D. (2023). Achieving competitiveness with marketing 5.0 in new business conditions. *UTMS Journal of Economics*, 14(1), 63–73. <https://hdl.handle.net/10419/281932>
- Competitive Advantage creative and susta Porter 1985 first chapter.* (n.d.).
- Eli-Chukwu, N. C. (2019). Applications of Artificial Intelligence in Agriculture: A Review. *Engineering Technology & Applied Science Research*, 9(4). <https://doi.org/10.48084/etasr.2756>
- Floridi, L., Cowls, J., Beltrametti, M., Chatila, R., Chazerand, P., Dignum, V., Luetge, C., Madelin, R., Pagallo, U., Rossi, F., Schafer, B., Valcke, P., & Vayena, E. (2018). AI4People – An Ethical Framework for a Good AI Society: Opportunities, Risks, Principles, and Recommendations. *Minds and Machines*, 28(4), 689–707. <https://doi.org/10.1007/s11023-018-9482-5>
- Johan, C., Carlberg, C., & Jerhamre, E. (2021). *Artificial Intelligence in Agriculture: Opportunities and Challenges*. <https://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1559051&dswid=-6054>
- Kaplinsky, R., & Morris, M. (2000). A HANDBOOK FOR VALUE CHAIN An Important Health Warning or A Guide for Using this Handbook. *Institute for Development Studies: Brighton, UK, September*, 4–7.
- Kim, J., & Yum, K. (2024). Enhancing Continuous Usage Intention in E-Commerce Marketplace Platforms: The Effects of Service Quality, Customer Satisfaction, and Trust. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(17). <https://doi.org/10.3390/app14177617>
- Li, J., Yan, X., Li, Y., & Dong, X. (2023). Optimizing the Agricultural Supply Chain through E-Commerce: A Case Study of Tudouec in Inner Mongolia, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(5). <https://doi.org/10.3390/ijerph20053775>
- Muhammed, D., Ahvar, E., Ahvar, S., Trocan, M., Montpetit, M. J., & Ehsani, R. (2024). Artificial Intelligence of Things (AIoT) for smart agriculture: A review of architectures, technologies and solutions. *Journal of Network and* <https://ejournal.ummuba.ac.id/index.php/JDB>

- Computer Applications*, 228(July 2023), 103905.
<https://doi.org/10.1016/j.jnca.2024.103905>
- Nurhas, I., Pawlowski, J. M., & Geisler, S. (2019). Towards humane digitization: A wellbeing-driven process of personas creation. *ACM International Conference Proceeding Series*, 24–31. <https://doi.org/10.1145/3328243.3328247>
- Ross, T. J. (2010). Fuzzy Logic with Engineering Applications: Third Edition. In *Fuzzy Logic with Engineering Applications: Third Edition*. <https://doi.org/10.1002/9781119994374>
- Semarang, U., & Semarang, U. (n.d.). *Penerapan Fuzzy Logic dalam Sistem Pendukung Keputusan untuk Penentuan Harga Produk Susu*. 1–9.
- Setia, B., & Prasetyaningrum, P. T. (2019). Penerapan Metode Logika Fuzzy. In *Jurnal Sistem Cerdas* (Vol. 2, Issue 1). <https://doi.org/10.37396/jsc.v2i1.18>
- Treiblmaier, H. (n.d.). *A theory of chaordic economics: how artificial intelligence and blockchain transform businesses, economies, and societies*. 1–19.
- Tsukamoto, Y. (n.d.). *Diagnosis by*.
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big Data in Smart Farming – A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>