

PENERAPAN KECERDASAN ARTIFISIAL UNTUK PREDIKSI WAKTU PANEN DAN KEMATANGAN BUAH JAMBU KRISTAL

Farooq Naufal Raziin¹⁾, Rayhan Andhika Fadlillah²⁾, dan Arya Prayoga³⁾

^{1, 2, 3)}Program Studi Teknik Informatika, Universitas Nusa Putra

Jl. Raya Cibolang Cisaat No.21, Sukabumi, Jawa Barat 43152, Indonesia

e-mail: farooq.naufal_ti23@nusaputra.ac.id¹⁾, rayhan.andhika_ti23@nusaputra.ac.id²⁾,
arya.prayoga_ti23@nusaputra.ac.id³⁾

* Korespondensi: farooq.naufal_ti23@nusaputra.ac.id

ABSTRAK

Jambu kristal (Psidium guajava L. cv. Kristal) merupakan varietas unggulan yang banyak dibudidayakan di Indonesia karena memiliki daging buah tebal, renyah, berbiji sedikit, dan rasa manis. Kualitas dan nilai jual jambu kristal sangat bergantung pada ketepatan waktu panen, namun sebagian besar petani masih menentukannya secara subjektif berdasarkan pengalaman, sehingga sering terjadi ketidakkonsistenan mutu dan peningkatan kehilangan hasil pascapanen. Seiring berkembangnya teknologi digital, penerapan kecerdasan artifisial (AI), khususnya deep learning berbasis computer vision, menawarkan solusi objektif dalam menganalisis citra buah untuk menentukan tingkat kematangan secara otomatis dan akurat. Penelitian ini menggunakan pendekatan eksplanatif-edukatif yang bertujuan memberikan pemahaman konseptual dan panduan prosedural penerapan deep learning dalam prediksi kematangan dan penentuan waktu panen jambu kristal. Data yang digunakan bersifat sekunder dari literatur ilmiah dan sumber terbuka terkait analisis citra buah. Tahapan penelitian mencakup perancangan sistem, pengumpulan dan pra-pemrosesan citra, edukasi pelatihan model Convolutional Neural Network (CNN), serta simulasi penerapan hasil prediksi. Hasil kajian ini diharapkan menjadi referensi edukatif bagi peneliti dan petani dalam memahami penerapan teknologi IA di bidang hortikultura, sekaligus menjadi dasar bagi penelitian terapan berikutnya dalam pengembangan sistem prediksi kematangan buah berbasis deep learning.

Kata kunci: jambu kristal, deep learning, kecerdasan artifisial, computer vision, kematangan buah.

ABSTRACT

Crystal guava (Psidium guajava L. cv. Kristal) is a superior guava variety widely cultivated in Indonesia due to its thick, crunchy flesh, minimal seeds, and sweet taste. The quality and market value of crystal guava are highly dependent on the accuracy of harvest timing. However, most farmers still rely on subjective judgment based on experience, which often leads to inconsistent quality and increased post-harvest losses. With the advancement of digital technology, the application of Artificial Intelligence (AI), particularly deep learning based on computer vision, offers an objective and efficient solution for analyzing fruit images to determine maturity levels automatically and accurately. This study employs an educative-explanatory approach aimed at providing conceptual understanding and procedural guidance for implementing deep learning in predicting maturity and determining harvest time for crystal guava. The data used are secondary and conceptual, obtained from scientific literature and open sources related to fruit image analysis. The research stages include system design, data collection and preprocessing, model training education using Convolutional Neural Network (CNN), and simulation of prediction application. The results are expected to serve as an educational reference for researchers and farmers to understand AI implementation in horticulture and as a foundation for future applied studies focusing on developing deep learning-based fruit maturity prediction systems.

Keywords: crystal guava, deep learning, artificial intelligence, computer vision, fruit maturity.

1. PENDAHULUAN

Jambu kristal (*Psidium guajava* L.) merupakan salah satu varietas unggulan jambu biji yang banyak dibudidayakan di Indonesia karena memiliki karakteristik daging buah yang tebal, renyah, berbiji sangat sedikit, serta rasa yang manis. Keunggulan tersebut menjadikan jambu kristal semakin diminati konsumen seiring meningkatnya kesadaran masyarakat terhadap konsumsi buah segar bergizi tinggi. Selain itu, jambu kristal memiliki produktivitas yang relatif tinggi dan berpotensi memberikan keuntungan ekonomi yang signifikan bagi petani, sehingga menjadi salah satu komoditas hortikultura yang strategis untuk dikembangkan secara berkelanjutan. Meskipun demikian, keberhasilan produksi jambu kristal tidak hanya ditentukan oleh teknik budidaya, tetapi juga oleh ketepatan waktu panen yang sangat mempengaruhi kualitas akhir buah. Penentuan waktu panen yang tidak tepat dapat menyebabkan penurunan mutu organoleptik seperti rasa, aroma, dan tekstur, serta menurunkan nilai ekonomi buah. Dalam praktiknya, petani masih banyak mengandalkan metode konvensional berbasis pengamatan visual terhadap warna kulit, ukuran, dan tekstur buah. Pendekatan ini bersifat subjektif dan sangat bergantung pada pengalaman individu serta kondisi lingkungan, sehingga sering menimbulkan ketidakkonsistenan mutu produk dan meningkatkan risiko kehilangan hasil pascapanen (*post-harvest loss*).

Seiring perkembangan teknologi digital, sektor pertanian mulai beralih menuju sistem pertanian presisi berbasis data, salah satunya melalui pemanfaatan kecerdasan artifisial (Artificial Intelligence/AI). Teknologi AI, khususnya *computer vision* dan *deep learning* berbasis *convolutional neural network* (CNN), telah terbukti efektif dalam menganalisis citra visual untuk mengklasifikasikan tingkat kematangan berbagai komoditas hortikultura secara objektif dan akurat. Namun, penerapan teknologi ini pada komoditas jambu kristal masih relatif terbatas, padahal jambu kristal memiliki karakteristik morfologi dan proses pematangan yang unik. Oleh karena itu, diperlukan kajian mengenai penerapan kecerdasan artifisial dalam prediksi kematangan dan penentuan waktu panen jambu kristal sebagai dasar pengembangan sistem pertanian presisi yang mampu meningkatkan mutu, efisiensi, dan daya saing komoditas hortikultura Indonesia.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

Keberhasilan produksi jambu kristal tidak hanya ditentukan oleh teknik budidaya, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh ketepatan waktu panen. Penentuan waktu panen menjadi faktor kunci yang menentukan kualitas organoleptik seperti rasa, aroma, tekstur, serta daya simpan buah. Dalam praktik tradisional, petani umumnya menentukan waktu panen berdasarkan perubahan warna kulit, ukuran buah, serta tekstur permukaan secara visual dan manual seiring dengan kemajuan teknologi digital, sektor pertanian mulai bertransformasi menuju pertanian presisi (*precision agriculture*), yaitu sistem pertanian modern yang berbasis data dan otomasi. Salah satu teknologi yang berpotensi besar dalam mendukung transformasi ini adalah kecerdasan artifisial (Artificial Intelligence Khususnya *computer vision* dan *deep learning*). Beberapa penelitian terdahulu telah mengkaji penerapan teknologi kecerdasan artifisial dalam penentuan tingkat kematangan dan waktu panen berbagai jenis buah, termasuk jambu kristal. Penelitian-penelitian tersebut memberikan gambaran tentang efektivitas metode *computer vision*, *deep learning*, dan *convolutional neural network* (CNN) dalam menganalisis citra buah secara objektif. Ringkasan hasil penelitian tersebut disajikan pada Tabel I berikut.

Tabel I. Ringkasan Penelitian Terdahulu tentang Penerapan Teknologi AI dalam Penentuan Kematangan Buah

No	Peneliti dan Tahun	Komoditas yang Diteliti	Metode Teknologi Digunakan	Hasil Penelitian	Relevansi dengan Penelitian Saat Ini
			ya ng		

1	Tapia- Mendez et al. (2023)	Jambu kristal	AI dan <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN) berbasis <i>computer vision</i>	Sistem mampu mengenali pola kematangan secara objektif dan konsisten berdasarkan warna kulit, ukuran, dan tekstur permukaan.	Menjadi dasar visual pendekata untuk tingkat jambu n berbasis AI menentukan kematangan kristal.
2	Rizwan Iqbal & Hakim (2022)	Mangga	CNN	Model mampu mengklasifikasikan tingkat kematangan mangga dengan akurasi 99,2%.	Membuktikan efektivitas CNN dalam mengidentifikasi kematangan buah melalui citra visual.
3	Appe et al. (2023)	Tomat	<i>Deep learning</i> berbasis ResNet- 50	Model mencapai akurasi 96% dalam mendeteksi tingkat kematangan menggunakan citra RGB.	Memberikan bukti bahwa ResNet-50 Efektif dalam pengenalan kematangan buah melalui citra RGB.
4	Martínez- Mora et al. (2025)	Pisang	<i>Deep Learning</i> (CNN dan VGG)	CNN mencapai akurasi 90,42%, sedangkan VGG 89,22% dalam klasifikasi tingkat kematangan pisang.	Menunjukkan bahwa model DL <i>machine learning</i> unggul dibanding metode konvensional untuk klasifikasi kematangan

B. Landasan Teori

1) Kecerdasan Artifisial dalam Pertanian Presisi

Perkembangan teknologi digital telah mendorong transformasi sektor pertanian menuju era pertanian presisi (precision agriculture), yaitu sistem pertanian modern yang mengandalkan teknologi digital, sensor, dan analisis data untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas [1].

2) Konsep Deep Learning dan Computer Vision dalam Analisis Citra Buah

Deep learning merupakan cabang dari *machine learning* yang menggunakan arsitektur jaringan saraf tiruan (*artificial neural networks*) dengan banyak lapisan untuk mengenali pola kompleks dalam data [2]. Lebih jauh, Tapia-Mendez et al. (2023) memaparkan bahwa salah satu bentuk paling populer dari *deep learning* dalam analisis citra adalah Convolutional Neural Network (CNN), yang mampu mengekstraksi fitur visual seperti warna, bentuk, dan tekstur secara otomatis.

3) Jambu Kristal (*Psidium guajava* L.)

Jambu kristal merupakan salah satu varietas unggulan dari *Psidium guajava* L. yang banyak dibudidayakan di Indonesia karena memiliki daging buah tebal, renyah, biji sangat sedikit, serta rasa yang manis [3]; [4]; [5]; [6]. Tingginya permintaan pasar terhadap jambu kristal, baik domestik maupun ekspor, menjadikan komoditas ini memiliki nilai ekonomi tinggi [7]; [8].

4) Konsep Kematangan Buah dan Faktor Penentu Waktu Panen

Kematangan buah merupakan perubahan fisiologis dan biokimia yang dialami buah menuju fase siap konsumsi. Pada jambu kristal, tingkat kematangan umumnya ditentukan berdasarkan parameter visual seperti warna kulit, ukuran, tekstur permukaan, serta parameter internal seperti tingkat kemanisan ($^{\circ}\text{Brix}$) dan kekerasan buah [9]. Penentuan waktu panen yang tidak tepat dapat meningkatkan susut bobot dan kerusakan pascapanen akibat laju respirasi dan transpirasi (Zhao et al., 2024).

C. Variabel Penelitian

1) Variabel Independen (X) – Citra Buah Jambu Kristal

Variabel ini berupa gambar atau citra digital buah jambu kristal yang diambil menggunakan kamera. Citra digunakan sebagai data input utama dalam proses analisis kematangan buah. Informasi visual seperti warna kulit buah, tekstur permukaan, dan karakteristik bentuk dianalisis melalui teknik pengolahan citra untuk menentukan tingkat kematangan.

2) Variabel Dependen (Y) – Tingkat Kematangan / Waktu Panen

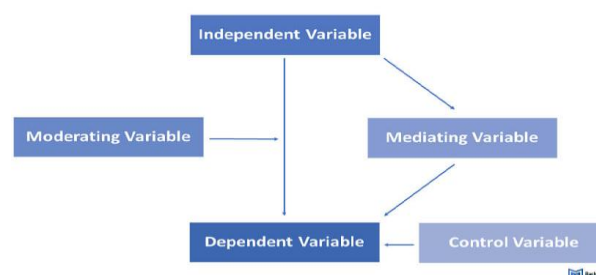
Variabel dependen adalah hasil keluaran dari proses klasifikasi menggunakan model kecerdasan artifisial. Tingkat kematangan ini menunjukkan kategori kematangan buah jambu kristal, misalnya: belum matang, setengah matang, atau matang. Hasil ini digunakan sebagai acuan penentuan waktu panen buah secara lebih objektif dan akurat.

3) Variabel Kontrol – Kondisi Pengambilan Citra

Variabel kontrol dalam penelitian ini meliputi kondisi pencahayaan, jarak kamera dengan objek buah, dan sudut pengambilan gambar. Ketiga faktor ini dikendalikan agar proses pengambilan citra berlangsung konsisten dan tidak menghasilkan variasi data yang ekstrem yang dapat memengaruhi performa dan akurasi model prediksi.

4) Variabel Moderasi – Algoritma dan Parameter CNN

Variabel moderasi adalah algoritma dan parameter yang digunakan dalam model *Convolutional Neural Network* (CNN). Pemilihan arsitektur CNN, jumlah epoch, learning rate, dan ukuran filter akan memengaruhi hubungan antara citra input dengan hasil prediksi. Semakin optimal parameter CNN yang digunakan, semakin tinggi tingkat akurasi dan efisiensi sistem dalam memprediksi kematangan buah jambu kristal.

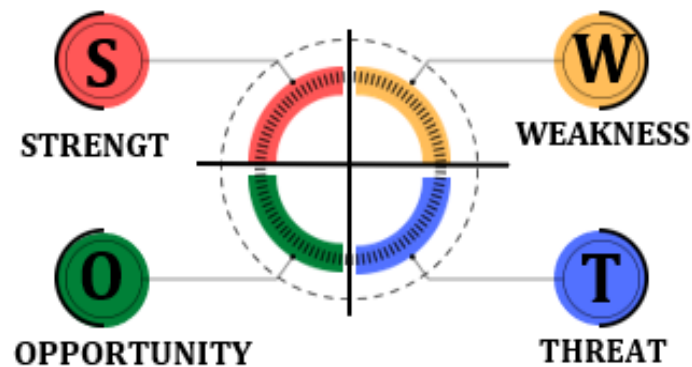


Gambar I. Variabel Penelitian

D. Analisis SWOT

Analisis SWOT digunakan dalam penelitian ini untuk mengkaji secara sistematis kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman dalam penerapan kecerdasan artifisial berbasis *deep learning* dan *computer vision* pada prediksi waktu panen jambu kristal. Analisis ini bertujuan untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai kondisi internal dan eksternal yang memengaruhi potensi

implementasi teknologi tersebut di sektor pertanian. Melalui analisis SWOT, penelitian ini diharapkan dapat mengidentifikasi faktor pendukung dan penghambat, sekaligus menjadi dasar perumusan strategi pengembangan dan adopsi teknologi kecerdasan artifisial yang lebih efektif dan berkelanjutan bagi petani.



Gambar II. Analisis SWOT

1) Kekuatan (Strength)

Penerapan kecerdasan artifisial untuk memprediksi waktu panen dan tingkat kematangan buah jambu kristal memiliki sejumlah kekuatan. Sistem ini mampu meningkatkan ketepatan penentuan waktu panen secara objektif berdasarkan analisis citra digital, sehingga mengurangi ketergantungan pada perkiraan subjektif petani. Metode ini juga menghasilkan keputusan yang lebih konsisten dan akurat karena didasarkan pada data visual yang terukur. Selain itu, teknologi ini mudah diintegrasikan dengan sistem pertanian modern seperti *precision agriculture* dan *smart farming*, sehingga mendukung efisiensi proses budidaya secara keseluruhan.

2) Kelemahan (Weaknesses)

Meskipun memiliki banyak keunggulan, penerapan teknologi ini memiliki beberapa kelemahan. Sistem prediksi berbasis AI membutuhkan perangkat pendukung seperti kamera, komputer, atau smartphone serta koneksi internet yang stabil untuk pemrosesan data, sehingga membutuhkan investasi awal yang cukup besar. Selain itu, pengguna seperti petani memerlukan pelatihan dasar agar mampu mengoperasikan sistem secara optimal. Kualitas hasil analisis juga sangat dipengaruhi oleh kualitas citra yang dikumpulkan, sehingga pencahayaan, sudut, dan kejernihan gambar harus diperhatikan agar tidak menurunkan akurasi prediksi.

3) Peluang (Opportunities)

Teknologi ini memiliki peluang pengembangan yang sangat luas. Sistem prediksi berbasis AI tidak hanya dapat diterapkan pada buah jambu kristal, tetapi juga bisa dikembangkan untuk jenis buah atau komoditas pertanian lainnya seperti mangga, apel, atau tomat. Dengan semakin berkembangnya teknologi mobile dan *cloud computing*, sistem ini berpotensi dijadikan aplikasi berbasis Android atau iOS yang mudah digunakan oleh petani. Selain itu, penerapan teknologi ini sejalan dengan program pemerintah dalam mendorong digitalisasi pertanian nasional sehingga meningkatkan produktivitas dan daya saing sektor pertanian.

4) Ancaman (Threats)

Walaupun menjanjikan, penerapan sistem ini tetap menghadapi sejumlah ancaman. Literasi teknologi yang masih rendah pada sebagian besar petani di pedesaan dapat menjadi kendala utama dalam penerimaan dan pemanfaatan sistem ini. Selain itu, akses internet di beberapa wilayah masih terbatas sehingga sulit untuk menerapkan teknologi berbasis data secara maksimal. Ketergantungan terhadap sistem dan dukungan teknis juga menjadi risiko, karena jika perangkat lunak atau perangkat keras mengalami gangguan, maka proses

prediksi akan terhambat dan memerlukan bantuan teknis untuk pemulihannya.

III. METODE PENELITIAN

A. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain deskriptif kualitatif yang bertujuan untuk menggambarkan dan menganalisis penerapan penentuan waktu panen jambu kristal, baik melalui metode konvensional yang selama ini digunakan petani maupun melalui potensi pemanfaatan teknologi kecerdasan artifisial. Penelitian ini tidak berfokus pada pengujian hipotesis, melainkan pada pendeskripsian fenomena, proses, serta konteks penerapan teknologi dalam praktik pertanian.

Secara khusus, penelitian ini menganalisis kondisi dan kelemahan metode konvensional penentuan waktu panen, serta menjelaskan potensi deep learning berbasis *computer vision* dalam mendeteksi tingkat kematangan buah jambu kristal secara lebih objektif. Selain itu, penelitian ini menyusun tahapan konseptual dan prosedural penerapan deep learning sebagai dasar pengembangan sistem pertanian presisi, sekaligus merumuskan panduan edukatif yang dapat membantu petani dan pelaku pertanian memahami serta mengadopsi teknologi kecerdasan artifisial. Sesuai dengan (Creswell, 2018), penelitian deskriptif kualitatif bertujuan untuk mendeskripsikan fenomena berdasarkan data lapangan secara alamiah, tanpa perlakuan, manipulasi variabel, maupun pengujian hipotesis.

B. Subjek Penelitian

Penelitian ini melibatkan petani jambu kristal di Kecamatan Cianjur, Kabupaten Cianjur sebagai informan penelitian. Informan dipilih menggunakan teknik purposive sampling berdasarkan kriteria: memiliki usaha budidaya jambu kristal yang masih aktif, berpengalaman minimal dua tahun dalam budidaya dan panen, terlibat langsung dalam penentuan tingkat kematangan dan waktu panen buah, serta bersedia menjadi informan penelitian. Jumlah informan tidak ditentukan secara numerik karena penelitian ini bersifat kualitatif. Penentuan jumlah informan mengikuti prinsip kecukupan data (*data saturation*), yaitu pengambilan data dihentikan ketika informasi yang diperoleh telah memadai, berulang, dan tidak ditemukan lagi temuan baru yang signifikan (Creswell, 2018).

C. Metode Pengumpulan Data

1. Wawancara Mendalam (In-depth Interview)

Wawancara mendalam dilakukan kepada petani jambu kristal di Kecamatan Cianjur sebagai sumber informasi utama. Wawancara dilakukan secara semi-terstruktur, yaitu menggunakan panduan pertanyaan namun tetap memberi ruang bagi informan untuk mengemukakan pendapatnya secara bebas dan alami. Teknik ini dipilih agar peneliti memperoleh data yang bersifat eksploratif dan kontekstual.

2. Observasi Lapangan

Observasi dilakukan secara langsung di kebun jambu kristal tempat para petani beraktivitas. Melalui observasi, peneliti mengamati proses penentuan kematangan buah yang dilakukan secara tradisional. Observasi juga mencakup kondisi lingkungan fisik kebun, peralatan yang digunakan, serta kebiasaan budidaya yang relevan dengan penelitian. Hasil observasi dicatat dalam bentuk catatan lapangan (*field notes*) sebagai data deskriptif pendukung.

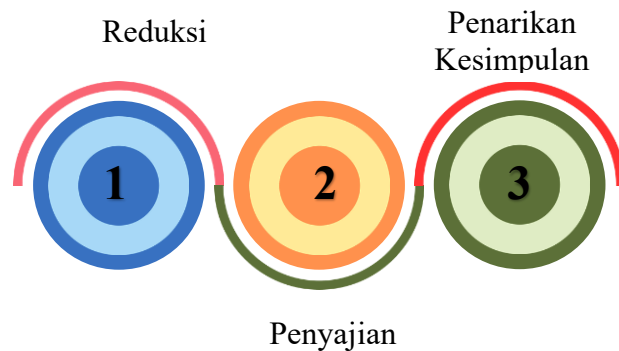
3. Dokumentasi

Teknik dokumentasi digunakan untuk melengkapi data hasil wawancara dan observasi. Data dokumentasi diperoleh dalam bentuk foto kegiatan lapangan, catatan proses panen petani,

rekaman wawancara, serta dokumen lain yang relevan.

D. Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan model interaktif Miles dan Huberman (1994) yang meliputi tiga tahap berikut:



Gambar III. Analisis Data

a. Reduksi Data

Data hasil wawancara, observasi, dan dokumentasi dipilih, dikelompokkan, dan disederhanakan untuk memfokuskan pada informasi yang relevan dengan tujuan penelitian.

b. Penyajian Data

Data yang telah direduksi disajikan dalam bentuk uraian naratif agar hubungan antar temuan mudah dipahami dan dianalisis.

c. Penarikan Kesimpulan

Kesimpulan dibuat berdasarkan temuan lapangan dan diuji keabsahannya melalui triangulasi data.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

1) Hasil Kuesioner

Hasil kuesioner digunakan untuk menggambarkan persepsi dan pengalaman petani dalam menentukan waktu panen jambu kristal serta sikap terhadap penerapan teknologi kecerdasan artifisial berbasis citra. Data kuesioner memberikan informasi awal mengenai tingkat kesulitan penentuan kematangan buah secara konvensional dan kesiapan petani dalam menerima sistem prediksi berbasis deep learning. Temuan ini menjadi dasar untuk mengidentifikasi peluang dan tantangan implementasi teknologi di lapangan. Hasil Kuesioner disajikan dalam Tabel II berikut.

Tabel II. Hasil Kuesioner Persepsi Petani terhadap Penentuan Waktu Panen Jambu Kristal Berbasis Kecerdasan Artifisial

No	Pertanyaan	Jawaban Responden
1	Berapa lama buah jambu kristal biasanya siap dipanen setelah pembentukan buah?	$\pm$ 3–4 bulan setelah bunga mekar (90–120 hari)
2	Indikator apa yang digunakan untuk menentukan buah siap dipanen?	Warna kulit buah, ukuran buah, dan umur buah

3	Seberapa sulit menentukan waktu panen secara tepat menggunakan cara tradisional?	Cukup sulit
4	Apakah pernah menggunakan aplikasi atau teknologi prediksi pertanian sebelumnya?	Tidak
5	Seberapa setuju penggunaan kecerdasan artifisial (AI) untuk menentukan tingkat kematangan jambu kristal berdasarkan foto buah?	Setuju
6	Apakah bersedia mengambil dan mengirimkan foto buah jambu kristal untuk keperluan analisis kematangan?	Ya
7	Faktor apa yang paling memengaruhi tingkat kematangan dan hasil panen jambu kristal?	Perawatan tanaman, cuaca, dan kondisi lingkungan
8	Apakah menginginkan sistem prediksi kematangan tersedia dalam bentuk aplikasi berbasis smartphone?	Ya
9	Fitur apa yang diharapkan dari aplikasi prediksi panen berbasis citra?	Mudah digunakan, cepat memberikan hasil, dan akurat
10	Saran atau masukan terkait pengembangan sistem prediksi kematangan jambu kristal berbasis AI	Teknologi harus praktis dan dapat digunakan langsung di lapangan

Hasil kuesioner menunjukkan bahwa penentuan waktu panen jambu kristal masih menjadi tantangan bagi petani. Secara teoritis, buah jambu kristal umumnya siap dipanen pada kisaran 90–120 hari setelah bunga mekar, namun dalam praktik di lapangan, penentuan waktu panen tidak hanya didasarkan pada umur buah, melainkan juga pada indikator visual seperti warna kulit dan ukuran buah. Kondisi ini menyebabkan proses penentuan kematangan masih bersifat perkiraan dan belum sepenuhnya objektif.

Responden menilai bahwa menentukan waktu panen secara tepat menggunakan cara tradisional tergolong cukup sulit, terutama karena pengaruh faktor lingkungan seperti cuaca dan kondisi tanaman. Temuan ini menunjukkan adanya keterbatasan metode konvensional dalam memberikan kepastian tingkat kematangan buah, sehingga berpotensi menurunkan konsistensi kualitas hasil panen.

Terkait pemanfaatan teknologi, hasil kuesioner memperlihatkan bahwa responden belum pernah menggunakan aplikasi atau teknologi prediksi pertanian sebelumnya. Meskipun demikian, responden menunjukkan sikap positif terhadap penerapan kecerdasan artifisial berbasis citra untuk membantu menentukan tingkat kematangan jambu kristal. Responden menyatakan setuju dengan penggunaan teknologi tersebut dan bersedia mengirimkan foto buah untuk keperluan analisis.

Lebih lanjut, responden mengharapkan agar sistem prediksi kematangan dikembangkan dalam bentuk aplikasi berbasis smartphone yang mudah digunakan, cepat memberikan hasil, dan akurat. Faktor utama yang dinilai memengaruhi hasil panen meliputi perawatan tanaman, cuaca, dan kondisi lingkungan, yang sekaligus menjadi tantangan dalam pengembangan sistem berbasis deep learning. Secara keseluruhan, hasil kuesioner mengindikasikan adanya peluang besar penerapan teknologi deep learning berbasis computer vision dalam mendukung penentuan waktu panen jambu kristal secara lebih objektif dan akurat di lapangan.

2) Hasil Observasi

Hasil observasi bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik visual dan kondisi lapangan yang digunakan dalam penentuan kematangan buah jambu kristal secara konvensional sebagaimana disajikan pada Tabel III. Observasi difokuskan pada aspek morfologi buah, keseragaman tingkat kematangan, serta pengaruh kondisi lingkungan terhadap penilaian visual. Temuan observasi ini menjadi dasar dalam

mengevaluasi keterbatasan metode tradisional dan kebutuhan penerapan teknologi berbasis computer vision.

Tabel III. Hasil Observasi Penentuan Kematangan Buah Jambu Kristal

No	Aspek yang Diamati	Hasil Observasi Lapangan	Implikasi terhadap Penentuan Panen
1	Warna kulit buah	Terjadi perubahan warna dari hijau muda menuju hijau kekuningan pada buah yang mendekati matang	Warna menjadi indikator utama, namun rentan subjektivitas dan dipengaruhi pencahayaan
2	Tekstur kulit buah	Buah matang memiliki tekstur lebih kasar dibandingkan buah muda	Perbedaan tekstur sulit dibedakan secara visual tanpa pengalaman
3	Ukuran buah	Ukuran buah bervariasi meskipun berada pada umur panen yang relatif sama	Ukuran tidak selalu mencerminkan tingkat kematangan secara akurat
4	Keseragaman kematangan	Dalam satu pohon ditemukan buah dengan tingkat kematangan yang tidak seragam	Menyulitkan penentuan waktu panen serempak
5	Kondisi pencahayaan	Pencahayaan optimal terjadi pada pukul 09.00–14.00; di luar waktu tersebut warna tampak bias	Variasi pencahayaan memengaruhi akurasi pengamatan visual
6	Kondisi cuaca	Cuaca mendung dan hujan menurunkan kejelasan visual buah	Observasi manual menjadi kurang konsisten
7	Metode observasi	Pengamatan dilakukan secara visual tanpa alat bantu	Penilaian kematangan bersifat subjektif dan bergantung pada pengalaman petani

Hasil observasi menunjukkan bahwa penentuan kematangan buah jambu kristal secara konvensional masih sangat bergantung pada pengamatan visual manual, yang dipengaruhi oleh variasi warna, ukuran, pencahayaan, dan kondisi cuaca. Ketidakkonsistenan visual antarbuah, bahkan dalam satu pohon yang sama, menunjukkan keterbatasan metode tradisional dalam memberikan penilaian yang objektif. Temuan ini memperkuat kebutuhan akan pendekatan berbasis computer vision dan deep learning untuk mengekstraksi ciri visual kematangan secara lebih stabil dan terukur.

3) Hasil Wawancara

Hasil wawancara bertujuan untuk menggali pengalaman dan pandangan petani terkait praktik penentuan waktu panen jambu kristal serta persepsi terhadap pemanfaatan teknologi kecerdasan artifisial. Wawancara difokuskan pada indikator kematangan yang digunakan, tingkat kesulitan yang dihadapi, serta kesiapan petani dalam menerima sistem prediksi berbasis citra yang disajikan pada Tabel IV. Temuan ini memberikan pemahaman kontekstual yang melengkapi hasil observasi dan kuesioner.

Tabel IV. Hasil Wawancara Petani terkait Penentuan Waktu Panen Jambu Kristal

No	Fokus Wawancara	Temuan Utama	Kutipan Wawancara
1	Cara menentukan waktu panen	Penentuan panen dilakukan berdasarkan pengamatan visual dan pengalaman pribadi	“Biasanya saya lihat dari warna sama ukuran buah. Kalau sudah kelihatan pas, baru dipanen.”
2	Indikator	Warna kulit buah dan ukuran	“Kalau warnanya sudah agak

	kematangan	menjadi indikator utama, umur buah sebagai pendukung	kekuningan dan buahnya besar, biasanya sudah siap.”
3	Tingkat kesulitan penentuan panen	Petani mengalami kesulitan membedakan kematangan buah yang mirip secara visual	“Kadang kelihatannya sama, tapi pas dipanen ternyata ada yang belum matang.”
4	Dampak kesalahan panen	Kesalahan waktu panen memengaruhi kualitas dan nilai jual buah	“Kalau kepagian rasanya belum manis, kalau kelamaan buahnya jadi keras.”
5	Pengaruh lingkungan	Pencahayaan dan cuaca memengaruhi kejelasan warna buah	“Kalau mendung atau sore hari, warnanya suka kelihatan beda.”
6	Sikap terhadap teknologi AI	Petani menunjukkan ketertarikan pada teknologi berbasis foto	“Kalau tinggal foto terus keluar hasilnya, itu pasti membantu.”
7	Bentuk teknologi yang diharapkan	Aplikasi sederhana berbasis smartphone	“Yang penting gampang dipakai di HP dan tidak ribet.”
8	Kendala penerapan teknologi	Kekhawatiran pada pemahaman penggunaan dan kondisi lapangan	“Asal tidak terlalu rumit dan bisa dipakai di kebun, saya mau coba.”

Hasil wawancara menunjukkan bahwa penentuan waktu panen jambu kristal masih bergantung pada pengalaman dan pengamatan visual subjektif. Kesulitan dalam membedakan tingkat kematangan buah yang serupa secara visual serta pengaruh kondisi lingkungan menjadi kendala utama metode tradisional. Di sisi lain, petani menunjukkan sikap terbuka dan positif terhadap penerapan teknologi kecerdasan artifisial berbasis citra, khususnya apabila dikemas dalam bentuk aplikasi yang sederhana, praktis, dan mudah digunakan di lapangan.

B. Pembahasan Hasil Penelitian

1) Kelemahan sistem tradisional dalam penentuan waktu panen jambu kristal mendorong perlunya penerapan teknologi berbasis kecerdasan artifisial

Berdasarkan integrasi hasil observasi, wawancara, dan kuesioner, dapat disimpulkan bahwa sistem tradisional penentuan waktu panen jambu kristal masih memiliki kelemahan mendasar, terutama karena bertumpu pada pengamatan visual subjektif terhadap warna, ukuran, dan tekstur buah. Observasi lapangan menunjukkan bahwa karakteristik visual buah sangat dipengaruhi oleh variasi pencahayaan, cuaca, dan ketidaksamaan tingkat kematangan antarbuah dalam satu pohon, sehingga penilaian kematangan menjadi tidak konsisten. Kondisi ini diperkuat oleh hasil wawancara, di mana petani mengakui kesulitan membedakan buah yang secara visual tampak serupa tetapi memiliki tingkat kematangan yang berbeda, yang berpotensi menyebabkan kesalahan waktu panen dan berdampak pada kualitas serta nilai jual.

Temuan tersebut selaras dengan hasil kuesioner yang menunjukkan bahwa petani menilai proses penentuan panen sebagai aktivitas yang cukup sulit dan membutuhkan ketelitian tinggi, sekaligus mengindikasikan kebutuhan akan alat bantu yang lebih objektif. Secara teoretis, keterbatasan ini sejalan dengan temuan Rustani & Susanto (2019) yang menyatakan bahwa inspeksi visual manual pada buah hortikultura memiliki reliabilitas rendah akibat pengaruh lingkungan dan bias persepsi manusia. Tian et al. (2023) juga menegaskan bahwa subjektivitas penilaian menjadi kelemahan utama sistem tradisional, sehingga mendorong pengembangan teknologi computer vision berbasis deep learning yang mampu mengekstraksi ciri visual secara kuantitatif dan konsisten. Selain itu, sikap positif petani terhadap penggunaan teknologi yang teridentifikasi dalam kuesioner menunjukkan adanya kesiapan adopsi

inovasi, sebagaimana dikemukakan Gunawan & Marina (2025) bahwa penerimaan teknologi AI di sektor pertanian meningkat ketika teknologi tersebut relevan dengan kebutuhan lapangan dan mudah diaplikasikan. Dengan demikian, temuan penelitian ini secara komprehensif menunjukkan bahwa kelemahan sistem tradisional dalam penentuan waktu panen jambu kristal menjadi dasar yang kuat bagi perlunya penerapan teknologi kecerdasan artifisial berbasis deep learning sebagai solusi yang lebih objektif, akurat, dan berkelanjutan.

2) *Potensi dan peran teknologi kecerdasan artifisial, khususnya deep learning berbasis computer vision, dalam mendeteksi tingkat kematangan buah jambu kristal secara objektif*

Berdasarkan temuan penelitian ini, penerapan teknologi kecerdasan artifisial, khususnya deep learning berbasis computer vision, memiliki potensi besar dalam mengatasi keterbatasan sistem tradisional penentuan kematangan buah jambu kristal. Hasil observasi menunjukkan bahwa indikator visual seperti warna kulit, ukuran, dan tekstur buah merupakan ciri utama yang digunakan petani, namun indikator tersebut sulit dinilai secara konsisten akibat pengaruh pencahayaan dan kondisi lingkungan. Dalam konteks ini, teknologi computer vision berperan penting karena mampu mengekstraksi ciri visual tersebut secara kuantitatif dan terstandar dari citra digital. Hasil wawancara dan kuesioner yang menunjukkan kesulitan petani dalam membedakan tingkat kematangan buah secara visual sekaligus sikap positif terhadap penggunaan teknologi berbasis foto semakin memperkuat relevansi penerapan deep learning sebagai alat bantu pengambilan keputusan panen. Secara teoretis, model deep learning seperti Convolutional Neural Networks (CNN) memiliki kemampuan untuk mempelajari pola kompleks pada data citra, termasuk variasi warna, tekstur, dan bentuk buah yang berkaitan langsung dengan tingkat kematangan [13]. Sejumlah penelitian mutakhir juga menunjukkan bahwa pendekatan deep learning berbasis computer vision mampu memberikan akurasi klasifikasi kematangan buah yang lebih tinggi dan konsisten dibandingkan metode manual, bahkan dalam kondisi lapangan yang bervariasi [14]; [15]. Dengan demikian, teknologi kecerdasan artifisial tidak hanya berperan sebagai alat otomatisasi, tetapi juga sebagai sistem pendukung keputusan yang mampu memberikan penilaian kematangan buah jambu kristal secara objektif, akurat, dan dapat direplikasi, sehingga berpotensi meningkatkan efisiensi panen dan kualitas hasil produksi di tingkat petani.

3) *Tahapan konseptual dan prosedural penerapan deep learning dalam prediksi waktu panen jambu kristal agar dapat dipahami dan diaplikasikan oleh petani atau pelaku pertanian di lapangan*

Penerapan deep learning dalam prediksi waktu panen jambu kristal secara konseptual dan prosedural dapat dirancang melalui tahapan yang sederhana dan mudah diadaptasi oleh petani di lapangan. Tahap awal dimulai dari pengambilan citra buah jambu kristal menggunakan kamera *smartphone* dengan panduan waktu dan kondisi pencahayaan yang relatif seragam agar kualitas citra konsisten, sebagaimana disarankan dalam praktik *computer vision* pertanian untuk meminimalkan noise visual dan variasi data yang dapat memengaruhi akurasi analisis citra [16]; [17]; [18]. Selanjutnya, citra buah diklasifikasikan ke dalam kategori tingkat kematangan berdasarkan ciri visual utama seperti warna kulit, tekstur permukaan, dan bentuk buah, yang kemudian digunakan sebagai data latih (training data) untuk model deep learning. Pada tahap pemodelan, algoritma Convolutional Neural Networks (CNN) digunakan karena kemampuannya dalam mengekstraksi fitur visual secara otomatis dan akurat tanpa memerlukan perhitungan manual, sehingga cocok untuk klasifikasi kematangan buah [19]. Setelah model dilatih dan diuji hingga mencapai tingkat akurasi yang memadai, sistem dapat diimplementasikan dalam bentuk aplikasi berbasis *smartphone* yang memungkinkan petani cukup memotret buah untuk memperoleh rekomendasi waktu panen. Tahap akhir melibatkan proses evaluasi berkelanjutan melalui umpan balik pengguna, di mana hasil prediksi dibandingkan dengan kondisi panen aktual untuk meningkatkan akurasi model secara bertahap. Pendekatan bertahap ini menunjukkan bahwa teknologi deep learning tidak harus kompleks bagi pengguna akhir, melainkan dapat dikemas sebagai sistem pendukung keputusan yang praktis, mudah digunakan, dan relevan dengan kebutuhan petani, sebagaimana direkomendasikan dalam penelitian-penelitian mutakhir tentang penerapan AI di sektor pertanian [20].

4) *Tantangan dan peluang dalam penerapan sistem prediksi kematangan buah berbasis deep learning pada komoditas jambu kristal*

Penerapan sistem prediksi kematangan buah jambu kristal berbasis deep learning di lapangan menghadirkan tantangan sekaligus peluang yang saling berkaitan. Hasil observasi menunjukkan bahwa variasi pencahayaan, cuaca, dan latar belakang objek menjadi tantangan utama dalam pengambilan citra buah yang konsisten, sementara hasil wawancara mengungkap keterbatasan pengalaman teknologi sebagian petani serta kekhawatiran terhadap kompleksitas penggunaan sistem digital. Kondisi ini diperkuat oleh hasil kuesioner yang mengindikasikan bahwa meskipun petani bersikap positif terhadap teknologi kecerdasan artifisial, mereka mengharapkan sistem yang sederhana, mudah dipahami, dan dapat dioperasikan melalui perangkat yang sudah akrab, seperti smartphone. Dari sisi teknis, tantangan lain meliputi kebutuhan akan dataset citra yang representatif, proses anotasi data yang memerlukan ketelitian, serta kemampuan model untuk beradaptasi terhadap variasi kondisi lapangan yang dinamis, sebagaimana dikemukakan oleh [21]. Namun demikian, peluang penerapan teknologi ini sangat besar karena model deep learning berbasis computer vision memiliki kemampuan untuk mempelajari pola visual kematangan buah secara komprehensif dan memberikan prediksi yang lebih objektif dan konsisten dibandingkan metode tradisional [22]; [23]. Selain itu, meningkatnya akses petani terhadap smartphone dan teknologi digital membuka peluang implementasi sistem prediksi kematangan dalam bentuk aplikasi praktis yang dapat digunakan secara langsung di kebun, sejalan dengan temuan [17] mengenai meningkatnya adopsi teknologi AI di sektor pertanian. Dengan strategi desain sistem yang berorientasi pada pengguna, pelatihan singkat bagi petani, serta pengembangan model yang adaptif terhadap kondisi lokal, tantangan penerapan deep learning pada komoditas jambu kristal dapat dikonversi menjadi peluang untuk meningkatkan efisiensi panen, kualitas hasil, dan daya saing produk pertanian secara berkelanjutan.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil observasi, wawancara, dan kuesioner, dapat disimpulkan bahwa sistem tradisional penentuan waktu panen jambu kristal masih memiliki keterbatasan mendasar, terutama karena bergantung pada penilaian visual subjektif yang dipengaruhi oleh pengalaman petani, kondisi pencahayaan, dan variabilitas lingkungan. Keterbatasan tersebut menyebabkan ketidakkonsistenan dalam menentukan tingkat kematangan buah dan berpotensi menurunkan kualitas serta nilai jual hasil panen. Temuan ini menunjukkan adanya kebutuhan nyata akan solusi yang lebih objektif dan konsisten dalam mendukung pengambilan keputusan panen.

Teknologi kecerdasan artifisial, khususnya deep learning berbasis computer vision, memiliki potensi signifikan untuk menjawab permasalahan tersebut melalui kemampuan analisis citra buah secara kuantitatif dan terstandar. Model deep learning mampu mengekstraksi ciri visual kematangan buah secara otomatis dan memberikan prediksi waktu panen yang lebih akurat dibandingkan metode konvensional. Selain itu, pendekatan konseptual dan prosedural yang sederhana memungkinkan teknologi ini dikemas dalam bentuk aplikasi berbasis smartphone yang mudah dipahami dan diaplikasikan oleh petani di lapangan.

Meskipun penerapan sistem prediksi kematangan berbasis deep learning menghadapi tantangan teknis dan nonteknis, seperti variasi kondisi lapangan dan kesiapan pengguna, peluang implementasinya sangat besar seiring meningkatnya literasi digital dan keterbukaan petani terhadap inovasi teknologi. Dengan perancangan sistem yang berorientasi pada kebutuhan pengguna dan dukungan pelatihan yang memadai, teknologi kecerdasan artifisial berpotensi menjadi solusi strategis dalam meningkatkan efisiensi, akurasi, dan keberlanjutan praktik panen jambu kristal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Bezas and F. Filippidou, "The Role of Artificial Intelligence and Machine Learning in Smart and Precision Agriculture," *Indones. J. Comput. Sci.*, vol. 12, no. 1, pp. 1576–1588, 2023.
- [2] E. Tapia-Mendez, I. A. Cruz-Albarran, S. Tovar-Arriaga, and L. A. Morales-Hernandez, "Deep

- Learning-Based Method for Classification and Ripeness Assessment of Fruits and Vegetables,” *Appl. Sci.*, vol. 13, no. 22, 2023, doi: 10.3390/app132212504.
- [3] H. Nuroso, I. Windani, and D. Widiyantono, “Analisis Usaha Komoditas Jambu Kristal,” *Surya agritama*, vol. 9, no. 1, pp. 24–33, 2020, [Online]. Available: <https://jurnal.umpwr.ac.id/index.php/suryaagritama/article/view/1156>
- [4] H. Dewi, “Fenomena Digital Pembelajaran Berdiferensiasi Untuk Memaksimalkan Potensi Peserta Didik Bermetode Brackinalyde Berbasis Tensesdukling,” *Ideguru J. Karya Ilm. Guru*, 2024, [Online]. Available: <https://jurnal-dikpora.jogjaprovo.go.id/index.php/jurnalideguru/article/view/714>
- [5] Y. D. Sihombing, A. Abubakar, and L. Nur’azkiya, “Analisis Kelayakan Usahatani Jambu Kristal (Psidium Guajava L.) (Studi Kasus: P4s Wira Tani di Desa Tegal Sawah Kecamatan Karawang Timur Kabupaten Karawang),” *J. Ilm. Mhs. Agroinfo Galuh*, vol. 9, no. 3, p. 971, 2022, doi: 10.25157/jimag.v9i3.8016.
- [6] Suharman, D. Amrih, A. Sutakwa, and N. K. Izzati, “Pemberdayaan Masyarakat Desa Patukgawemulyo melalui Pengembangan Keterampilan Diversifikasi Produk Olahan Jambu Kristal,” *Community Dev. J.*, vol. 4, no. 2, pp. 4475–4478, 2023.
- [7] M. Rupasari, A. L. Maukar, A. Taslim, A. S. Ratum, and J. K. Runtuk, “Penyuluhan Budi Daya Dan Bisnis Jambu Kristal Di Desa,” *J. Apl. Dan Inov. Ipteks SOLIDITAS*, vol. 5, no. 1, pp. 77–91, 2022.
- [8] D. Rustani and S. Susanto, “Kualitas Fisik dan Kimia Buah Jambu ‘Kristal’ pada Letak Cabang yang Berbeda,” *Bul. Agrohorti*, vol. 7, no. 2, pp. 123–129, 2019, doi: 10.29244/agrob.7.2.123-129.
- [9] H. F. Mufza, E. M. Pribadi, M. E. E. Miska, and I. M. Arti, “Pengaruh umur panen terhadap susut bobot dan organoleptik buah jambu biji (Psidium guajava L) kristal selama penyimpanan,” *Agrointek J. Teknol. Ind. Pertan.*, vol. 19, no. 1, pp. 39–48, 2025, doi: 10.21107/agrointek.v19i1.18080.
- [10] J. W. Creswell, *Research Design Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*, vol. 11, no. 1, 2014. [Online]. Available: http://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1091/RED2017-Eng-8ene.pdf?sequence=12&isAllowed=y%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.regsciurbeco.2008.06.005%0Ahttps://www.researchgate.net/publication/305320484_SISTEM_PEMBETUNGAN_TERPUSAT_STRATEGI_MELESTARI
- [11] X. Tian, K. H. Park, and Q. Liu, “Deep Learning Influences on Higher Education Students’ Digital Literacy: The Meditating Role of Higher-order Thinking,” *Int. J. Eng. Pedagog.*, vol. 13, no. 6, pp. 33–49, 2023, doi: 10.3991/ijep.v13i6.38177.
- [12] M. Gunawan and I. Marina, “Peran Kecerdasan Buatan dalam Optimalisasi Pertanian di Era Digital,” *J. Innov. Res. Agric.*, vol. 4, no. 1, pp. 39–45, 2025.
- [13] A. Hayat, F. Morgado-Dias, T. Choudhury, T. P. Singh, and K. Kotecha, “FruitVision: A deep learning based automatic fruit grading system,” *Open Agric.*, vol. 9, no. 1, 2024, doi: 10.1515/opag-2022-0276.
- [14] F. D. Wihartiko, S. Nurdianti, A. Buono, and E. Santosa, “Blockchain Dan Kecerdasan Buatan Dalam Pertanian : Blockchain and Artificial Intelligence in Agriculture :,” *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 8, no. 1, pp. 177–188, 2021, doi: 10.25126/jtiik.202184059.
- [15] K. Sharma and S. K. Shivandu, “Integrating artificial intelligence and Internet of Things (IoT) for enhanced crop monitoring and management in precision agriculture,” *Sensors Int.*, vol. 5, no. August, p. 100292, 2024, doi: 10.1016/j.sintl.2024.100292.
- [16] D. Pakiding and A. Selao, “Implementation of Computer Vision for Detecting Diseases in Chili and Tomato Plants Using the Convolutional Neural Networks Method Implementasi Computer Vision dalam Mendeteksi Penyakit pada Tanaman Cabai dan Tomat Menggunakan Algoritma

- Convolutional Neur,” *MALCOM Indones. J. Mach. Learn. Comput. Sci.*, vol. 5, no. July, pp. 841–850, 2025.
- [17] J. Ma, M. Li, W. Fan, and J. Liu, “State-of-the-Art Techniques for Fruit Maturity Detection,” *Agronomy*, vol. 14, no. November, pp. 1–19, 2024.
- [18] Z. Cao and S. Sun, “A Review of Computer Vision and Deep Learning Applications in Crop Growth Management,” *Appl. Sci.*, vol. 15, no. July, pp. 1–28, 2025.
- [19] O. Martínez-Mora *et al.*, “Artificial Vision-Based Dual CNN Classification of Banana Ripeness and Quality Attributes Using RGB Images,” *Processes*, vol. 13, no. 7, pp. 1–11, 2025, doi: 10.3390/pr13071982.
- [20] X. Zou, Z. Liu, X. Zhu, W. Zhang, Y. Qian, and Y. Li, “Application of Vision Technology and Artificial Intelligence in Smart Farming,” *Agriculture*, vol. 13, no. November, pp. 1–5, 2023.
- [21] L. Muzhaffar, “Revolusi Pertanian Cerdas : AI dan IoT Mendorong Peningkatan Hasil Panen dan Keberlanjutan,” *Researchgate*, no. June, pp. 0–5, 2024.
- [22] M. Asyrof, M. Anwar, Y. Hendriyani, and Syafrijon, “Pengembangan Aplikasi Prediksi Tingkat Kematangan Buah Manggis Menggunakan Hybrid Convolutional Neural Network,” *J. ICT Inf. Commun. Technol.*, vol. 25, no. Juni, pp. 20–25, 2025.
- [23] F. Faridatul and M. B. Purwanto, “Pemanfaatan Artificial Intelligence (AI) dalam Pemasaran Digital : Tantangan dan Peluang aspek kehidupan , termasuk dalam bidang ekonomi dan pemasaran . Kemajuan ini Intelligence (AI). merek dan konsumen . Teknologi ini memungkinkan perusahaan memahami,” *Optim. J. Ekon. dan Manaj.*, vol. 5, no. September, pp. 607–622, 2025.