

Identifikasi Mangga Berdasarkan Tingkat Kematangan Menggunakan Yolo 11

Muhammad Miftahul Huda¹, Kukhuh Agung Prasetyo², Muhammad Ariel Rizqi Vieri³,
Resty Wulanningrum⁴, Made Ayu Dusea Widya Dara⁵

¹⁻⁵Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: ¹miftahuda701@gmail.com, ²kukuhagung12@gmail.com, ³ariel.arv.09@gmail.com
⁴restyw@unpkdr.ac.id, ⁵madedara@gmail.com.

Abstrak – Pertumbuhan penduduk yang pesat tanpa diimbangi peningkatan produksi pertanian dapat memicu krisis pangan global. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat kematangan buah mangga menggunakan algoritma YOLO versi 11, yang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan hasil pertanian. Metode yang digunakan adalah Cross-Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM), dengan pengumpulan data citra buah mangga sebagai sampel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model dapat mendeteksi buah mangga matang dengan akurasi 100%, sedangkan untuk mangga yang belum matang, akurasi mencapai 68%. Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun model efektif, masih ada ruang untuk perbaikan dalam mengidentifikasi mangga yang belum matang. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa penerapan teknologi berbasis YOLO dapat memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan produktivitas pertanian dan membantu petani dalam pemilihan hasil panen secara cepat dan akurat, yang penting untuk mendukung ketahanan pangan di masa depan.

Kata Kunci —identifikasi, mangga, pertanian, YOLOv11

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan penduduk yang terus meningkat tanpa diimbangi dengan peningkatan produksi pertanian akan berdampak buruk. Prediksi dari FAO (*Food and Agriculture Organization*) menyatakan bahwa jumlah penduduk dunia akan mengalami peningkatan hingga mencapai 9,6 miliar pada tahun 2050. Hal ini akan memicu krisis pangan apabila produksi pertanian tidak mampu mencukupi kebutuhan penduduk tersebut [1]. Oleh sebab itu penting bagi pemerintah untuk memaksimalkan penerapan konsep *smart farming* yang merupakan pengembangan inovasi dunia pertanian dengan pengembangan teknologi sesuai dengan protokol yang sudah ditetapkan, sehingga penerapannya dapat memaksimalkan produktivitas, mutu dan pemeliharaan lingkungan melalui inovasi tersebut [2][3].

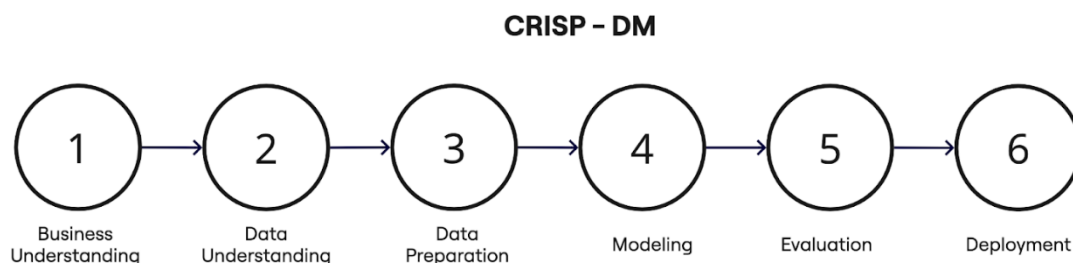
Melalui *smart farming*, salah satu sektor pertanian yang cocok untuk diterapkan inovasi ini adalah perkebunan mangga, mengingat produksi buah mangga di Indonesia memiliki potensi yang besar, data menunjukkan bahwa produksi mangga di Indonesia terus meningkat hingga mencapai 2.624.783-ton pada periode 2014-2018 [4]. Sebagai contoh, perkebunan mangga dengan luas panen 176.000 hektar mampu memproduksi hingga mencapai 1,4 juta ton. Dan di Kabupaten Indramayu pada tahun 2009, tingkat produktivitas mangga tercatat dapat mencapai 123.385.86 ton/tahun [5]. Sebelum dijual, buah mangga akan dipilah berdasarkan beberapa kriteria seperti ukuran dan tingkat kematangan, pemilihan ini dilakukan untuk menghindari penurunan kualitas produk yang berpotensi merugikan penjual [6]. Namun proses pemilihan ini jika dilakukan secara manual, sering kali memerlukan waktu yang cukup lama. Sehingga dalam konteks ini, penerapan teknologi *computer vision* dapat dimanfaatkan dalam proses pemilihan agar lebih cepat dan efisien, sebab dengan *computer vision* memungkinkan sistem untuk dapat mengenali karakteristik visual pada suatu objek dengan algoritma pendeteksi objek secara konsisten [7], termasuk dalam mengidentifikasi tingkat kematangan buah mangga.

Sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut diperlukan sebuah sistem yang dapat membantu dalam mengidentifikasi buah mangga berdasarkan akurasi dan tingkat kematangan secara *real-time*. Untuk dapat membuat sistem dengan akurat, pada penelitian ini menggunakan model *You Only Look Once* (YOLO). Sebab model YOLO terbukti lebih cepat dan akurat dalam mendeteksi objek maupun gambar [8]. Model YOLO yang sudah dilatih nantinya akan digunakan untuk mengidentifikasi tingkat kematangan mangga berdasarkan ciri-ciri visual seperti warna, ukuran dan tekstur.

Berdasarkan penelitian sebelumnya tentang pembuatan model pendeteksi kecurangan dan pelacakan untuk membantu pengawas ujian dalam mengontrol ruangan, model ini menggunakan *YOLOv7* dan *DeepShort* dengan akurasi yang diperoleh sebesar 81.67% [9]. Penelitian serupa juga pernah dilakukan dengan menerapkan *YOLOv8* untuk mendeteksi tingkat kematangan buah manggis yang memiliki nilai akurasi terbaik sebesar 97.8% [10]. Dengan beberapa penelitian yang pernah dilakukan untuk dapat dijadikan sebagai acuan. Maka fokus pada penelitian ini menggunakan algoritma *YOLOv11* dengan mempertimbangkan beberapa keunggulan seperti deteksi objek secara *real-time* dan ukuran yang relatif kecil sehingga ideal untuk diterapkan dalam skenario pada volume data tinggi seperti identifikasi tingkat kematangan buah magga untuk meningkatkan hasil pertanian dan tingkat produktivitas.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Cross-Industry Standard Process for Data Mining (CRISP-DM). CRISP-DM merupakan sebuah pendekatan yang digunakan secara luas sebagai standar dalam proses data mining di berbagai bidang industri [11].



miro

Gambar 1 Fase Proses Model CRISP-DM Untuk Pengolahan Data

Istilah lain dari CRISP-DM adalah framework standar dalam data mining yang dirancang untuk menghasilkan *insights* dari data secara sistematis melalui enam tahapan, yaitu *business understanding*, *data understanding*, *data preparation*, *modeling*, *evaluation*, dan *deployment* [12]. Tahapan atau fase dari metode CRISP-DM dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1. Tahapan Model CRISP-DM

Phase	Short Description
<i>Business Understanding</i>	<i>Menilai konteks bisnis, tujuan data mining, dan rencana proyek.</i>
<i>Data Understanding</i>	<i>Mengumpulkan, mengeksplorasi, dan mengecek kualitas data.</i>
<i>Data Preparation</i>	<i>Memilih, membersihkan data, dan menyiapkan atribut model.</i>
<i>Modeling</i>	<i>Memilih teknik, membangun, dan mengevaluasi model.</i>
<i>Evaluation</i>	<i>Mengevaluasi hasil sesuai tujuan awal.</i>
<i>Deploying</i>	<i>Merencanakan dan melaksanakan deployment</i>

Tabel 1 merangkum tahapan CRISP-DM, mulai dari pemahaman konteks bisnis hingga *deployment*, yang mencakup eksplorasi, persiapan data, pemodelan, dan evaluasi. Setiap fase ini memastikan proses data mining berjalan sistematis dan menghasilkan model yang efektif sesuai dengan tujuan penelitian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

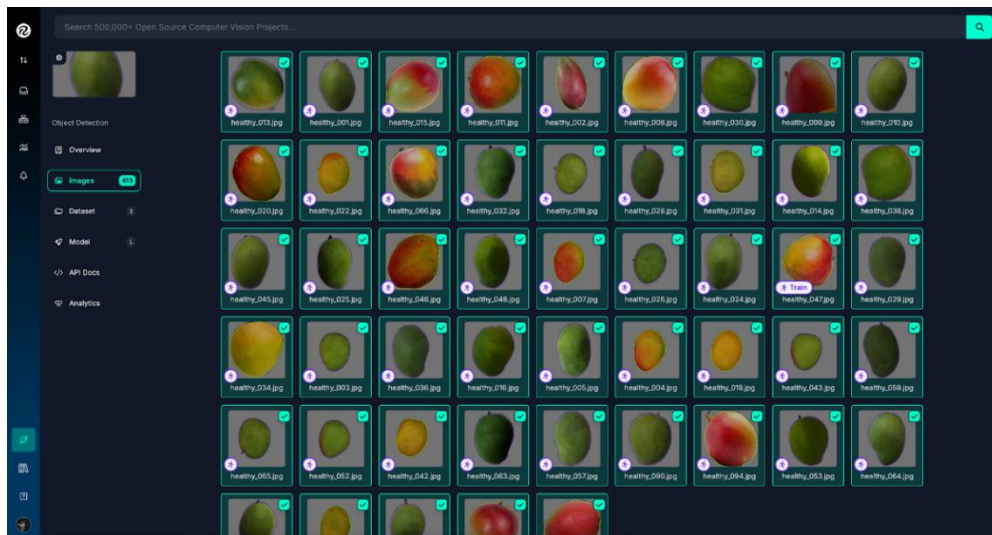
Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mendeteksi kematangan buah mangga, dengan menggunakan algoritma *You Only Look Once (YOLO)* versi 11. Dataset yang digunakan pada perancangan ini didapat dari Roboflow, yang menyediakan berbagai data gambar mangga dengan anotasi berbeda untuk pelatihan model. Proses pemodelan dijalankan di Google Colab dengan runtime GPU untuk mempercepat proses modeling data. Pembahasan lengkapnya adalah sebagai berikut.

3.1. Business Understanding

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem berbasis teknologi *machine learning* yang dapat mendukung proses penentuan kematangan dan penyortiran buah mangga secara real-time. Dengan menggunakan metode YOLO, sistem ini diharapkan mampu mengenali kematangan mangga dengan memberikan hasil yang cepat dan akurat bagi pengguna. Teknologi ini memungkinkan para petani atau pelaku industri pertanian untuk melakukan penyortiran mangga berdasarkan kematangan dengan lebih mudah, tanpa perlu bergantung pada metode manual yang memakan waktu dan tenaga. Selain itu, sistem ini juga dapat meningkatkan efisiensi rantai distribusi, serta membantu menjaga kualitas buah mangga yang didistribusikan ke pasar. Dengan kemudahan ini, diharapkan teknologi penyortiran mangga otomatis dapat diadopsi lebih luas di sektor pertanian, memberikan kontribusi dalam optimalisasi manajemen hasil panen dan meningkatkan kesejahteraan petani.

3.2. Data Understanding

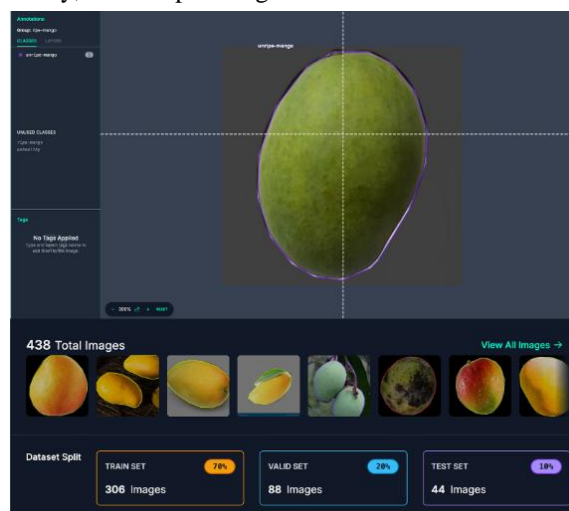
Proses monitoring memerlukan data citra sebagai input yang diolah, sistem ini menggunakan data dengan format gambar. Gambar-gambar yang digunakan dipilih sesuai dengan tujuan penelitian, yang berfokus pada tingkat kematangan buah mangga.



Gambar 2 Data Gambar yang Akan Digunakan

3.3. Data Preparation

Pada tahap Data Preparation, peneliti mengumpulkan 438 gambar dari proyek “Mango Detection and Counting Computer Vision Project” di Roboflow Universe. Pada data tersebut terdapat 3 kelas anotasi, antara lain ripe-mango, unhealthy, dan unripe-mango.

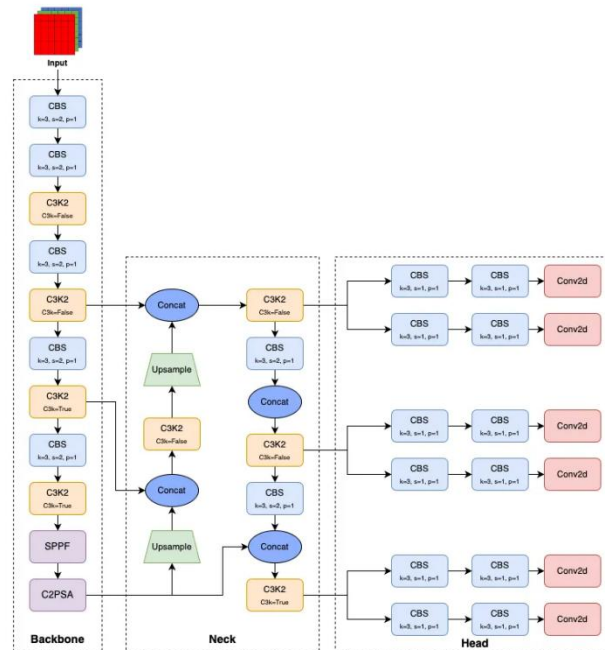


Gambar 3 Roboflow project Proses Anotasi dan Split Dataset

Pada gambar 3 dapat dilihat bahwa data gambar mangga yang telah di anotasi lalu di split untuk memudahkan proses modeling. Data tersebut telah dibagi menjadi 70% untuk data latih (306 gambar), 20% untuk validasi (88 gambar), dan 10% untuk pengujian (44 gambar) agar model dapat belajar dan mengukur akurasi dengan efektif.

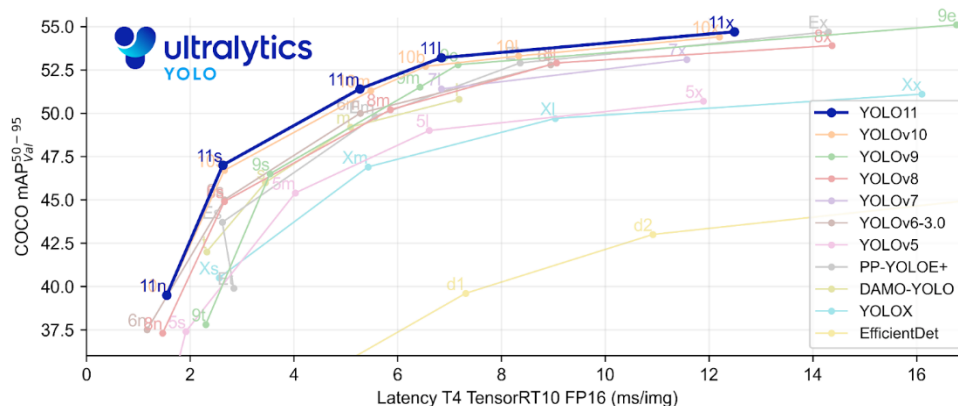
3.4. Modeling

Dalam tahap ini berfokus pada pelatihan data untuk menghasilkan model menggunakan algoritma YOLO 11. YOLO 11 adalah versi terbaru dari teknologi deteksi objek *Ultralytics* yang di rilis pada 2024. Model ini menawarkan peningkatan dalam arsitektur, ekstraksi fitur, dan metode pelatihan dibanding versi sebelumnya yaitu YOLO 9 dan YOLO 10 [13].



Gambar 4 Arsitektur Terbaru YOLO 11 dengan peningkatan C2PSA dan C3k2

YOLO 11 dilengkapi fungsi deteksi objek, segmentasi, klasifikasi gambar, dan deteksi pose. Peningkatan utamanya adalah mengenalkan modul C2PSA (*Cross-Stage Partial with Self-Attention*) yang menggabungkan *cross-stage partial* dan *self-attention* untuk deteksi objek kecil yang lebih akurat, serta blok C3k2 yang menggunakan dua konvolusi kecil untuk meningkatkan efisiensi tanpa mengurangi akurasi [14].



Gambar 5 Perbandingan antara YOLO 11 dengan versi sebelumnya

Berdasarkan Gambar 5, varian YOLO 11 (n, s, m, l, dan x) menunjukkan performa yang sangat baik dibandingkan versi sebelumnya. YOLO 11x mencapai mAP50-95 54.5% dengan latency 13ms, melampaui versi YOLO sebelumnya. Pada gambar tersebut juga varian YOLO 11l yang nantinya akan digunakan pada penelitian ini mendapat mAP50-9 sebesar kurang lebih 53% dengan latensi 7ms.

Untuk implementasinya, penelitian ini menggunakan Google Colab untuk menjalankan kode Python dengan memanfaatkan library OpenCV. Dalam proses pelatihan model, satu epoch berarti seluruh data pelatihan disajikan ke model sekali. Pada setiap epoch, model menghitung gradien fungsi kerugian dan memperbarui parameter menggunakan optimizer. Pemilihan jumlah epoch sangat penting terlalu sedikit dapat menyebabkan *underfitting*, sementara terlalu banyak bisa mengakibatkan *overfitting* [15].

```
100 epochs completed in 0.514 hours.
Optimizer stripped from trained/mango_model/weights/last.pt, 51.2MB
Optimizer stripped from trained/mango_model/weights/best.pt, 51.2MB

Validating trained/mango_model/weights/best.pt...
Ultralytics 8.3.18 Python-3.10.12 torch-2.4.1+cu121 CUDA:0 (Tesla T4, 15102MiB)
YOLO11l summary (fused): 464 layers, 25,281,625 parameters, 0 gradients, 86.6 GFLOPs

```

Class	Images	Instances	Box(P)	R	mAP50	mAP50-95
all	88	94	0.928	0.888	0.934	0.916
Sudah Matang	26	30	0.879	0.833	0.926	0.886
Busuk	35	35	0.971	0.968	0.987	0.986
Belum Matang	28	29	0.933	0.862	0.888	0.877

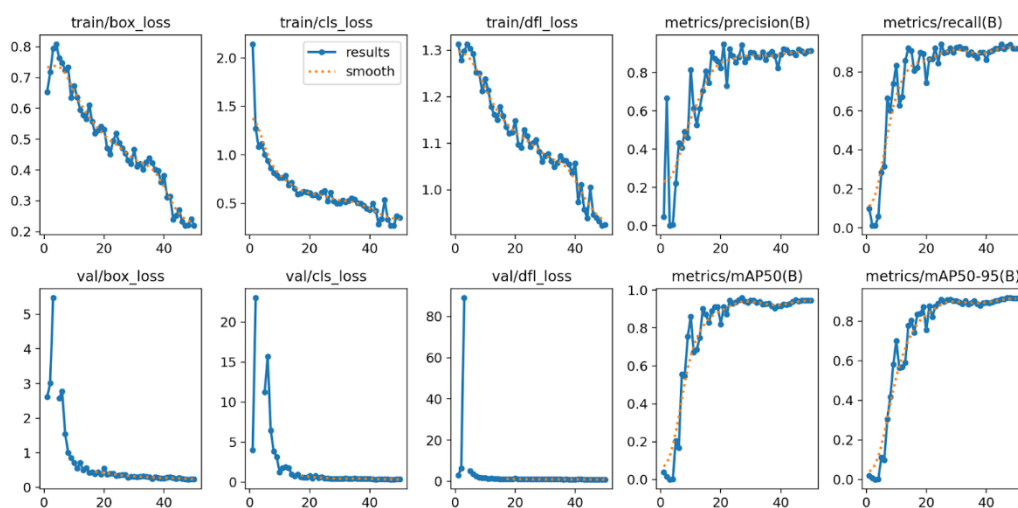
```
Speed: 0.2ms preprocess, 15.6ms inference, 0.0ms loss, 3.1ms postprocess per image
Results saved to trained/mango_model
```

Gambar 6. Proses Epochs Model

Gambar 6 menunjukkan bahwa proses pelatihan model selesai dalam waktu 0,5 jam setelah 100 epoch menggunakan YOLO 11l dengan Tesla T4 GPU. Model ini terdiri dari 464 lapisan dengan total 25.281.625 parameter, tanpa gradien yang tersisa. Model ini memiliki performa komputasi sebesar 86,6 GFLOPs (Giga Floating Point Operations per Second), yang menunjukkan kemampuannya dalam menangani tugas-tugas pemrosesan data yang kompleks.

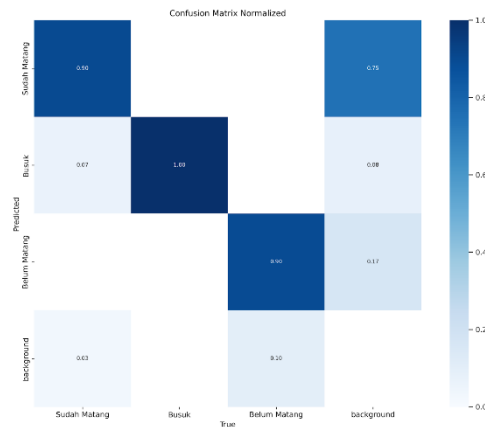
3.5. Evaluation

Tahap evaluasi bertujuan untuk menilai kinerja model yang telah dibangun dengan menggunakan data uji. Dalam proses ini, metrik seperti mAP, Precision, dan Recall digunakan untuk mengukur efektivitas model dalam mendeteksi tingkat kematangan buah mangga.



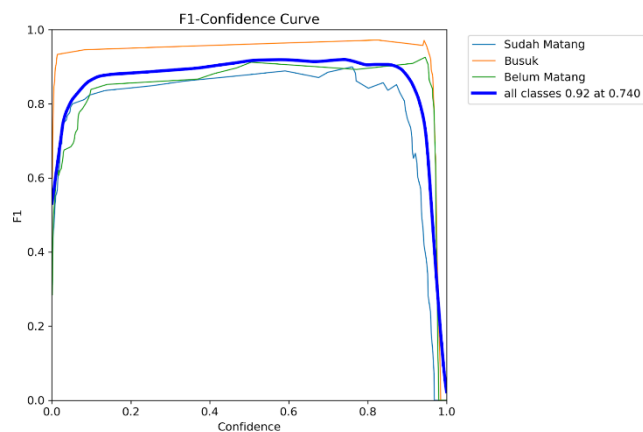
Gambar 7 Hasil build model

Gambar 7 menunjukkan bahwa hasil *build* model dapat digunakan untuk mendeteksi objek dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi, ditunjukkan dengan penurunan *loss* yang terus menurun dan peningkatan *metrics* pada setiap epoch, serta mampu mencapai *precision* dan *recall* yang tinggi dengan mAP50 dan mAP50-95 yang mendekati 1.



Gambar 9 confusion matrix model

Dari gambar 8 dapat dilihat bahwa model dapat mendeteksi buah mangga matang dengan tingkat keakuratan 100%, namun untuk mangga yang belum matang tingkat prediksi model hanya mencapai 68%, dengan kesalahan prediksi sebesar 10%.



Gambar 8 Curve F1

Pada gambar 9 menunjukkan bahwa performa model dalam mengidentifikasi tingkat kematangan mangga pada 3 kategori yang stabil di berbagai tingkat *confidence*. Namun untuk kelas “Belum matang” menunjukkan bahwa model mengalami sedikit kesulitan dalam mengidentifikasi kelas tersebut. Namun secara keseluruhan nilai F1-score untuk semua kelas mencapai sekitar 0,92 pada *confidence* level 0,74 yang menandakan performa model yang baik dalam mengidentifikasi ketiga kategori tersebut.

3.6. Deployment

Identification of Mango Ripeness Level App

Unggah gambar untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan objek dengan model YOLOv11.

Pilih gambar...

Drag and drop file here
Limit 200MB per file • JPG, JPEG, PNG

Browse files

Gambar 10 Antarmuka streamlit

Dalam upaya meningkatkan efisiensi dan kolaborasi tim, maka dalam penelitian ini kami mengadopsi *Google Colab* sebagai media pengembangan model berbasis *cloud*. Pemilihan ini didasarkan pada fleksibilitas dan

kemudahan akses. Sementara itu, untuk menyediakan antarmuka yang interaktif dan mudah digunakan oleh pengguna, kami mengimplementasikannya menggunakan bantuan framework *streamlit* sehingga memungkinkan proses visualisasi data dan hasil dari model dengan cepat dan lebih efektif.

4. SIMPULAN

Sistem berbasis algoritma YOLO versi 11 akan memproses foto secara *real-time* sehingga membantu pemilahan buah mangga berdasarkan tingkat kematangan secara cepat dan akurat, yang nantinya dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan hasil pertanian mangga. Penelitian ini memberikan hasil bahwa metode ini efektif dalam mendeteksi kematangan buah dengan akurasi yang tinggi. Hasil ini diperoleh dari pengujian beberapa metrik seperti mAP yang menunjukkan bahwa model memiliki performa yang konsisten dalam berbagai kondisi data, Precision dengan hasil yang benar-benar sesuai dengan kategori kematangan yang diharapkan, dan Recall yang minim missed detection pada beberapa kriteria kematangan. Meski sistem ini tidak diaplikasikan ke server atau aplikasi eksternal, pemanfaatan platform Google Collab memberikan akses yang mudah dalam pengujian model.

Kelebihan metode ini adalah memberikan efisiensi dalam waktu pemrosesan dan memberikan nilai keakuratan tinggi dalam deteksi objek, yang sesuai dengan skenario penggunaan di lapangan. Pada hal ini terfokus pada objek kematangan buah mangga. Namun, penelitian ini terbatas pada kurangnya pengujian dalam kondisi lingkungan yang bervariasi, seperti pencahayaan dan variasi kualitas kamera.

5. SARAN

Perlunya dilakukan pengujian model dalam berbagai kondisi lapangan yang lebih beragam, seperti pencahayaan dan jenis kamera yang bervariasi, agar dapat diketahui ketahanan dan fleksibilitas model dalam kondisi nyata. Selain itu perlunya penerapan di lingkungan pertanian yang lebih luas, seperti daerah dengan produksi tinggi, untuk evaluasi dampaknya pada produktivitas pertanian secara keseluruhan. Ada juga kemungkinan sistem ini akan membantu jaringan otomatisasi pertanian yang lebih luas jika diintegrasikan dengan Internet of Things dan penerapan teknologi machine learning yang lebih kompleks. Dan yang terakhir versi YOLO yang semakin berkembang di masa depan juga dapat memberikan hasil yang berbeda dengan pengujian yang dilakukan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. R. Rachmawati, “SMART FARMING 4.0 UNTUK MEWUJUDKAN PERTANIAN INDONESIA MAJU, MANDIRI, DAN MODERN,” *Forum penelitian Agro Ekonomi*, vol. 38, no. 2, p. 137, Jun. 2021, doi: 10.21082/fae.v38n2.2020.137-154.
- [2] J. Sondakh, J. H. W. Rembang, and N. Syahyuti, “KARAKTERISTIK, POTENSI GENERASI MILENIAL DAN PERSPEKTIF PENGEMBANGAN PERTANIAN PRESISI DI INDONESIA,” *Forum penelitian Agro Ekonomi*, vol. 38, no. 2, p. 155, Jun. 2021, doi: 10.21082/fae.v38n2.2020.155-166.
- [3] Revina Devitani Putri and Irshan Zainuddin, “PENGUNAAN SMART FARMINGDALAM INDUSTRI TERPADU KOMODITAS KAMBING DI KABUPATEN KARAWANG,” 2024.
- [4] Solikin, “Deteksi Penyakit Pada Tanaman Mangga Dengan Citra Digital : Tinjauan Literatur Sistematis (SLR),” *BINA INSANI ICT JOURNAL*, vol. 7, no. 1, pp. 63–72, 2020.
- [5] R. A. Putri, E. Chumaidiyah, and W. Tripiawan, “PERANCANGAN SISTEM BISNIS ONLINE BERBASIS SISTEM INFORMASI WEBSITE PADA PERKEBUNAN MANGGA XYZ INDRAMAYU.”
- [6] E. Kurnadi, N. Hernita, and U. Majalengka, “PENGARUH HARGA DAN KUALITAS PRODUK TERHADAP PENJUALAN (Studi Pada Pedagang Buah Mangga di Kabupaten Majalengka),” 2022.
- [7] A. M. Simarmata, A. Zizwan Putra, and A. Mahmud Husein, “Penerapan Metode Computer Vision Dalam Klasifikasi Buah Jeruk Menggunakan Teknik Image Pre-Processing,” vol. 3, no. 2, 2023, doi: 10.47709/dsi.v3i2.4010.

-
- [8] R. Kurniawan, A. T. Martadinata, and S. D. Cahyo, “Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Sawit Berbasis Deep Learning dengan Menggunakan Arsitektur YOLOv5,” *Journal of Information System Research (JOSH)*, vol. 5, no. 1, pp. 302–309, Oct. 2023, doi: 10.47065/josh.v5i1.4408.
 - [9] A. Zaffar, M. Jawad, M. Shabbir, P. O. Factory, and W. Cantt, “A Novel CNN-RNN Model for E-Cheating Detection Based on Video Surveillance,” 2022.
 - [10] R. Akyas hifdzi Rahman and A. Adi Sunarto, “PENERAPAN YOU ONLY LOOK ONCE (YOLO) V8 UNTUK DETEKSI TINGKAT KEMATANGAN BUAH MANGGIS,” 2024.
 - [11] S. N. Luqman *et al.*, “Komparasi Algoritma Klasifikasi Genre Musik pada Spotify Menggunakan CRISP-DM,” 2021.
 - [12] C. Schröer, F. Kruse, and J. M. Gómez, “A systematic literature review on applying CRISP-DM process model,” in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2021, pp. 526–534. doi: 10.1016/j.procs.2021.01.199.
 - [13] R. Khanam and M. Hussain, “YOLOv11: An Overview of the Key Architectural Enhancements,” Oct. 2024, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2410.17725>
 - [14] N. Jegham, C. Y. Koh, M. Abdelatti, and A. Hendawi, “Evaluating the Evolution of YOLO (You Only Look Once) Models: A Comprehensive Benchmark Study of YOLO11 and Its Predecessors,” Oct. 2024, [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2411.00201>
 - [15] Q. Antoko Mohti, R. Wahyudi, and M. Habib Mustofa, “Penerapan Metode Yolo V5 Dalam Mendeteksi Penyakit Tanaman Buah Naga,” 2024.