

Implementasi Klasifikasi Dua Tahap Berbasis *MobileNetV2* Pada Aplikasi Android Untuk Deteksi Dan Klasifikasi Varietas Mangga

^{1*}**Toni Gunawan**, ²**Ratih Kumalasari Niswatin**, ³**Danar Putra Pamungkas**
^{1,2,3} Teknik Informatika, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Nusantara PGRI Kediri
E-mail: ¹tonigunawan144@gmail.com, ²ratih.workmail@gmail.com, ³danar@unpkdr.ac.id
Penulis Korespondens : Toni Gunawan

Abstrak— Indonesia memiliki beragam varietas mangga lokal. Namun, kemiripan morfologi antarvarietas membuat proses identifikasi secara manual rentan mengalami kesalahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi *Android* berbasis *MobileNetV2* dengan pendekatan *Two-Stage Classification* untuk mendeteksi objek mangga dan mengklasifikasikan varietasnya secara otomatis. Dataset yang digunakan terdiri atas 400 citra untuk model deteksi dan 600 citra untuk model klasifikasi varietas mangga. Tahap *preprocessing* meliputi *resize* citra, normalisasi, dan *augmentasi* data. Model hasil pelatihan kemudian dikonversi ke format *TensorFlow Lite* agar dapat diintegrasikan ke dalam aplikasi *mobile*. Hasil evaluasi internal menunjukkan bahwa model deteksi memperoleh akurasi sebesar 88%, sedangkan model klasifikasi memperoleh akurasi sebesar 91%. Pengujian aplikasi pada data riil dilakukan menggunakan 25 citra, yang terdiri atas 20 citra mangga dan 5 citra non-mangga. Dari 20 citra mangga, sistem berhasil mengklasifikasikan 18 citra dengan benar dan mengalami 2 kesalahan prediksi. Sementara itu, seluruh 5 citra non-mangga berhasil dideteksi dengan benar sebagai objek non-mangga. Meskipun demikian, faktor latar belakang, pencahayaan, dan sudut pengambilan gambar masih memengaruhi nilai probabilitas sistem dalam melakukan prediksi pada data riil.

Kata Kunci— Aplikasi Mobile, CNN, Klasifikasi, Mangga, *MobileNetV2*

Abstract— Indonesia has various local mango varieties. However, morphological similarities between varieties make manual identification prone to errors. This study aims to develop a *MobileNetV2*-based *Android* application using a *Two-Stage Classification* approach to detect mango objects and automatically classify their varieties. The dataset used consists of 200 images for the detection model and 600 images for the mango variety classification model. The preprocessing stages include image resizing, normalization, and data augmentation. The trained model was then converted into *TensorFlow Lite* format so it could be integrated into the mobile application. The internal evaluation results showed that the detection model achieved an accuracy of 88%, while the classification model achieved an accuracy of 91%. Real-world testing was conducted using 25 images, consisting of 20 mango images and 5 non-mango images. From the 20 mango images, the system correctly classified 18 images and made 2 prediction errors. Meanwhile, all 5 non-mango images were correctly detected as non-mango objects. However, background conditions, lighting, and image capture angles still affected the system's probability values when making predictions on real-world data.

Keywords— Mobile Application, CNN, Classification, *MobileNetV2*

This is an open access article under the CC BY-SA License.



I. PENDAHULUAN

Mangga (*Mangifera Indica L.*) merupakan salah satu komoditas buah yang paling banyak diminati di Indonesia. Sebagai negara tropis, Indonesia memiliki beragam varietas mangga lokal yang potensial untuk dikembangkan dalam sektor pertanian dan pemasaran. Setiap varietas mangga memiliki nilai ekonomi, karakteristik rasa, dan preferensi konsumen yang berbeda-beda. Secara teoretis, salah satu indikator paling fungsional untuk membedakan antarvarietas adalah melalui karakteristik *morfologi* luar.

Setiap varietas memiliki karakteristik *morfologi* yang berbeda, seperti bentuk buah, ukuran, warna kulit, dan tekstur permukaan kulit. Beberapa varietas memiliki tampilan visual yang mirip sehingga identifikasi manual sering kali kurang konsisten dan rentan kesalahan [1]. Hal ini dapat berdampak pada proses penyortiran, pemasaran dan penentuan nilai jual buah mangga.

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan, khususnya *Deep Learning* dapat mempermudah proses klasifikasi berbasis citra. *Convolutional Neural Network (CNN)* dikenal sangat andal dalam mengekstraksi fitur visual seperti bentuk, warna, dan tekstur secara otomatis. Salah satu arsitektur *CNN* yang menonjol adalah *MobileNetV2*, yang dirancang sebagai model *lightweight* (ringan) dan efisien karena membutuhkan parameter komputasi yang lebih sedikit, sehingga sangat kompatibel untuk diterapkan pada perangkat dengan sumber daya terbatas seperti aplikasi *mobile*. [2].

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa metode berbasis *CNN* dan *MobileNetV2* mampu memberikan hasil yang baik dalam klasifikasi citra buah. Ratha [3] mengklasifikasikan 15 varietas mangga menggunakan kombinasi *deep features MobileNetV2* dan *ShuffleNet* dengan akurasi 99,5%. Mardianto [4] membandingkan *CNN*, *SVM*, dan *Random Forest* untuk klasifikasi varietas mangga, dengan hasil terbaik 96% pada *Random Forest*. Gulzar [5] memodifikasi arsitektur *MobileNetV2* untuk klasifikasi buah dan memperoleh akurasi 99%. Wang [6] juga menjelaskan bahwa pendekatan berbasis citra dapat membantu mengatasi keterbatasan pengamatan visual manusia pada objek dengan perbedaan morfologi yang tipis.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini mengembangkan sistem klasifikasi dua tahap berbasis *MobileNetV2* pada aplikasi *mobile*. Tahap pertama digunakan untuk mendeteksi objek mangga dan non-mangga sebagai filter awal agar citra non-mangga tidak diproses ke tahap berikutnya. Selanjutnya, citra yang terdeteksi sebagai mangga akan diproses pada tahap kedua untuk diklasifikasikan ke dalam varietas tertentu. Sistem ini dievaluasi menggunakan metrik evaluasi model dan pengujian terhadap data riil untuk mengetahui kemampuannya pada kondisi penggunaan nyata. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kinerja *MobileNetV2* dalam mendeteksi objek mangga dan mengklasifikasikan varietasnya, baik pada data uji maupun citra riil dengan kondisi yang lebih bervariasi.

II. METODE

2.1 Pengumpulan Dataset

Proses pengumpulan data dilakukan melalui dua metode, yaitu pengambilan citra dari internet dan pengambilan citra secara manual menggunakan kamera *smartphone*. Data yang dikumpulkan digunakan untuk membangun dua model, yaitu model deteksi objek mangga dan model klasifikasi varietas mangga. Model deteksi digunakan untuk membedakan citra mangga dan non-mangga, sedangkan model klasifikasi digunakan untuk mengenali empat varietas mangga, yaitu Arumanis, Gedong Gincu, Manalagi, dan Kweni. Dataset model

deteksi terdiri atas citra mangga dan non-mangga. Citra non-mangga diperoleh dari internet sebanyak 200 citra, sedangkan 200 citra mangga diperoleh dari internet dan pengambilan manual. Sementara itu, dataset model klasifikasi terdiri atas 600 citra mangga yang terbagi ke dalam empat kelas varietas secara seimbang. Citra manual diambil dengan latar belakang putih dan pencahayaan terang agar karakteristik visual buah mangga dapat terlihat dengan jelas. Seluruh dataset kemudian dibagi menjadi tiga subset, yaitu data pelatihan (*training*) sebesar 70%, data validasi (*validation*) sebesar 20%, dan data pengujian (*testing*) sebesar 10%.

2.2 Preprocessing Citra

a. Augmentasi

Augmentasi merupakan cara untuk memperbanyak keragaman citra tanpa mengambil citra secara langsung [7]. Dalam penelitian ini augmentasi yang digunakan meliputi *rotation*, *horizontal flip*, dan *brightness*. *Augmentasi* bertujuan untuk memperkaya variasi dan keragaman pada data pelatihan (*training data*) dengan tetap mempertahankan fitur karakteristik visual asli dari buah mangga, sehingga model dapat menggeneralisasi pola secara optimal dan terhindar dari permasalahan *overfitting*.

b. Resize Citra

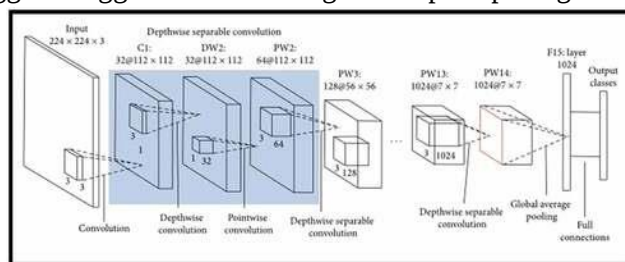
Resize citra merupakan proses mengubah ukuran gambar agar sesuai dengan format input model yang digunakan [8]. Gambar diubah menjadi ukuran 224 x 224 piksel agar sesuai dengan input yang dibutuhkan oleh *MobileNetV2*. Tujuan dari proses ini adalah menyamakan dimensi input, mengoptimalkan efisiensi dan kinerja model selama proses pelatihan berlangsung

c. Normalisasi

Normalisasi adalah proses untuk menyamakan skala nilai angka pada citra agar berada pada rentang tertentu. Melalui proses ini, ukuran data akan menjadi lebih seimbang dan seragam [9]. Hal ini dilakukan agar tidak ada satu ciri citra yang mendominasi dan model dapat belajar lebih cepat.

2.3 Modelling

Model yang digunakan pada penelitian ini adalah *MobileNetV2*. *MobileNetV2* merupakan arsitektur *Convolutional Neural Network* yang dikembangkan oleh Google dan merupakan versi peningkatan dari *MobileNet*. Arsitektur ini memiliki ukuran yang kecil dan kecepatan komputasi yang tinggi sehingga cocok untuk digunakan pada perangkat mobile [10].



Gambar 2 Arsitektur *MobileNetV2*

Gambar 2 menunjukkan arsitektur *MobileNetV2*. Arsitektur ini mengganti proses konvolusi standar dengan teknik *depthwise separable convolution*. Teknik ini membagi proses menjadi dua tahap, yaitu *depthwise convolution* dan *pointwise convolution*. Pada tahap *depthwise convolution*, setiap kanal pada gambar akan diproses secara terpisah satu

persatu. Kemudian, semua informasi dari setiap kanal akan disatukan kembali menggunakan konvolusi berukuran 1 x 1 pada tahap *pointwise convolution*. Cara ini membuat proses pengolahan gambar menjadi jauh lebih ringan dan cepat tanpa mengurangi kemampuannya dalam mengenali objek [11].

Penelitian ini menerapkan strategi *Two-Stage Classification*. Model pertama dilatih untuk melakukan klasifikasi biner antara citra mangga dan non-mangga. Sementara itu, model kedua dikembangkan untuk mengidentifikasi empat kelas varietas mangga secara spesifik. Melalui kombinasi klasifikasi berurutan ini, sistem dapat beroperasi secara efisien sekaligus meminimalkan risiko kesalahan prediksi terhadap objek non-mangga saat dijalankan pada aplikasi *mobile*.

2.4 Integrasi Model

Model yang telah dilatih kemudian dikonversi ke dalam format *TensorFlow Lite (.tflite)*. Format ini dipilih karena memiliki ukuran yang lebih kecil, sehingga tidak memerlukan ruang penyimpanan yang besar dan dapat mendukung proses komputasi yang lebih cepat pada perangkat *mobile*. Selanjutnya, model yang telah dikonversi diintegrasikan ke dalam aplikasi *mobile* yang dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman *Kotlin*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis Performa Model *MobileNetV2*

a. Evaluasi Model Deteksi

Berdasarkan hasil penelitian, model berhasil mengklasifikasikan objek mangga dan non mangga dengan mendapatkan akurasi 88% pada data pengujian (*testing*). Ringkasan hasil evaluasi disajikan sebagai pada tabel 1.

Tabel 1 Laporan Klasifikasi Performa Model Objek Mangga

Objek	Akurasi	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1-Score</i>
Mangga	5	0.87	0.9	0.89
Non Mangga	5	0.9	0.87	0.88

Model menunjukkan performa yang cukup tinggi dan seimbang dalam mengklasifikasikan kelas Mangga dan Non-Mangga. Pada kelas Mangga, model memperoleh *precision* 0,87, *recall* 0,90, dan *f1-score* 0,89, yang menunjukkan bahwa model mampu mengenali objek mangga dengan baik meskipun masih terdapat sedikit kesalahan klasifikasi. Sementara itu, pada kelas Non-Mangga, model memperoleh *precision* 0,90, *recall* 0,87, dan *f1-score* 0,88, yang menunjukkan bahwa model cukup akurat dalam membedakan objek non-mangga. Secara keseluruhan, hasil tersebut menunjukkan bahwa model memiliki kinerja yang stabil dan cukup efektif dalam membedakan citra mangga dan non-mangga.

b. Evaluasi Model Klasifikasi

Berdasarkan hasil penelitian, model berhasil mengklasifikasikan empat varietas mangga dengan akurasi keseluruhan sebesar 91,67% pada data pengujian (*testing*). Berdasarkan laporan klasifikasi, model menunjukkan keandalan yang tinggi, meskipun terdapat variasi

performa yang signifikan antar kelas varietas. Ringkasan hasil evaluasi disajikan sebagai pada tabel 2

Tabel 2 Laporan Klasifikasi Performa Model Pada Data Testing

Varietas Mangga	Akurasi	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>	<i>F1-Score</i>
Arumanis	100%	0.85	1.0	0.92
Gedong Gincu	100%	1.0	1.0	1.0
Kweni	100%	1.0	1.0	1.0
Manalagi	81.82%	1.0	0.82	0.9

Varietas Gedong Gincu dan Kweni mendapatkan nilai sempurna dengan akurasi 100%, *precision* 1.0, dan *Recall* 1.0. Hal ini menunjukkan model sangat baik dalam mengidentifikasi kedua varietas tersebut, dimana semua kelas berhasil diprediksi dengan benar dan tidak ada kesalahan prediksi dari kelas lain. Sementara itu, varietas Arumanis memperoleh akurasi sebesar 100%, *precision* 0.85, dan *recall* 1.0, hasil ini menunjukkan kesalahan prediksi dimana kelas lain diprediksi sebagai Arumanis. Selanjutnya, varietas Manalagi menunjukkan performa yang kurang optimal dengan tingkat akurasi sebesar 81.82%, *precision* 1.0, *recall* 0.82. dimana sistem salah memprediksi kelas Manalagi kedalam kelas lain. Hal ini mengindikasikan bahwa model belum sepenuhnya mampu mengekstraksi karakteristik unik varietas Manalagi secara *komprehensif*. Kondisi tersebut disebabkan oleh tingginya kemiripan visual antara varietas Manalagi dan Arumanis, terutama ketika citra diambil dari sudut pandang tertentu.

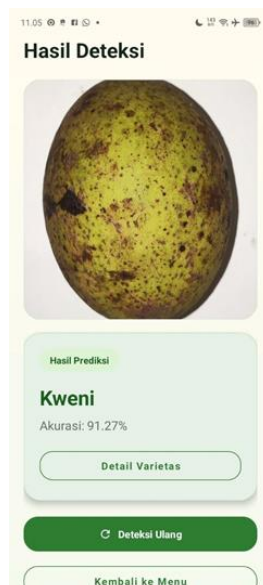
3.2 Integrasi Model Pada Aplikasi *Mobile*

Model yang telah dikembangkan kemudia diintegrasikan ke dalam aplikasi *mobile* untuk mendukung proses deteksi dan klasifikasi varietas mangga. Aplikasi ini memiliki beberapa fitur utama, fitur input citra yang dapat dilakukan melalui dua metode, yaitu mengambil gambar secara langsung menggunakan kamera dan mengunggah gambar dari galeri perangkat. Setelah citra berhasil diterima oleh sistem, aplikasi akan menjalankan proses klasifikasi tahap pertama untuk mendeteksi apakah objek pada citra merupakan mangga atau bukan. Jika citra terdeteksi sebagai objek non-mangga, sistem akan menampilkan informasi tidak diketahui. Sebaliknya, jika citra terdeteksi sebagai mangga, proses akan dilanjutkan ke tahap kedua, yaitu klasifikasi varietas mangga. Pada tahap klasifikasi kedua, model akan menentukan varietas mangga berdasarkan citra yang dimasukkan. Hasil klasifikasi ditampilkan dalam bentuk nama varietas, nilai probabilitas, serta tombol untuk menampilkan informasi detail mengenai varietas hasil prediksi. Informasi detail tersebut ditampilkan dalam bentuk *popup* yang berisi deskripsi singkat mengenai varietas mangga yang teridentifikasi.



Gambar 3 Halaman Metode Deteksi

Gambar 3 menunjukkan halaman metode deteksi yang digunakan untuk memilih sumber citra, baik melalui kamera maupun galeri



Gambar 4 Halaman Hasil Deteksi

Gambar 4 menunjukkan halaman hasil deteksi yang menampilkan hasil prediksi dari sistem.

3.3 Evaluasi Pengujian Terhadap Data Riil

Pengujian menggunakan data riil dilakukan untuk mengetahui keandalan model dalam skenario penggunaan nyata di lapangan. Data uji diambil secara acak dengan jumlah 5 sampel citra pada setiap varietas mangga. Citra yang digunakan memiliki variasi kondisi, seperti perbedaan latar belakang, pencahayaan, sudut pengambilan gambar, dan jarak kamera terhadap objek. Ringkasan hasil pengujian disajikan pada tabel 3 sebagai berikut.

Tabel 3 Laporan Klasifikasi Performa Model Pada Data Riil

Varietas Mangga	Jumlah Sampel	Prediksi Benar	Prediksi Salah
Non Mangga	5	5	0
Arumanis	5	5	0
Gedong Gincu	5	5	0
Kweni	5	5	0
Manalagi	5	3	2

Pada pengujian data riil, model mampu mendeteksi citra non-mangga dengan benar. Selain itu, dari 20 sampel citra varietas mangga yang diuji, sebanyak 18 citra berhasil diprediksi dengan tepat. Varietas Arumanis, Gedong Gincu, dan Kweni menunjukkan hasil prediksi terbaik, karena seluruh sampel pada masing-masing varietas berhasil diklasifikasikan dengan benar. Hal ini menunjukkan bahwa model mampu mengenali karakteristik visual ketiga varietas tersebut dengan baik. Namun, pada varietas Manalagi, model hanya mampu memprediksi 3 dari 5 sampel dengan benar, sedangkan 2 sampel lainnya mengalami kesalahan prediksi. Hasil ini menunjukkan bahwa Manalagi masih menjadi kelas yang paling sulit dikenali oleh model pada data riil. Selain itu, kondisi pengambilan citra juga memengaruhi hasil prediksi. Citra dengan latar belakang ramai, pencahayaan kurang, dan sudut pengambilan gambar yang kurang tepat menyebabkan nilai probabilitas model menurun. Kondisi tersebut membuat model lebih sulit mengekstraksi fitur utama buah mangga secara optimal. Dengan demikian, kualitas citra masukan menjadi faktor penting yang memengaruhi tingkat keyakinan model dalam mengklasifikasikan varietas mangga.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, sistem klasifikasi varietas mangga berbasis *MobileNetV2* dengan pendekatan *Two-Stage Classification* berhasil dikembangkan dan diintegrasikan ke dalam aplikasi mobile. Model deteksi memperoleh akurasi sebesar 88%, sedangkan model klasifikasi memperoleh akurasi sebesar 91% pada data pengujian. Varietas Gedong Gincu dan Kweni menunjukkan performa terbaik, sedangkan Manalagi menjadi kelas yang paling sulit dikenali karena memiliki kemiripan visual dengan varietas Arumanis. Pada pengujian data riil, sistem mampu mendeteksi 5 citra non-mangga dengan benar. Selain itu, dari 20 citra varietas mangga yang diuji, sebanyak 18 citra berhasil diklasifikasikan dengan benar. Secara keseluruhan, sistem mampu melakukan deteksi dan klasifikasi varietas mangga dengan cukup baik pada aplikasi *mobile*. Namun, kualitas citra masukan, seperti latar belakang, pencahayaan, sudut pengambilan gambar, dan jarak kamera, masih memengaruhi tingkat keyakinan model. Oleh karena itu, peningkatan variasi dataset diperlukan agar model memiliki kemampuan generalisasi yang lebih baik pada kondisi nyata.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Rozikin, A. Susilo, and Y. Irawan, “Klasifikasi Jenis Buah Mangga dengan Metode Backpropagation,” pp. 1–12.
- [2] Y. A. Sitorus, Y. A. Sari, and S. Adinugroho, “Evaluasi Komparatif Arsitektur Lightweight CNN , MobileNetV2 , dan,” vol. 9, no. 8, pp. 1–6, 2025.
- [3] A. K. Ratha, N. K. Barpanda, P. K. Sethy, and S. K. Behera, “Automated Classification of Indian Mango Varieties Using Machine Learning and MobileNet-v2 Deep Features,” *Trait. du Signal*, vol. 41, no. 2, pp. 669–679, 2024, doi: 10.18280/ts.410210.
- [4] R. Mardianto, Stefanie Quinevera, and S. Rochimah, “Perbandingan Metode Random Forest, Convolutional Neural Network, dan Support Vector Machine Untuk Klasifikasi Jenis Mangga,” *J. Appl. Comput. Sci. Technol.*, vol. 5, no. 1, pp. 63–71, 2024, doi: 10.52158/jacost.v5i1.742.
- [5] Y. Gulzar, “Fruit Image Classification Model Based on MobileNetV2 with Deep Transfer Learning Technique,” *Sustain.*, vol. 15, no. 3, 2023, doi: 10.3390/su15031906.
- [6] C. Wang *et al.*, “Improved You Only Look Once v . 8 Model Based on Deep Learning : Precision Detection and Recognition of Fresh Leaves from Yunnan Large-Leaf Tea Tree,” pp. 1–21, 2024.
- [7] H. A. Faudyta, J. T. Sinaga, and E. R. Subhiyakto, “Implementation of MobileNet Architecture for Skin Cancer Disease Classification,” vol. 8, no. 2, pp. 589–597, 2024.
- [8] I. Wulandari, H. Yasin, T. Widiharih, D. Statistika, and U. Diponegoro, “Klasifikasi citra digital bumbu dan rempah dengan algoritma convolutional neural network (cnn) 1,2,3,” vol. 9, pp. 273–282, 2020.
- [9] C. Aggarwal, “Data Mining”.
- [10] C. Buiu, V. R. Dănilă, and C. N. Răduță, “MobileNetV2 ensemble for cervical precancerous lesions classification,” *Processes*, vol. 8, no. 5, 2020, doi: 10.3390/PR8050595.
- [11] Y. Aufar and T. P. Kaloka, “Robusta coffee leaf diseases detection based on MobileNetV2 model,” *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 12, no. 6, pp. 6675–6683, 2022, doi: 10.11591/ijece.v12i6.pp6675-6683.