

Klasifikasi Varietas Biji Kedelai Menggunakan Convolutional Neural Network Berbasis EfficientNetV2B2 pada Citra Digital

^{1*}Ardan Putra Ramadhan, ²Patmi Kasih, ³Muh. Aris Saputra

¹ Teknik Informatika, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: ¹lolindonlol8@gmail.com, ²patmikasih@unpkdr.ac.id, ³aris.saputra@unpkdr.ac.id

Penulis Korespondens : Ardan Putra Ramadhan

Abstrak—Kedelai merupakan komoditas pangan penting yang banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku industri pangan di Indonesia. Identifikasi varietas biji kedelai secara manual masih memiliki keterbatasan karena bergantung pada pengamatan manusia dan berpotensi menimbulkan kesalahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi varietas biji kedelai berbasis citra digital menggunakan metode *Convolutional Neural Network* dengan arsitektur *EfficientNetV2B2*. Dataset yang digunakan terdiri atas citra varietas kedelai lokal yang melalui tahapan *preprocessing* berupa *resize*, normalisasi, dan *data augmentation*. Model dikembangkan menggunakan pendekatan *transfer learning* dan dievaluasi menggunakan *accuracy*, *precision*, *recall*, *F1-score*, serta *confusion matrix*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model mampu mengklasifikasikan varietas biji kedelai dengan tingkat akurasi sebesar 74,13 persen. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *EfficientNetV2B2* cukup efektif untuk mendukung proses identifikasi varietas biji kedelai secara otomatis dan konsisten.

Kata Kunci— *Convolutional Neural Network*, *EfficientNetV2B2*, Kedelai, Klasifikasi Citra, *Transfer Learning*

Abstract— Soybean is an important agricultural commodity widely used as a raw material in the food industry in Indonesia. Manual identification of soybean varieties has several limitations because it relies on human observation and is prone to classification errors. This study aims to develop a digital image based soybean variety classification system using a *Convolutional Neural Network* with the *EfficientNetV2B2* architecture. The dataset consists of images of local soybean varieties that undergo preprocessing stages including resizing, normalization, and data augmentation. The model was developed using a transfer learning approach and evaluated using accuracy, precision, recall, F1-score, and confusion matrix. The experimental results show that the proposed model achieved an accuracy of 74.13 percent in classifying soybean varieties. These results indicate that *EfficientNetV2B2* is sufficiently effective for supporting automatic and consistent soybean variety identification.

Keywords— *Convolutional Neural Network*, *EfficientNetV2B2*, Image Classification, Soybean, *Transfer Learning*

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



I. PENDAHULUAN

Kedelai merupakan salah satu komoditas pangan penting yang memiliki peran strategis dalam memenuhi kebutuhan pangan dan industri di Indonesia. Berbagai varietas kedelai memiliki karakteristik fisik yang berbeda, seperti ukuran, bentuk, warna, serta tekstur permukaan biji, sehingga identifikasi varietas menjadi penting untuk mendukung kualitas

produk dan produktivitas pertanian [1], [2]. Namun, proses identifikasi varietas kedelai secara konvensional masih dilakukan melalui pengamatan visual oleh manusia yang cenderung memerlukan waktu relatif lama dan berpotensi menghasilkan penilaian yang bersifat subjektif [3].

Perkembangan teknologi pengolahan citra digital dan kecerdasan buatan telah memberikan alternatif dalam proses identifikasi objek secara otomatis. Salah satu metode yang banyak digunakan pada bidang klasifikasi citra adalah Convolutional Neural Network (CNN), karena memiliki kemampuan untuk melakukan ekstraksi fitur secara otomatis tanpa memerlukan proses ekstraksi fitur manual [4]. Penerapan CNN pada berbagai bidang pertanian menunjukkan bahwa metode ini mampu memberikan tingkat akurasi yang tinggi dalam mengenali karakteristik visual objek yang memiliki kemiripan bentuk maupun tekstur [5].

Penelitian yang dilakukan oleh Huang dkk. mengembangkan sistem klasifikasi biji kedelai berbasis deep learning dan menunjukkan bahwa model yang dibangun mampu membedakan varietas biji kedelai secara efektif [6]. Penelitian lain oleh Lin dkk. berhasil menerapkan deep learning untuk klasifikasi biji kedelai secara online dengan hasil yang menunjukkan performa yang baik dalam pengenalan berbagai jenis biji kedelai [7]. Selain itu, Ningrum dkk. menerapkan metode transfer learning berbasis Convolutional Neural Network dan Synthetic Minority Over-sampling Technique (SMOTE) untuk klasifikasi kualitas biji kedelai, serta memperoleh peningkatan performa klasifikasi dibandingkan metode konvensional [8].

Penggunaan Convolutional Neural Network juga telah banyak diterapkan pada berbagai objek pertanian lainnya. Nugroho dan Nurraharjo menerapkan metode CNN untuk klasifikasi hama tanaman padi berdasarkan citra daun dan memperoleh hasil klasifikasi yang baik [9]. Fauzi dkk. juga membuktikan bahwa metode CNN yang diimplementasikan menggunakan TensorFlow mampu melakukan klasifikasi citra sayur-sayuran dengan tingkat akurasi yang tinggi [10].

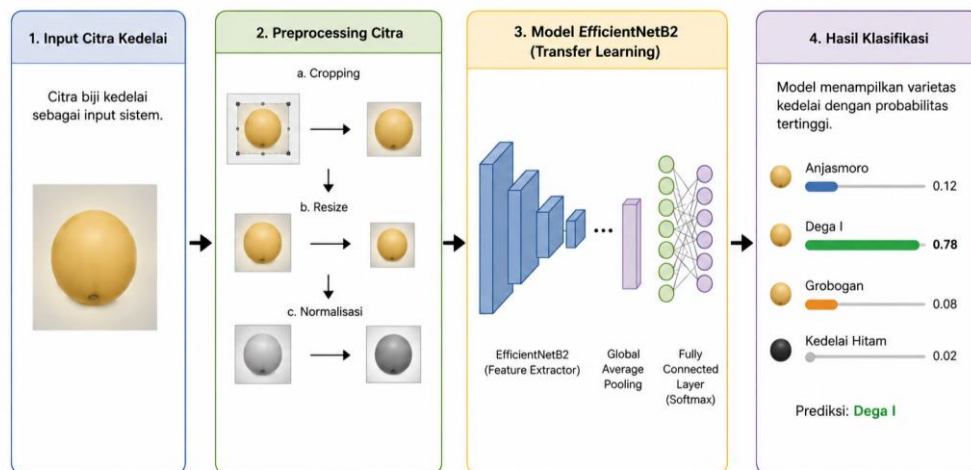
Berbagai penelitian terdahulu menunjukkan bahwa metode Convolutional Neural Network memiliki kemampuan yang baik dalam klasifikasi citra pertanian. Namun, penelitian mengenai klasifikasi varietas biji kedelai lokal Indonesia masih relatif terbatas, khususnya yang memanfaatkan pendekatan transfer learning dengan arsitektur EfficientNetV2B2. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi varietas biji kedelai berbasis citra digital menggunakan metode Convolutional Neural Network dengan arsitektur EfficientNetV2B2. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu mengidentifikasi varietas biji kedelai secara otomatis dengan tingkat akurasi yang baik sehingga dapat mendukung penerapan teknologi kecerdasan buatan pada bidang pertanian dan pengolahan hasil pangan.

II. METODE

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem klasifikasi kualitas beras berbasis pengolahan citra digital menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN). Metode penelitian disusun secara sistematis agar setiap tahapan dapat dilakukan secara terstruktur, mulai dari analisis kebutuhan sistem hingga evaluasi hasil klasifikasi.

a. Analisis

Tahap analisis sistem dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan dalam proses identifikasi varietas biji kedelai. Identifikasi varietas kedelai secara manual masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti subjektivitas pengamat, ketidakkonsistenan hasil, serta membutuhkan waktu yang relatif lama, terutama pada varietas yang memiliki karakteristik visual yang mirip. Oleh karena itu, diperlukan sistem otomatis yang mampu mengklasifikasikan varietas biji kedelai secara objektif berdasarkan citra digital menggunakan metode *Convolutional Neural Network (CNN)*. Pada tahap ini dilakukan analisis kebutuhan sistem yang meliputi kebutuhan fungsional dan nonfungsional. Kebutuhan fungsional mencakup proses masukan citra biji kedelai, *preprocessing* citra, klasifikasi menggunakan arsitektur *EfficientNetB2*, serta penampilan hasil klasifikasi. Adapun kebutuhan nonfungsional meliputi kemudahan penggunaan sistem, kecepatan pemrosesan, serta kemampuan model dalam melakukan klasifikasi secara akurat dan konsisten. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan diharapkan mampu membantu proses identifikasi varietas biji kedelai secara otomatis serta mengurangi kesalahan



Gambar 1. Alur Sistem Klasifikasi Varietas biji kedelai Menggunakan CNN

b. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa citra digital biji kedelai yang terdiri atas beberapa varietas kedelai lokal Indonesia, yaitu Anjasmoro, Wilis, Grobogan, dan kedelai hitam. Sebagian data diperoleh melalui pengambilan gambar secara langsung menggunakan kamera dengan kondisi pencahayaan dan latar belakang yang relatif seragam untuk menjaga konsistensi kualitas citra. Pengambilan citra dilakukan terhadap biji kedelai varietas Anjasmoro, Wilis, dan Grobogan, sedangkan sampel kedelai hitam diperoleh dari pasar tradisional dan selanjutnya dilakukan proses pengambilan gambar untuk membentuk dataset penelitian. Selain itu, data pendukung diperoleh dari dataset varietas biji kedelai lokal Indonesia yang tersedia pada *Mendeley Data*. Seluruh citra yang telah dikumpulkan kemudian dikelompokkan berdasarkan varietasnya dan digunakan sebagai dataset penelitian. Selanjutnya, dataset dibagi menjadi data latih sebesar 80% dan data validasi sebesar 20% untuk keperluan pelatihan dan pengujian model *Convolutional Neural Network* dengan arsitektur *EfficientNetB2*.

Tabel 1 Contoh Dataset Klasifikasi Varietas biji kedelai

	Wilis
	Anjasmoro
	Grobogan
	Kedelai Hitam

c. Preprocessing Citra

Tahap *preprocessing* citra bertujuan untuk menyiapkan citra agar sesuai dengan masukan model *Convolutional Neural Network*. Proses *preprocessing* yang dilakukan meliputi cropping untuk memisahkan objek biji kedelai dari latar belakang sehingga bagian objek menjadi fokus utama pada proses klasifikasi, resizing untuk menyeragamkan ukuran citra menjadi 260×260 piksel, serta normalisasi untuk menyesuaikan rentang nilai piksel sehingga mempermudah proses pembelajaran model. Tahapan *preprocessing* ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas data serta membantu model EfficientNetV2B2 dalam melakukan ekstraksi fitur sehingga menghasilkan performa klasifikasi yang lebih baik.

d. Perancangan Arsitektur Convolutional Neural Network (CNN)

Model klasifikasi varietas biji kedelai pada penelitian ini dikembangkan menggunakan arsitektur *Convolutional Neural Network* berbasis *transfer learning* dengan EfficientNetV2B2 sebagai *feature extractor*. Arsitektur EfficientNetV2B2 dipilih karena memiliki kemampuan ekstraksi fitur yang baik dengan jumlah parameter yang relatif efisien sehingga mampu menghasilkan performa klasifikasi yang optimal. Citra masukan yang digunakan berukuran 260×260 piksel dengan tiga kanal warna (RGB). Lapisan klasifikasi bawaan EfficientNetV2B2 tidak digunakan (*include_top = False*). Hasil ekstraksi fitur kemudian diteruskan ke lapisan Global Average Pooling, diikuti oleh *fully connected layer* dengan 256 neuron dan fungsi aktivasi ReLU. Untuk mengurangi risiko *overfitting*, diterapkan teknik dropout sebesar 0,3. Pada lapisan akhir digunakan fungsi aktivasi softmax untuk mengklasifikasikan citra ke dalam empat kelas varietas kedelai, yaitu kedelai hitam, Anjasmoro, Grobogan, dan Wilis. Selanjutnya, dilakukan proses *fine-tuning* dengan membuka sebagian lapisan akhir EfficientNetV2B2 agar model dapat mempelajari karakteristik visual setiap varietas biji kedelai secara lebih spesifik sehingga meningkatkan kemampuan klasifikasi

model.

e. Implementasi Sistem

Implementasi sistem dilakukan menggunakan bahasa pemrograman Python dengan bantuan *framework* TensorFlow dan Keras. Model *Convolutional Neural Network* dilatih menggunakan dataset citra biji kedelai yang telah melalui tahap *preprocessing*. Setelah proses pelatihan selesai, model terbaik yang diperoleh disimpan dan digunakan pada sistem klasifikasi untuk menerima citra masukan serta menampilkan hasil klasifikasi varietas biji kedelai secara otomatis.

Tabel 2. Pembagian Dataset untuk Klasifikasi Varietas Biji Kedelai

Persentase Data Latih	Persentase Data Uji	Jumlah Kelas
80%	20%	4

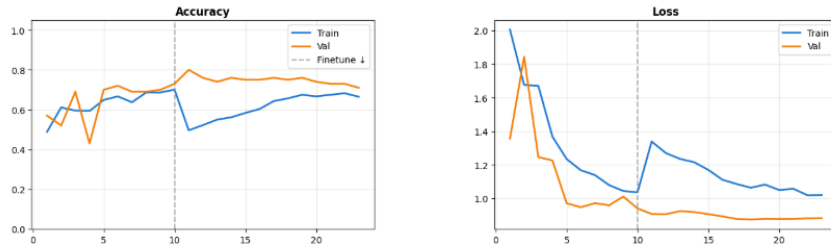
Pada lapisan keluaran model digunakan fungsi aktivasi *softmax* untuk menentukan probabilitas masing-masing kelas.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas hasil penelitian yang diperoleh dari proses pelatihan, pengujian, dan evaluasi sistem klasifikasi varietas biji kedelai berbasis pengolahan citra digital menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) berbasis *transfer learning*. Pembahasan disajikan secara kualitatif dan kuantitatif untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai kinerja sistem yang dikembangkan. Penerapan arsitektur MobileNetV2 berbasis *transfer learning* memungkinkan model memanfaatkan fitur visual hasil pelatihan sebelumnya sehingga mampu bekerja secara cukup efektif pada dataset dengan jumlah data yang terbatas.

a. Hasil Pelatihan Model CNN

Berdasarkan gambar tersebut, hasil pelatihan model CNN menunjukkan bahwa nilai akurasi pada data latih (*train*) dan data validasi (*validation*) cenderung meningkat seiring bertambahnya jumlah *epoch*. Pada tahap *fine-tuning* (ditandai dengan garis putus-putus), akurasi data latih sempat menurun namun kemudian meningkat kembali hingga mencapai sekitar 68%, sedangkan akurasi validasi relatif stabil pada kisaran 73–80%. Selain itu, grafik *loss* menunjukkan bahwa nilai *loss* pada data latih dan validasi mengalami penurunan selama proses pelatihan, yang menandakan bahwa model semakin baik dalam mempelajari karakteristik citra biji kedelai. Secara umum, grafik tersebut menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan pembelajaran yang cukup baik dan tidak mengalami *overfitting* yang signifikan.



Gambar 2 Grafik Akurasi dan Loss Selama Proses Pelatihan

b. Hasil Pengujian Sistem

Hasil Pengujian Sistem dilakukan menggunakan data uji yang tidak digunakan pada tahap pelatihan model untuk mengetahui kemampuan model dalam mengklasifikasikan varietas biji kedelai. Berdasarkan hasil pengujian, model CNN berbasis EfficientNetV2B2 memperoleh akurasi sebesar 65,67%, yang menunjukkan bahwa model mampu mengklasifikasikan sebagian besar citra biji kedelai dengan benar. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa model memiliki performa yang sangat baik pada kelas kedelai hitam dan Wilis, namun masih terdapat beberapa kesalahan klasifikasi pada varietas Anjasromo dan Grobogan yang memiliki karakteristik visual yang hampir serupa. Secara keseluruhan, model yang dikembangkan telah mampu mengekstraksi fitur citra biji kedelai dengan cukup baik sehingga dapat digunakan untuk melakukan klasifikasi varietas biji kedelai berdasarkan citra digital.

Tabel 3 Hasil Pengujian Akurasi Sistem

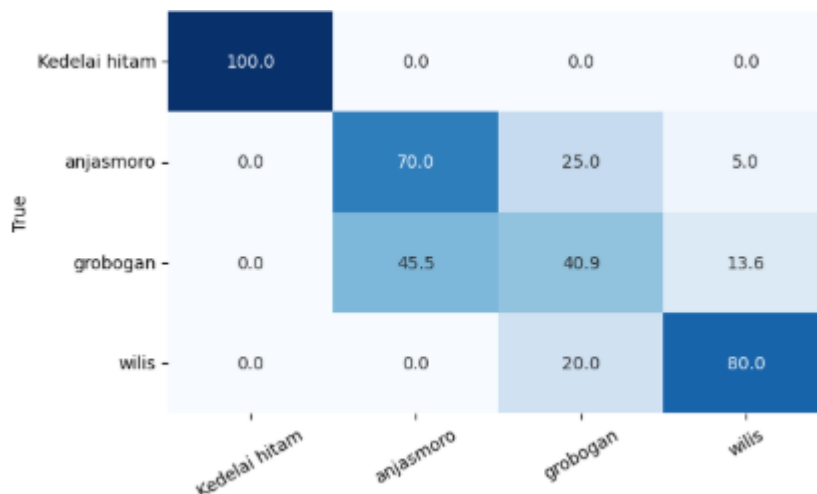
Parameter	Nilai
Jumlah Data Uji	2536
Klasifikasi Benar	1880
Klasifikasi Salah	656
Akurasi(%)	74,13

Hasil tersebut menunjukkan bahwa model *Convolutional Neural Network* berbasis *transfer learning* yang dikembangkan memiliki performa yang cukup baik dalam mengklasifikasikan varietas biji kedelai berdasarkan citra digital. Nilai akurasi yang diperoleh menunjukkan bahwa arsitektur *EfficientNetV2B2* mampu melakukan ekstraksi fitur secara efektif sehingga dapat membedakan karakteristik visual antar varietas kedelai. Namun demikian, masih terdapat beberapa kesalahan klasifikasi, terutama pada varietas yang memiliki bentuk, ukuran, dan warna yang hampir serupa.

c. Evaluasi Performa Model

Berdasarkan hasil *confusion matrix*, dapat diketahui bahwa varietas kedelai hitam memiliki tingkat klasifikasi yang sangat baik dengan akurasi sebesar 100%, sehingga seluruh citra pada kelas tersebut berhasil diprediksi dengan benar. Pada varietas Anjasmoro, model mampu mengklasifikasikan citra dengan tingkat ketepatan sebesar 70%, namun masih terdapat sekitar 25% citra yang salah teridentifikasi sebagai varietas Grobogan dan 5% sebagai varietas Wilis. Sementara itu, varietas Grobogan memiliki tingkat akurasi paling rendah, yaitu sebesar 40,9%, dengan sebagian besar kesalahan klasifikasi terjadi karena sekitar 45,5% citra Grobogan diprediksi sebagai varietas Anjasmoro. Adapun varietas Wilis berhasil dikenali dengan tingkat ketepatan sebesar 80%, meskipun sekitar 20% citra masih terklasifikasi sebagai varietas Grobogan.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa sebagian besar kesalahan klasifikasi terjadi antara varietas Anjasmoro dan Grobogan. Hal ini disebabkan kedua varietas memiliki karakteristik visual yang relatif mirip, baik dari segi bentuk, ukuran, maupun warna permukaan biji, sehingga model mengalami kesulitan dalam membedakan kedua kelas tersebut secara sempurna. Sebaliknya, varietas kedelai hitam dan Wilis memiliki karakteristik visual yang lebih khas sehingga dapat dikenali dengan tingkat ketepatan yang lebih tinggi. Secara keseluruhan, hasil evaluasi menggunakan *confusion matrix* menunjukkan bahwa model Convolutional Neural Network (CNN) berbasis *EfficientNetV2B2* memiliki kemampuan yang cukup baik dalam melakukan klasifikasi varietas biji kedelai berdasarkan citra digital, meskipun masih terdapat kesalahan klasifikasi pada kelas yang memiliki kemiripan karakteristik visual.



Gambar 3. Confusion Matrix Hasil Klasifikasi Biji Kedelai

d. Pembahasan Hasil Secara Kualitatif

Secara kualitatif, sistem klasifikasi varietas biji kedelai berbasis *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan arsitektur *EfficientNetV2B2* mampu mengenali karakteristik visual antar varietas dengan cukup baik. Model menunjukkan kemampuan yang sangat baik dalam mengidentifikasi kedelai hitam serta mampu mengenali varietas Wilis dan Anjasmoro dengan tingkat ketepatan yang cukup tinggi. Model melakukan klasifikasi berdasarkan karakteristik

visual seperti bentuk, ukuran, warna, dan tekstur permukaan biji. Namun demikian, masih terdapat beberapa citra yang sulit diklasifikasikan secara tepat, terutama pada varietas Anjasmoro dan Grobogan yang memiliki karakteristik visual yang relatif mirip sehingga sering terjadi kesalahan klasifikasi antara kedua kelas tersebut. Selain itu, kualitas citra masukan, kondisi pencahayaan, serta variasi sudut pengambilan gambar turut memengaruhi hasil klasifikasi yang dihasilkan oleh sistem. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas dan keberagaman citra memiliki peranan penting dalam meningkatkan kemampuan model untuk melakukan identifikasi varietas biji kedelai secara lebih akurat.

e. Pembahasan Hasil Secara Kuantitatif

Secara kuantitatif, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi sebesar 65,67% pada data uji. Nilai akurasi tersebut menunjukkan bahwa model *Convolutional Neural Network* (CNN) berbasis EfficientNetV2B2 mampu bekerja dengan cukup baik dalam melakukan klasifikasi varietas biji kedelai berdasarkan citra digital. Hasil evaluasi menggunakan *confusion matrix* menunjukkan bahwa varietas kedelai hitam memiliki tingkat pengenalan yang sangat tinggi dengan akurasi sebesar 100%, diikuti oleh varietas Wilis dengan akurasi sebesar 80% dan Anjasmoro sebesar 70%. Sementara itu, varietas Grobogan memiliki tingkat akurasi terendah, yaitu sebesar 40,9%, karena sebagian besar citranya terklasifikasi sebagai varietas Anjasmoro. Meskipun demikian, sebagian besar citra berhasil diklasifikasikan sesuai dengan kelas sebenarnya, sehingga menunjukkan bahwa model memiliki performa yang cukup baik dan stabil. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa metode *Convolutional Neural Network* berbasis *transfer learning* mampu meningkatkan performa klasifikasi citra, khususnya pada dataset dengan jumlah data yang terbatas.

f. Diskusi dan Analisis Keterbatasan Sistem

Meskipun sistem yang dikembangkan telah menunjukkan performa yang cukup baik, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Keterbatasan utama terletak pada kemiripan karakteristik visual antara beberapa varietas biji kedelai, khususnya Anjasmoro dan Grobogan, sehingga menyebabkan terjadinya kesalahan klasifikasi pada sebagian data. Hasil *confusion matrix* menunjukkan bahwa sebagian besar kesalahan prediksi terjadi antara kedua varietas tersebut karena memiliki bentuk, ukuran, serta warna permukaan biji yang relatif mirip. Selain itu, jumlah dataset yang digunakan masih tergolong terbatas, yaitu sebanyak 731 citra, sehingga kemampuan generalisasi model masih dapat ditingkatkan. Sistem juga belum diuji secara menyeluruh pada kondisi lingkungan yang lebih beragam, seperti variasi pencahayaan dan latar belakang yang berbeda. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan jumlah dataset yang lebih besar, menambahkan variasi kondisi pengambilan citra, serta mengeksplorasi arsitektur *deep learning* lainnya untuk meningkatkan ketahanan dan akurasi sistem klasifikasi varietas biji kedelai.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem klasifikasi varietas biji kedelai berbasis citra digital menggunakan metode *Convolutional Neural Network* dengan arsitektur *EfficientNetB2*. Sistem yang dikembangkan mampu mengidentifikasi varietas biji kedelai secara otomatis berdasarkan karakteristik visual yang dimiliki masing-masing varietas. Penerapan pendekatan *transfer learning* pada arsitektur *EfficientNetB2* memberikan kemampuan ekstraksi fitur yang baik sehingga menghasilkan performa klasifikasi yang cukup efektif. Dengan demikian, penelitian ini menunjukkan bahwa metode *Convolutional Neural Network* berbasis *EfficientNetB2* dapat digunakan sebagai salah satu alternatif dalam mendukung proses identifikasi varietas biji kedelai secara lebih objektif, konsisten, dan efisien serta berkontribusi terhadap penerapan teknologi kecerdasan buatan pada bidang pertanian berbasis pengolahan citra digital.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Informatika Universitas Islam Balitar yang telah memberikan dukungan dan fasilitas selama pelaksanaan penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam proses pengumpulan data, pelaksanaan penelitian, serta penyusunan artikel ini sehingga penelitian dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Z. Huang, R. Wang, Y. Cao, S. Zheng, Y. Teng, F. Wang, L. Wang, and J. Du, "Deep learning based soybean seed classification," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 202, p. 107393, 2022, doi: 10.1016/j.compag.2022.107393.
- [2]. W. Lin, L. Shu, W. Zhong, W. Lu, D. Ma, and Y. Meng, "Online classification of soybean seeds based on deep learning," *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, vol. 123, p. 106434, 2023, doi: 10.1016/j.engappai.2023.106434.
- [3]. A. P. Ningrum, S. Winarno, and V. Praskatama, "Klasifikasi kualitas biji kedelai menggunakan transfer learning convolutional neural network dan SMOTE," *Journal of Applied Computer Science and Technology*, vol. 5, no. 2, pp. 155–164, 2024, doi: 10.52158/jacost.v5i2.1002.
- [4]. M. Effendi, N. H. Ramadhan, and A. Hidayat, "Image-based quality identification of black soybean (*Glycine soja*) using convolutional neural network," *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, 2023.
- [5]. M. S. Nugroho and E. Nurraharjo, "Klasifikasi Hama Tanaman Padi berdasarkan Citra Daun Menggunakan Metode *Convolutional Neural Network*," *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, vol. 6, no. 2, pp. 672–682, 2023.
- [6]. J. Lu, X. Liu, X. Ma, J. Tong, and J. Peng, "Improved MobileNetV2 crop disease identification model for intelligent agriculture," *PeerJ Computer Science*, 2023, doi: 10.7717/peerj-cs.1595.

- [7]. H. N. Ngugi, A. A. Akinyelu, and A. E. Ezugwu, “Machine learning and deep learning for crop disease diagnosis: Performance analysis and review,” *Agronomy*, vol. 14, no. 12, p. 3001, 2024, doi: 10.3390/agronomy14123001.
- [8]. Y. Gulzar, “Fruit image classification model based on MobileNetV2 with deep transfer learning technique,” *Sustainability*, vol. 15, no. 3, p. 1906, 2023, doi: 10.3390/su15031906.
- [9]. J. R. Hidayat and Jemakmum, “Implementasi klasifikasi citra berbasis TensorFlow untuk mendeteksi penyakit tanaman pada aplikasi Agroscan,” *Jurnal Fasilkom: Teknologi InFormASi dan Ilmu KOMputer*, vol. 15, no. 1, pp. 124–130, 2025, doi: 10.37859/jf.v15i1.8536.
- [10]. A. Fauzi, S. R. Insani, and B. Wijonarko, “Klasifikasi citra sayur-sayuran menggunakan CNN dengan validasi silang K-folds di TensorFlow,” *Reputasi: Jurnal Rekayasa Perangkat Lunak*, vol. 6, no. 2, pp. 123–130, 2025, doi: 10.31294/reputasi.v6i2.9258.