

Tersedia online di [www.journal.unipdu.ac.id](http://www.journal.unipdu.ac.id)  
**Unipdu**Halaman jurnal di [www.journal.unipdu.ac.id/index.php/teknologi](http://www.journal.unipdu.ac.id/index.php/teknologi)

# Klasifikasi Penyakit Daun Tanaman Menggunakan Algoritma CNN dan Random Forest

Michael Jeffry Setiawan; Budi Nugroho; Anggraini Puspita Sari

a Informatika, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Surabaya, Indonesia

email: <sup>a</sup>\*19081010107@student.upnjatim.ac.id, budinugroho.if@upnjatim.ac.id, anggraini.puspita.if@upnjatim.ac.id

\*Korespondensi

Dikirim 15 Juni 2023; Direvisi 25 Juni 2023; Diterima 05 Juli 2023; Diterbitkan 15 Juli 2023

## Abstrak

Penyakit pada daun merupakan salah satu permasalahan yang sering terjadi pada tanaman, disebabkan oleh infeksi jamur atau bakteri yang dapat menyebar melalui tanah, udara, atau air. Metode pengklasifikasian penyakit daun secara tradisional telah digunakan untuk mengamati perubahan permukaan daun, namun metode ini memiliki keterbatasan dalam memberikan hasil klasifikasi yang akurat. Seiring dengan kemajuan teknologi, pendekatan menggunakan machine learning atau deep learning seperti CNN, Random Forest, XGBoost, dan metode klasifikasi lainnya telah menunjukkan potensi untuk meningkatkan pengklasifikasian penyakit daun secara efektif. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan suatu pendekatan menggunakan algoritma Random Forest berdasarkan data ekstraksi fitur dari CNN. Proses penelitian ini melibatkan beberapa tahap, termasuk pengumpulan data, pemilahan data, pelabelan data, pembuatan model CNN, ekstraksi fitur CNN, pembuatan model Random Forest, dan pengujian program berdasarkan model Random Forest yang telah dikembangkan. Dalam pengujian, efektivitas metode algoritma ini dievaluasi untuk klasifikasi penyakit daun pada tanaman buah dan sayur. Dengan mengintegrasikan teknologi machine learning dan deep learning, diharapkan metode ini dapat memberikan hasil klasifikasi yang lebih akurat dan dapat digunakan sebagai alat bantu dalam pengendalian penyakit daun pada pertanian. Penelitian ini merupakan langkah penting dalam memanfaatkan teknologi canggih untuk meningkatkan pengklasifikasian penyakit daun. Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi dalam peningkatan kualitas pertanian, khususnya dalam pengendalian penyakit tanaman. Dengan penggunaan metode Random Forest berdasarkan data ekstraksi fitur CNN, diharapkan dapat memberikan solusi yang lebih efektif dalam mengidentifikasi dan mengklasifikasikan penyakit daun pada tanaman buah dan sayur.

**Kata Kunci:** *convolutional neural network*, klasifikasi citra, penyakit daun, *random forest*

## Classification Leaf Diseases Using CNN Algorithm and Random Forest

### Abstract

Leaf diseases are common issues affecting plants, caused by fungi or bacteria that spread through soil, air, or water. The traditional method of classifying leaf diseases relies on visual observations of leaf surface changes, which has limitations in terms of accuracy. However, the advent of machine learning and deep learning techniques such as CNN, Random Forest, XGBoost, and other classification methods offer promising alternatives. In this research, we propose a classification approach using the Random Forest algorithm based on feature extraction from CNN. The research process involves several stages, including data collection, data sorting, data labeling, CNN model creation, CNN feature extraction, Random Forest model development, and testing the program using the obtained Random Forest model to determine the effectiveness of this algorithmic method in leaf disease classification for fruit and vegetable plants. By integrating machine learning and deep learning technologies, we aim to achieve more accurate results in leaf disease classification. This study represents a crucial step in leveraging advanced technology to improve leaf disease classification. The outcomes are expected to make a significant contribution to enhancing agricultural practices, particularly in disease management. By utilizing the Random Forest method based on CNN feature extraction, we anticipate providing a more effective solution for identifying and classifying leaf diseases in fruit and vegetable plants.

**Keywords:** *convolutional neural network*, image classification, leaf disease, *random forest*



© 2022 Penulis. Diterbitkan oleh Program Studi Sistem Informasi, Universitas Pesantren Tinggi Darul Ulum. Ini adalah artikel *open access* di bawah lisensi CC BY-NC-NA (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).

### 1. Pendahuluan

Penyakit daun merupakan salah satu permasalahan penting yang terjadi dalam pertanian. Penyakit ini sering kali disebabkan oleh patogen seperti virus, bakteri, jamur, dan nematoda yang menyerang tanaman dan mempengaruhi pertumbuhan dan produksi yang dimiliki oleh tanaman tersebut. Berbagai jenis penyakit daun yang terjadi dalam pertanian memiliki dampak yang sangat besar terhadap hasil dan kualitas tanaman. Penyakit daun dapat mempengaruhi hasil dan kualitas tanaman secara signifikan. Tanaman yang

terkena penyakit daun akan memiliki pertumbuhan yang lambat dan menghasilkan produk yang kurang berkualitas dan ini membuat petani maupun pengelola pertanian mengeluarkan biaya yang lebih besar untuk dapat memelihara tanaman dan memperbaiki kualitas produk yang dihasilkan (Tyśkiewicz et al., 2022).

Pada umumnya, klasifikasi penyakit daun dilakukan menggunakan cara yang telah digunakan sejak lama untuk dapat menentukan jenis penyakit yang memungkinkan terjadi pada daun tanaman. Meskipun metode klasifikasi secara tradisional mampu membantu dalam menentukan jenis penyakit pada daun, metode ini memiliki banyak kekurangan dalam penerapannya dikarenakan memerlukan pengamatan langsung dan pemahaman yang bagus dalam menentukan jenis penyakit pada daun tersebut. Permasalahan seperti kesalahan identifikasi dan kurang maksimal dalam melakukan klasifikasi menjadi hambatan dalam metode ini, oleh karena itu peran teknologi diperlukan dalam membantu klasifikasi jenis penyakit daun tersebut (Iswantoro & Handayani UN, 2022).

Teknologi klasifikasi penyakit daun berbasis kecerdasan buatan dapat membantu petani dalam mempercepat proses identifikasi jenis penyakit yang menyerang daun tanamannya. Dengan menganalisis pola dan gejala yang tampak pada daun, algoritma-algoritma seperti *Convolutional Neural Network* (CNN) dan *Random Forest* dapat mengidentifikasi dan mengklasifikasikan penyakit dengan kecepatan dan akurasi yang tinggi, sehingga memungkinkan penanganan awal penyakit yang lebih efektif dalam penerapannya. Berbagai penelitian pada bidang serupa telah dilakukan untuk menghasilkan teknologi ini, seperti pengklasifikasian penyakit yang terjadi pada daun tanaman jagung menggunakan algoritma CNN dengan akurasi 94%, serta pengklasifikasian jenis penyakit yang terjadi pada daun tanaman tomat menggunakan algoritma *Random Forest* dengan akurasi 96%.

Namun, penelitian sebelumnya memiliki kekurangan, seperti keterbatasan dalam jenis tanaman yang diklasifikasikan dan penggunaan hanya satu jenis algoritma atau menggunakan algoritma lain hanya sebagai pembandingan. Oleh karena itu, pada penelitian ini memiliki tujuan untuk dapat mengatasi kelemahan tersebut dengan melakukan klasifikasi penyakit pada berbagai jenis tanaman buah dan sayur, seperti apel, anggur, jagung, dan ceri. Dalam penelitian ini, akan digunakan dua jenis algoritma, yaitu CNN dan *Random Forest*, dengan tujuan utama membangun program klasifikasi yang mampu mengidentifikasi penyakit pada daun tanaman dengan akurasi tinggi serta mengevaluasi efektivitas kedua algoritma tersebut dalam klasifikasi penyakit daun.

Dengan implementasi teknologi ini, diharapkan petani dan pengelola pertanian dapat dengan mudah mengidentifikasi penyakit yang terjadi pada tanaman mereka dan mengambil langkah-langkah pencegahan yang tepat secara cepat. Selain itu, pada penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dalam pengolahan citra, khususnya citra daun, serta kontribusi bagi universitas dalam pengembangan teknologi pertanian yang berbasis kecerdasan buatan. Dalam penelitian ini, akan dibahas perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta batasan masalah yang akan diangkat untuk memperoleh hasil yang optimal. Dengan batasan-batasan tersebut, diharapkan penelitian ini mampu memberikan solusi yang efektif sehingga dapat mengatasi masalah klasifikasi penyakit daun pada pertanian.

## 2. State of the Art

Penelitian yang terkait dengan pengembangan klasifikasi penyakit daun telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, seperti identifikasi penyakit *leaf mold* daun tomat menggunakan model Densenet121 berbasis *transfer learning* (Awalia, 2022), klasifikasi penyakit tanaman jagung menggunakan metode *convolutional neural network* (Iswantoro & Handayani UN, 2022), klasifikasi penyakit tanaman pada daun apel dan anggur menggunakan *convolutional neural network* (Aprilian Prastianing Huda & Akbar Riadi, 2021), penerapan algoritma *random forest* dengan kombinasi ekstraksi fitur untuk klasifikasi penyakit daun tomat (Khultsum & Subekti, 2021), *Leaf Disease Detection: Feature Extraction with K-means clustering and Classification with ANN* (Usha Kumari et al., 2019). Dari berbagai penelitian sebelumnya terhadap studi kasus klasifikasi penyakit daun, diangkat topik lanjutan untuk mengukur tingkat efektivitas studi kasus klasifikasi penyakit daun menggunakan CNN dan *Random Forest*.

### 2.1. Penyakit Daun

Penyakit daun merupakan suatu kondisi patologis yang mempengaruhi kesehatan dan integritas daun pada tanaman. Penyakit ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk infeksi oleh patogen seperti jamur, bakteri, virus, atau bahkan hama tertentu. Penyakit daun dapat memiliki dampak serius terhadap pertumbuhan, perkembangan, dan produktivitas tanaman. Untuk memahami penyakit daun

dengan lebih baik, perlu dipahami beberapa konsep dasar terkait penyakit tanaman. Pertama, patogen penyebab penyakit daun dapat menyebar melalui berbagai jalan, seperti tanah, air, udara, serangga, atau melalui kontak langsung antara tanaman. Setelah terjadi infeksi, patogen dapat tumbuh dan berkembang biak pada jaringan daun, mengakibatkan perubahan morfologi dan fisiologi yang dapat mempengaruhi fungsi normal daun. Kedua, penyakit daun dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis berdasarkan patogen yang menyebabkannya. Misalnya, penyakit daun yang disebabkan oleh jamur sering disebut sebagai penyakit jamur daun. Contoh penyakit ini antara lain karat daun, bercak daun, atau embun tepung. Selain itu, bakteri juga dapat menjadi penyebab penyakit daun, seperti penyakit layu bakteri atau bercak bakteri. Selain itu, virus juga dapat menyebabkan penyakit daun yang seringkali ditandai dengan perubahan warna, deformasi, atau nekrosis pada daun. Pemahaman dasar tentang penyakit daun sangat penting dalam pengendalian dan manajemen penyakit tanaman. Langkah-langkah seperti identifikasi dini, pencegahan, penggunaan varietas tahan penyakit, sanitasi yang baik, serta penggunaan bahan-bahan pengendali penyakit yang efektif menjadi kunci dalam pengelolaan penyakit daun (V. S Dhaka et al, 2021) (J Lu et al, 2021) (Ü Atila et al, 2020) (J. G. A Barbedo, 2014).

## 2.2. *Random Forest*

Random Forest merupakan algoritma *Machine Learning* yang dapat digunakan dalam memecahkan permasalahan dalam studi kasus klasifikasi dan regresi. Algoritma ini memiliki cara kerja berupa membangun beberapa pohon keputusan secara acak dan menggabungkan hasil klasifikasi dari setiap pohon untuk menghasilkan hasil akhir. Salah satu faktor penting dalam membangun model Random Forest adalah menentukan jumlah pohon yang akan dibangun. Jumlah pohon yang tepat dapat meningkatkan performa model secara signifikan. Jika terlalu sedikit pohon yang dibangun, maka model tidak akan cukup kompleks untuk mempelajari pola yang terdapat pada data, sehingga akan menghasilkan performa yang buruk pada data uji. Sebaliknya, jika terlalu banyak pohon yang dibangun, maka model akan terlalu kompleks dan mengalami overfitting pada data training, sehingga performa model pada data uji akan buruk. Untuk menentukan jumlah pohon yang tepat, dapat dilakukan dengan menggunakan teknik validasi silang atau cross-validation. Teknik ini dapat membantu untuk mengevaluasi performa model pada data uji dengan membagi data training menjadi beberapa subset, kemudian menggunakan beberapa subset sebagai data training dan subset lainnya sebagai data validasi. Dalam Random Forest, jumlah pohon yang digunakan pada setiap iterasi validasi silang dapat diatur, kemudian performa model pada setiap iterasi dihitung dan dicatat. Dengan cara ini, jumlah pohon yang optimal dapat ditemukan dengan mengambil nilai rata-rata performa model pada seluruh iterasi validasi silang (P. Palimkar et al, 2022) (T. N. Phan et al, 2020) (A. Parmar et al 2018).

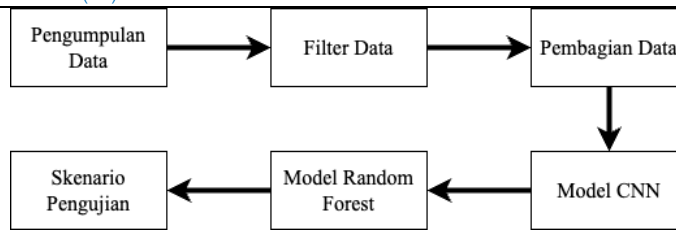
## 2.3. *Convolutional Neural Network (CNN)*

CNN merupakan jenis dari *Neural Network* yang digunakan untuk pengolahan citra. CNN menggunakan konsep konvolusi, yaitu proses pemrosesan data dengan menggeser filter atau kernel pada setiap bagian dari citra. Setiap filter digunakan untuk menangkap fitur-fitur spesifik dari citra, seperti garis, kontur, atau warna. Proses ini dilakukan secara berulang-ulang pada setiap lapisan dari CNN, sehingga fitur-fitur yang dideteksi semakin kompleks dan abstrak pada lapisan yang lebih tinggi (Sari et al., 2022) (Ye, 2022) (Ajit et al., 2020) (Sari et al., 2020).

CNN memiliki tiga komponen utama yaitu konvolusi, pooling, dan fully connected layers. Konvolusi digunakan untuk mengekstrak fitur dari citra dengan menggunakan filter atau kernel. Proses ini dilakukan dengan cara melakukan operasi matematika pada setiap pixel citra dengan filter yang digeser. Setelah proses konvolusi, dilakukan proses pooling untuk mengurangi dimensi citra dan meningkatkan robustness terhadap perubahan skala dan orientasi. Proses terakhir yaitu fully connected layers digunakan untuk mengklasifikasikan citra yang telah diolah dengan cara menghubungkan setiap neuron dari lapisan sebelumnya ke setiap neuron dari lapisan berikutnya (Sari et al., 2022) (Ye, 2022) (Ajit et al., 2020) (Sari et al., 2020).

## 3. Metode Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan penggunaan algoritma CNN dan *Random Forest* sebagai algoritma untuk melakukan klasifikasi terhadap penyakit daun tanaman, proses penelitian ini dilakukan dengan melakukan pengumpulan data, pemilahan data, pembagian data, pembuatan model CNN, pembuatan model *Random Forest*, dan pengujian program.



Gambar 1. Alur Penelitian

### 3.1. Pengumpulan Data

Proses awal penelitian ini dilakukan dengan proses pengumpulan data, data dikumpulkan dari situs penyedia data, yaitu Kaggle dengan nama data yang digunakan *Leaf Disease Detection Dataset*, pada data ini terdapat sekumpulan jenis data yang berupa foto dari daun tanaman. Terdapat berbagai jenis daun yang terdapat pada kumpulan data ini, dengan terdapat 2 hingga lebih jenis penyakit yang terdapat pada tiap-tiap jenis penyakit dengan data yang terdapat pada kumpulan data ini mencapai 88.497 data gambar daun. Dari data yang telah dikumpulkan ini, akan dilakukan proses pemilahan data untuk dapat menghasilkan data yang siap digunakan pada penelitian ini.

### 3.2. Filter Data

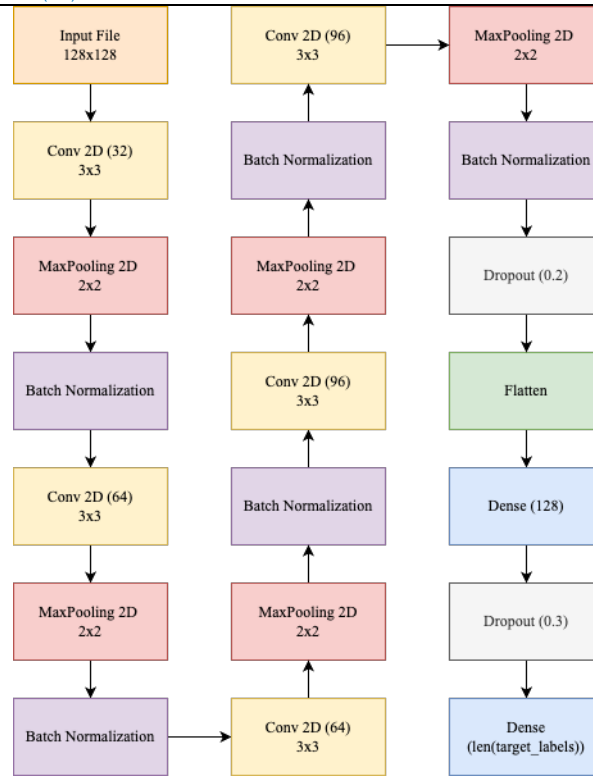
Pada tahap ini data akan dilakukan proses pemilahan sebelum data digunakan untuk proses penelitian, data dipilah dengan tujuan untuk memaksimalkan hasil yang dapat dihasilkan pada penelitian ini. Pada penelitian ini data yang terdiri dari jumlah 14 jenis daun dan 38 jenis penyakit, hanya akan dilakukan pengambilan 4 jenis daun dengan total 14 jenis kelas penyakit dan data sehat. 4 jenis daun yang diambil ini merupakan jumlah data gambar yang akan digunakan pada penelitian ini, yang berupa data daun apel, ceri, jagung, dan anggur.

### 3.3. Pembagian Data

Dari data yang telah selesai melalui tahap pemilahan data, data akan dilakukan proses pembagian data. Proses pembagian data ini dilakukan untuk membagi data latih (*data training*) dan data uji (*data test*), dengan tujuan untuk meningkatkan hasil yang dapat dikeluarkan oleh program pada penelitian ini. Terdapat beberapa alasan seperti menghindari *overfitting*, evaluasi model, evaluasi model, *tuning hyperparameter*, serta mengukur estimasi kinerja akhir yang dapat dihasilkan oleh program ini. Pemisahan data ini dilakukan dengan membagi data menjadi 80% data untuk data latih dan 20% data untuk data uji, pembagian data 80:20 ini didasarkan pada angka yang umum digunakan pada *machine learning* ataupun *deep learning* dalam melakukan pembagian data.

### 3.4. Moden CNN

Pada selanjutnya dilakukan pembuatan model CNN yang digunakan untuk program penelitian ini, model CNN ini dibuat dalam beberapa tahap meliputi konvolusi, *max polling*, *batch normalization*, *dropout*, *flatten*, dan *dense*.



Gambar 2. Model CNN

### 3.5. Model Random Forest

Pada tahap selanjutnya, data yang telah dihasilkan dari ekstraksi fitur menggunakan algoritma CNN, data yang telah dihasilkan ini memiliki beragam nilai dengan total 14 fitur yang sesuai dengan jumlah kelas yang digunakan pada penelitian ini. Proses pada tahap ini dilakukan proses pemodelan *Random Forest*, model *Random Forest* yang digunakan pada penelitian ini dilakukan menggunakan bantuan dari pustaka *sklearn*. Pada proses ini, *Random Forest* digunakan dengan maksimal pohon berjumlah 42 dan maksimal kedalaman dengan nilai 100.

### 3.6. Skenario Pengujian

Tahap ini merupakan tahap dilakukan proses pengujian terhadap program yang telah dibuat pada penelitian ini, pengujian ini bertujuan untuk mengevaluasi hasil pada program ini. Pengujian pada tahap ini dilakukan mengukur tingkat efektifitas yang dimiliki oleh program ini, tingkat efektifitas yang diukur meliputi waktu pelatihan program dan nilai akurasi yang dimiliki oleh program ini. Melalui nilai akurasi yang dihasilkan program ini, dapat diukur tingkat keberhasilan yang dimiliki oleh program ini, sehingga program pengujian ini berperan penting dalam mengukur tingkat efektifitas program ini.

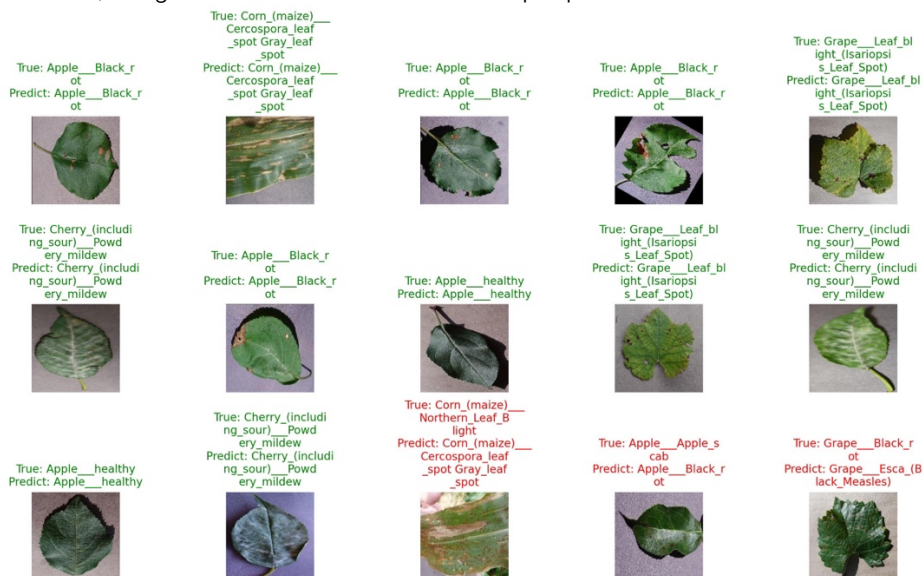
## 4. Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini, dilakukan proses klasifikasi terhadap penyakit yang terjadi pada daun tanaman, proses klasifikasi ini melibatkan algoritma CNN yang digabungkan dengan algoritma *Random Forest*. Data yang berupa hasil ekstraksi fitur menggunakan algoritma CNN digunakan untuk melakukan proses pelatihan pada tahap *Random Forest*. Proses pembuatan program diawali dengan melakukan pendefinisian label pada tiap-tiap data gambar yang digunakan ini, selain itu dilakukan pula pembagian data pada penelitian ini menjadi 80% (20.654 gambar) data latih dan 20% (5164 gambar) data uji. Melalui proses ini data akan dilakukan proses pelatihan untuk dapat membuat model klasifikasi untuk studi kasus penyakit daun tanaman.

Algoritma	Waktu Train (detik)	Akurasi (%)	Presisi (%)	Recall (%)	F1-score (%)	Jumlah Data Klasifikasi Salah
CNN	2338	98,16	98,2	98,16	98,16	95
CNN + RF	4182	98,78	99	99	99	63



Pada hasil pengujian, didapatkan peningkatan nilai akurasi terhadap penggunaan algoritma *Random Forest* yang dilakukan pelatihan menggunakan data hasil ekstraksi fitur CNN. Peningkatan ini dikarenakan, algoritma *Random Forest* melakukan pelatihan terhadap data yang sebelumnya telah diolah menggunakan CNN, pengolahan data dari bentuk gambar menjadi bentuk ekstraksi fitur ini memiliki dampak yang positif pada studi kasus ini, data yang telah diolah akan menjadikan algoritma *Random Forest* semakin mudah dalam melakukan proses pelatihannya. Hasil klasifikasi *Random Forest* ini yang menjadi program akhir dalam studi kasus ini, dengan contoh hasil klasifikasi terdapat pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Klasifikasi

## 5. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat dihasilkan dari penelitian ini, meliputi peningkatan hasil yang mampu diberikan pada penggunaan algoritma *Random Forest* yang dilakukan pelatihan berdasarkan data hasil proses ekstraksi fitur algoritma CNN, selain peningkatan hasil yang mampu diberikan, penggunaan algoritma *Random Forest* juga memiliki kekurangan berupa peningkatan waktu pelatihan program yang menjadi lebih lama apabila dibandingkan menggunakan algoritma klasifikasi CNN. Beberapa saran yang dapat diberikan terhadap studi kasus ini, seperti dapat mempertimbangkan menggunakan data gambar yang berbeda dengan yang digunakan pada penelitian ini untuk dapat melakukan evaluasi lanjutan terhadap studi kasus ini, selain itu dapat mempertimbangkan penggunaan *pre-trained model* CNN untuk dapat membandingkan tingkat efektivitas model CNN yang terdapat pada penelitian ini dengan model CNN yang lainnya.

## 6. Kontribusi Penulis

**Setiawan, M. J:** *Data collection, Formal Analysis, Investigation, Methodology, Software, Visualization, dan Writing – original draft.* **Nugroho, B:** *Supervision, Validation, dan Review.* **Sari, A. P:** *Supervision, Validation, dan Review.*

## 7. Declaration of Competing Interest

Sebagai seorang peneliti, dengan penuh integritas, saya menyatakan dengan tegas bahwa tidak ada konflik kepentingan yang mempengaruhi hasil penelitian ini. Saya memastikan bahwa dalam pelaksanaan penelitian ini, tidak ada hubungan finansial, pribadi, atau institusional yang dapat memengaruhi objektivitas dan kebenaran temuan yang telah dihasilkan. Saya berkomitmen untuk menjaga independensi dan kemandirian dalam mengejar kebenaran ilmiah, serta menerapkan prinsip transparansi dalam melaporkan informasi terkait sumber pendanaan dan kerjasama dengan pihak lain.

## 8. Referensi

- Ajit, A., Acharya, K., & Samanta, A. (2020). A Review of Convolutional Neural Networks. International Conference on Emerging Trends in Information Technology and Engineering, Ic-ETITE 2020. <https://doi.org/10.1109/ic-ETITE47903.2020.049>
- Aprilian Prastianing Huda, P., & Akbar Riadi, A. (2021). Klasifikasi Penyakit Tanaman Pada Daun Apel Dan Anggur Menggunakan Convolutional Neural Networks. *Jumika*, 8(1), 10–17.
- Atila, Ü., Uçar, M., Akyol, K., & Uçar, E. (2020). Plant leaf disease classification using EfficientNet deep learning model. *Ecological Informatics*, 101182. doi:10.1016/j.ecoinf.2020.1011

- Awalia, N. (2022). Identifikasi Penyakit Leaf Mold Pada Daun Tomat Menggunakan Model Densenet121 Berbasis Transfer Learning. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 8(1), 49–52. <https://doi.org/10.35329/jiik.v8i1.212>
- Barbedo, J. G. A. (2014). An Automatic Method to Detect and Measure Leaf Disease Symptoms Using Digital Image Processing. *Plant Disease*, 98(12), 1709–1716. doi:10.1094/pdis-03-14-0290-re
- Dhaka, V. S., Meena, S. V., Rani, G., Sinwar, D., Kavita, K., Ijaz, M. F., & Woźniak, M. (2021). A Survey of Deep Convolutional Neural Networks Applied for Prediction of Plant Leaf Diseases. *Sensors*, 21(14), 4749. doi:10.3390/s21144749
- Iswantoro, D., & Handayani UN, D. (2022). Klasifikasi Penyakit Tanaman Jagung Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN). *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 22(2), 900. <https://doi.org/10.33087/jiubj.v22i2.2065>
- Khultsum, U., & Subekti, A. (2021). Penerapan Algoritma Random Forest dengan Kombinasi Ekstraksi Fitur Untuk Klasifikasi Penyakit Daun Tomat. *Jurnal Media Informatika Budidarma*, 5(1), 186. <https://doi.org/10.30865/mib.v5i1.2624>
- Lu, J., Tan, L., & Jiang, H. (2021). Review on Convolutional Neural Network (CNN) Applied to Plant Leaf Disease Classification. *Agriculture*, 11(8), 707. doi:10.3390/agriculture1108070
- Palimkar, P., Shaw, R.N., Ghosh, A. (2022). Machine Learning Technique to Prognosis Diabetes Disease: Random Forest Classifier Approach. In: Bianchini, M., Piuri, V., Das, S., Shaw, R.N. (eds) *Advanced Computing and Intelligent Technologies. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 218. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-2164-2\\_19](https://doi.org/10.1007/978-981-16-2164-2_19)
- Parmar, A., Katariya, R., & Patel, V. (2018). A Review on Random Forest: An Ensemble Classifier. *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, 758–763. doi:10.1007/978-3-030-03146-6\_86
- Phan, T. N., Kuch, V., & Lehnert, L. W. (2020). Land Cover Classification using Google Earth Engine and Random Forest Classifier—The Role of Image Composition. *Remote Sensing*, 12(15), 2411. doi:10.3390/rs12152411
- Saputra, W. S. J., Puspaningrum, E. Y., Syahputra, W. F., Sari, A. P., Via, Y. V., & Idhom, M. (2022). Car Classification Based on Image Using Transfer Learning Convolutional Neural Network. 2022 International Conference on Information Technology and Intelligent Systems (ITIS). doi:10.1109/ITIS57155.2022.10010073.
- Sari, A. P., Suzuki, H., Kitajima, T., Yasuno, T., Prasetya, D. A., & Nachrowie, N. (2020). Prediction Model of Wind Speed and Direction using Convolutional Neural Network - Long Short Term Memory. 2020 IEEE International Conference on Power and Energy (PECon). doi:10.1109/pecon48942.2020.9314474
- Tyśkiewicz, R., Nowak, A., Ozimek, E., & Jaroszuć-ścisiel, J. (2022). Trichoderma: The Current Status of Its Application in Agriculture for the Biocontrol of Fungal Phytopathogens and Stimulation of Plant Growth. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(4). <https://doi.org/10.3390/ijms23042329>
- Usha Kumari, C., Jeevan Prasad, S., & Mounika, G. (2019). Leaf disease detection: Feature extraction with k-means clustering and classification with ANN. *Proceedings of the 3rd International Conference on Computing Methodologies and Communication, ICCMC 2019*, 1095–1098. <https://doi.org/10.1109/ICCMC.2019.8819750>
- Ye, J. C. (2022). Convolutional Neural Networks. In *Mathematics in Industry* (Vol. 37, pp. 113–134). [https://doi.org/10.1007/978-981-16-6046-7\\_7](https://doi.org/10.1007/978-981-16-6046-7_7)