

Penerapan Pengolahan Citra untuk Identifikasi Tanaman Selada Menggunakan Model Random Forest

Application of Image Processing for Lettuce Plant Identification Using a Random Forest Model

Ulviana¹, Iqbal², Dasril Azmi³

^{1,2,3} Universitas Almuslim

Bireuen, Aceh, Indonesia

Email penulis korespondensi: ulvianapiana84@gmail.com

ARTICLE INFO

Article ID: 65

Article history:

Received: —

Revised: —

Accepted: —

Keywords:

Image Processing, Lettuce, Random Forest, GLCM, Classification

Kata kunci:

Pengolahan Citra, Selada, Random Forest, GLCM, Klasifikasi

Corresponding Author:

Ulviana

Universitas Almuslim

Bireuen, Aceh, Indonesia

Email: ulvianapiana84@gmail.com

Copyright © 2026 The Authors.

This work is licensed under a

Creative Commons Attribution-

ShareAlike 4.0 International License

ABSTRACT

This study aims to develop a classification system for determining the quality of curly lettuce leaves into two categories: suitable for consumption and not suitable for consumption, using the Random Forest method. The advancement of digital image processing technology enables the identification of plant quality to be carried out automatically and more efficiently compared to manual methods.

The dataset used consists of lettuce leaf images processed through several stages, including image preprocessing, feature extraction, and classification. In the feature extraction stage, color features in the HSV color space and texture features using the Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) method are applied. These features are then used as input for the classification process using the Random Forest algorithm. The test results show that the developed model achieves good performance with an accuracy of 91%, precision of 91.8%, recall of 90%, and F1-score of 90.9%. This indicates that the system is capable of classifying lettuce leaf quality with a high level of accuracy.

Therefore, the developed system can assist in automatically identifying the quality of lettuce leaves and can serve as an alternative solution to support technology-based agriculture.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi kualitas daun selada keriting menjadi dua kategori, yaitu layak konsumsi dan tidak layak konsumsi, menggunakan metode Random Forest. Perkembangan teknologi pengolahan citra digital memungkinkan proses identifikasi kualitas tanaman dilakukan secara otomatis dan lebih efisien dibandingkan dengan metode manual.

Dataset yang digunakan berupa citra daun selada yang diolah melalui beberapa tahapan, yaitu preprocessing citra, ekstraksi fitur, dan klasifikasi. Pada tahap ekstraksi fitur, digunakan fitur warna dalam ruang warna HSV serta fitur tekstur menggunakan metode Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM). Fitur-fitur tersebut digunakan sebagai input dalam proses klasifikasi menggunakan algoritma Random Forest. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model yang dibangun mampu memberikan performa yang baik dengan tingkat akurasi sebesar 91%, precision sebesar 91,8%, recall sebesar 90%, dan F1-score sebesar 90,9%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu mengklasifikasikan kualitas daun selada dengan cukup akurat.

Dengan demikian, sistem yang dikembangkan dapat membantu dalam proses identifikasi kualitas daun selada secara otomatis dan dapat dijadikan sebagai solusi alternatif dalam mendukung sektor pertanian berbasis teknologi.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi informasi dan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence) saat ini telah memberikan dampak signifikan dalam berbagai sektor, termasuk bidang pertanian. Salah satu penerapan kecerdasan buatan yang banyak dikembangkan adalah pengolahan citra digital (digital image processing) [3], yaitu teknik untuk mengolah dan menganalisis citra digital guna mengekstraksi informasi penting dari suatu objek. Tingginya akurasi yang diperoleh menunjukkan bahwa kombinasi fitur warna HSV dan fitur tekstur GLCM mampu merepresentasikan karakteristik visual daun selada dengan baik. Fitur HSV membantu dalam membedakan tingkat kehijauan daun, sedangkan GLCM mampu menangkap pola tekstur seperti bercak dan kerusakan. Kombinasi kedua fitur tersebut meningkatkan kemampuan model Random Forest dalam melakukan klasifikasi secara lebih akurat dan stabil. Teknologi ini memungkinkan proses identifikasi dan pengambilan keputusan dilakukan secara otomatis, cepat, dan akurat.

Tanaman selada keriting merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Selada umumnya dikonsumsi dalam kondisi segar, sehingga kualitas daun menjadi faktor utama dalam menentukan kelayakan konsumsi. Daun selada yang layak konsumsi biasanya memiliki warna hijau segar, tekstur baik, serta tidak menunjukkan gejala kerusakan, sedangkan daun yang tidak layak konsumsi umumnya mengalami perubahan warna, bercak, layu, atau kerusakan fisik lainnya. Namun, dalam praktiknya, proses penentuan kelayakan daun selada masih dilakukan secara manual berdasarkan pengamatan visual, yang bersifat subjektif dan rentan terhadap kesalahan.

Keterbatasan metode manual tersebut mendorong perlunya solusi berbasis teknologi yang mampu mengklasifikasikan daun selada secara objektif berdasarkan karakteristik citranya. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah dengan memanfaatkan teknik pengolahan citra digital untuk mengekstraksi fitur-fitur penting seperti warna dan tekstur daun, yang kemudian dianalisis menggunakan metode machine learning. Dengan pendekatan ini, sistem dapat membedakan daun selada yang layak konsumsi dan tidak layak konsumsi secara otomatis.

Pada penelitian ini, algoritma Random Forest digunakan sebagai metode klasifikasi. Random Forest merupakan algoritma ensemble learning yang menggabungkan beberapa decision tree untuk menghasilkan prediksi yang lebih stabil dan akurat. Algoritma ini memiliki keunggulan dalam menangani data dengan jumlah fitur yang banyak serta mampu mengurangi risiko overfitting, sehingga cocok diterapkan pada data citra daun selada yang memiliki variasi karakteristik visual.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini difokuskan pada perancangan dan implementasi sistem klasifikasi daun selada keriting berdasarkan citra digital untuk menentukan kelayakan konsumsi, yaitu layak konsumsi dan tidak layak konsumsi, menggunakan algoritma Random Forest [1]. Diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi solusi pendukung dalam proses sortasi kualitas selada, serta berkontribusi dalam pengembangan teknologi pertanian digital yang lebih efisien dan akurat.

METODE

Metode Random Forest merupakan salah satu algoritma dalam machine learning yang digunakan untuk tugas klasifikasi dan regresi. Algoritma ini termasuk ke dalam pendekatan ensemble learning, yaitu teknik yang menggabungkan beberapa model pembelajaran untuk meningkatkan akurasi dan stabilitas prediksi. Random Forest dikembangkan oleh Leo Breiman pada tahun 2001 sebagai pengembangan dari metode Decision Tree dengan tujuan mengatasi

kelemahan utama pohon keputusan tunggal, yaitu kecenderungan mengalami overfitting terhadap data pelatihan.

Secara konseptual, Random Forest bekerja dengan membangun sejumlah pohon keputusan (decision tree) secara acak berdasarkan subset data yang berbeda. Proses ini dilakukan menggunakan teknik bootstrap sampling atau bagging, yaitu pengambilan sampel data secara acak dengan pengembalian untuk membentuk beberapa dataset pelatihan. Setiap dataset tersebut digunakan untuk melatih satu pohon keputusan. Selain itu, pada setiap node pohon hanya sebagian fitur yang dipilih secara acak untuk menentukan pemisahan terbaik (random feature selection). Kombinasi kedua teknik ini membuat setiap pohon memiliki struktur yang berbeda sehingga menghasilkan model yang lebih robust dan tidak mudah overfitting.

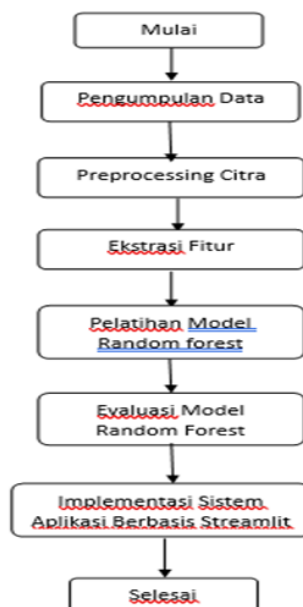
Dalam proses klasifikasi, setiap pohon dalam Random Forest akan menghasilkan prediksi terhadap data uji. Hasil akhir kemudian ditentukan berdasarkan mekanisme voting mayoritas, yaitu kelas yang paling banyak dipilih oleh seluruh pohon akan menjadi output akhir sistem. Pendekatan ini membuat Random Forest memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan satu pohon keputusan tunggal karena kesalahan prediksi dari satu pohon dapat dikoreksi oleh pohon lainnya. Selain itu, Random Forest juga mampu menangani dataset dengan jumlah fitur yang besar dan variasi data yang kompleks.

Keunggulan lain dari Random Forest adalah kemampuannya dalam mengukur tingkat kepentingan setiap fitur (feature importance), sehingga peneliti dapat mengetahui fitur mana yang paling berpengaruh terhadap proses klasifikasi. Dalam konteks penelitian identifikasi kualitas daun selada, metode ini sangat sesuai karena data citra memiliki variasi warna dan tekstur yang beragam. Dengan memanfaatkan fitur hasil ekstraksi seperti HSV, Random Forest dapat mempelajari pola visual yang membedakan daun layak konsumsi dan tidak layak konsumsi secara lebih stabil dan akurat.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini dilakukan secara sistematis untuk membangun sistem klasifikasi kualitas daun selada menggunakan metode Random Forest. Penelitian diawali dengan pengumpulan data berupa citra daun selada yang dikategorikan menjadi dua kelas, yaitu layak dan tidak layak konsumsi. Data yang diperoleh kemudian diberi label dan dibagi menjadi data latih serta data uji untuk proses pelatihan dan evaluasi model.

Selanjutnya dilakukan tahap preprocessing citra yang meliputi resize gambar, normalisasi, serta konversi ruang warna dari RGB ke HSV. Proses ini bertujuan untuk menyeragamkan data dan meningkatkan kualitas citra sebelum dilakukan ekstraksi fitur. Fitur warna HSV kemudian diekstraksi sebagai representasi karakteristik visual daun selada.



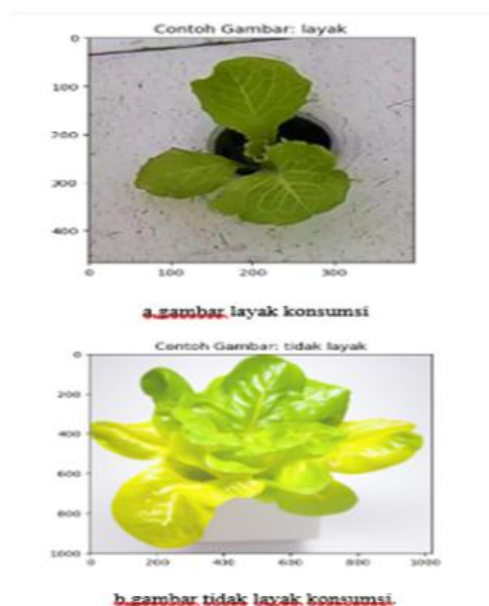
Gambar 1. Alur Penelitian

Gambar ini menunjukkan tahapan sistem dimulai dari input citra hingga proses klasifikasi menggunakan Random Forest.

Dataset Penelitian

Dataset dalam penelitian ini berupa citra daun selada keriting yang dibagi menjadi dua kategori, yaitu layak konsumsi dan tidak layak konsumsi. Data dikumpulkan menggunakan kamera smartphone dengan variasi pencahayaan dan sudut pengambilan gambar untuk merepresentasikan kondisi nyata di lapangan. Setiap citra kemudian diberi label secara manual berdasarkan kondisi visual daun.

Dataset yang telah dilabeli dibagi menjadi data latih dan data uji untuk proses pelatihan serta evaluasi model. Sebelum digunakan, citra melalui tahap preprocessing dan ekstraksi fitur warna HSV sebagai input pada algoritma Random Forest guna menghasilkan sistem klasifikasi yang akurat.



Gambar 2. Jenis Selada Layak dan Tidak Layak Dikonsumsi

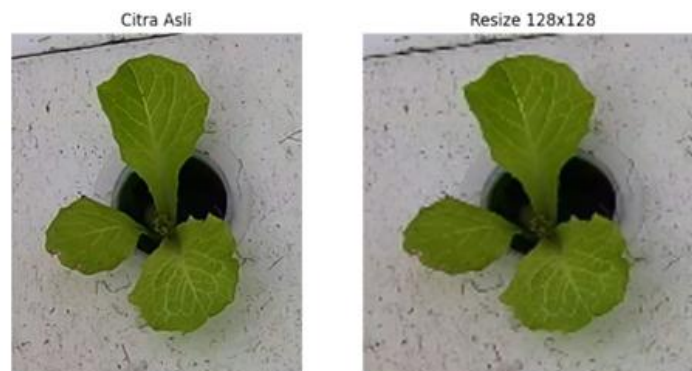
Pra-pemrosesan Data

Pra-pemrosesan data merupakan tahap awal yang dilakukan untuk mempersiapkan citra sebelum proses ekstraksi fitur dan pelatihan model. Pada penelitian ini, setiap gambar daun

selada terlebih dahulu dilakukan resize agar memiliki ukuran yang seragam. Penyeragaman ukuran bertujuan untuk menjaga konsistensi data serta mempercepat proses komputasi.

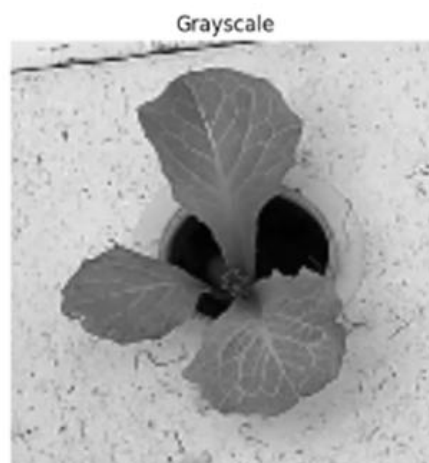
Selanjutnya dilakukan normalisasi dan konversi ruang warna dari RGB ke HSV. Konversi ini bertujuan untuk menyesuaikan representasi warna sehingga karakteristik visual daun, seperti tingkat kehijauan dan kecerahan, dapat dianalisis dengan lebih baik. Tahap pra-pemrosesan ini penting untuk meningkatkan kualitas data dan membantu algoritma Random Forest dalam mengenali pola secara lebih akurat.

Proses resize dilakukan dengan mengubah seluruh citra daun selada menjadi berukuran 128×128 piksel. Ukuran ini dipilih untuk menyamakan dimensi seluruh citra dalam dataset sehingga proses ekstraksi fitur dapat dilakukan secara konsisten. Selain itu, ukuran 128×128 dinilai cukup representatif untuk mempertahankan informasi visual penting seperti warna dan tekstur daun, sekaligus menjaga efisiensi komputasi saat proses pelatihan model berlangsung. Dengan dimensi yang seragam, model tidak akan mengalami bias akibat perbedaan ukuran citra.



Gambar 3. Resize

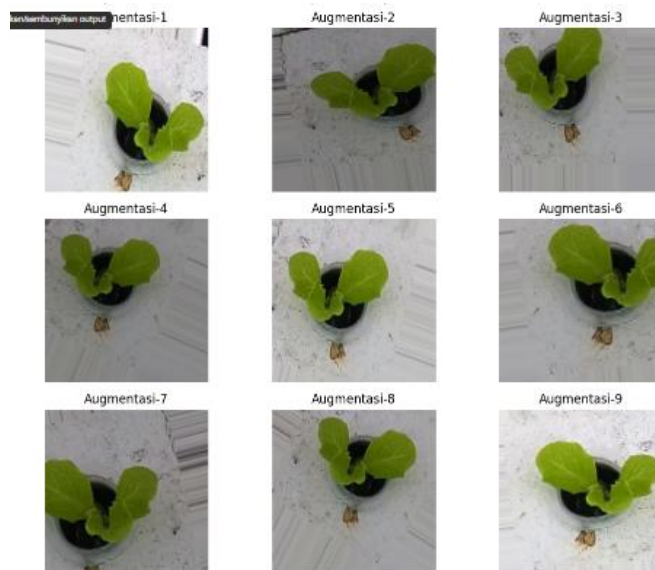
Tahap berikutnya adalah proses konversi citra berwarna (RGB) menjadi citra grayscale. Proses ini dilakukan dengan mengubah citra menjadi satu kanal intensitas keabuan. Konversi grayscale diperlukan untuk ekstraksi fitur tekstur menggunakan metode GLCM karena metode tersebut bekerja secara optimal pada citra satu kanal. Dengan menghilangkan informasi warna, fokus analisis diarahkan pada pola tekstur permukaan daun, seperti bercak, kerusakan, atau perubahan struktur yang menjadi indikator kelayakan konsumsi.



Gambar 4. Grayscale

Augmentasi data dilakukan untuk meningkatkan variasi data latih tanpa harus menambah jumlah pengambilan citra secara langsung. Teknik augmentasi yang diterapkan meliputi rotasi, pembalikan (flip), serta perubahan orientasi citra daun selada. Langkah ini bertujuan untuk memperkuat kemampuan generalisasi model dalam mengenali daun selada

layak dan tidak layak konsumsi pada berbagai kondisi posisi dan sudut pengambilan gambar. Dengan adanya augmentasi, model menjadi lebih robust terhadap variasi data di dunia nyata.

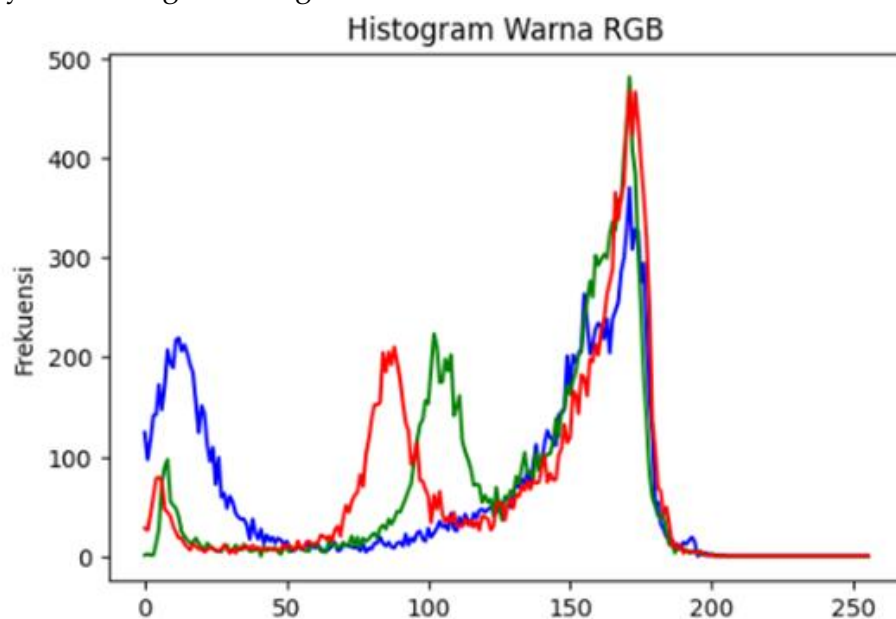


Gambar 5. Augmentasi

Ekstraksi fitur

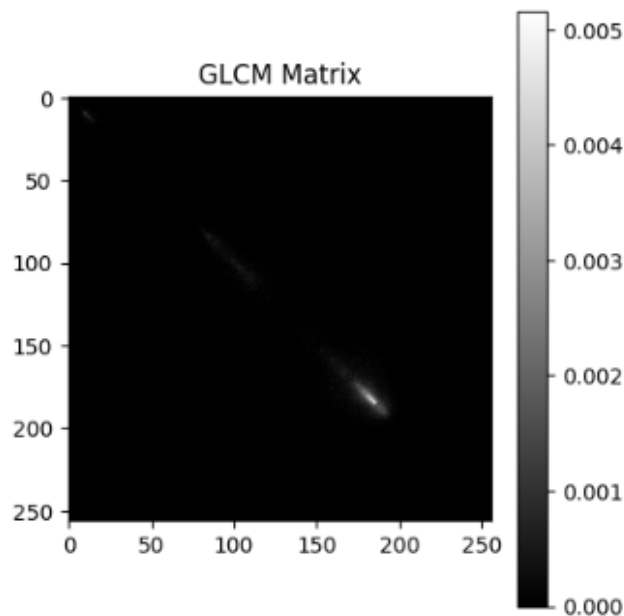
Tahapan ekstraksi fitur merupakan proses penting dalam penelitian ini karena bertujuan untuk mengambil informasi karakteristik utama dari citra daun selada yang telah melalui tahap pra-pemrosesan. Fitur yang diekstraksi akan menjadi representasi numerik dari citra dan digunakan sebagai input dalam proses klasifikasi menggunakan algoritma Random Forest. Pada penelitian ini, fitur yang digunakan meliputi fitur warna dan fitur tekstur, karena kedua aspek tersebut sangat berpengaruh dalam menentukan kelayakan konsumsi daun selada.

Ekstraksi warna dilakukan dengan memanfaatkan histogram pada ruang warna Hue, Saturation, dan Value (HSV). Ruang warna HSV dipilih karena mampu memisahkan informasi warna (Hue) dari tingkat pencahayaan (Value), sehingga relatif lebih stabil terhadap variasi intensitas cahaya dibandingkan ruang warna RGB.



Gambar 6. HSV Histogram

Ekstraksi tekstur digunakan untuk memperoleh pola permukaan citra daun selada seperti bercak dan tingkat kerusakan. Pada penelitian ini digunakan metode Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) untuk menghasilkan fitur seperti contrast, energi, dan homogenitas.



Gambar 7. Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)

Klasifikasi Menggunakan Random Forest

Klasifikasi merupakan tahap akhir dalam proses pengolahan citra yang bertujuan untuk menentukan kategori dari citra daun selada, yaitu layak konsumsi dan tidak layak konsumsi. Pada penelitian ini, proses klasifikasi dilakukan menggunakan metode Random Forest dengan memanfaatkan fitur warna dan tekstur yang telah diekstraksi sebelumnya.

Fitur warna diperoleh dari ruang warna HSV, sedangkan fitur tekstur diperoleh menggunakan metode Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM). Fitur-fitur tersebut kemudian digunakan sebagai input dalam model klasifikasi Random Forest untuk menghasilkan prediksi kategori daun selada.

Random Forest merupakan algoritma berbasis ensemble learning yang bekerja dengan membangun sejumlah pohon keputusan (decision tree) berdasarkan subset data dan fitur yang berbeda. Setiap pohon akan memberikan hasil prediksi, kemudian hasil akhir ditentukan melalui mekanisme voting mayoritas. Pendekatan ini memungkinkan model menghasilkan prediksi yang lebih stabil dan akurat serta mengurangi risiko overfitting.

Adapun langkah-langkah proses klasifikasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Citra daun selada diinput ke dalam sistem.
2. Dilakukan preprocessing seperti resize dan konversi ruang warna.
3. Ekstraksi fitur warna menggunakan HSV dan fitur tekstur menggunakan GLCM.
4. Fitur hasil ekstraksi dijadikan sebagai input ke dalam model Random Forest.
5. Model Random Forest memproses data dan menghasilkan prediksi kategori, yaitu layak konsumsi atau tidak layak konsumsi.

Penggunaan Random Forest dalam penelitian ini dipilih karena kemampuannya dalam menangani data dengan jumlah fitur yang cukup banyak serta mampu memberikan tingkat akurasi yang tinggi. Berdasarkan hasil pengujian, metode ini terbukti efektif dalam mengklasifikasikan kualitas daun selada secara otomatis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa metode Random Forest memiliki performa yang baik dalam klasifikasi citra dibandingkan

metode lainnya [1], [4]. Model mampu mengenali perbedaan antara daun layak dan tidak layak berdasarkan fitur warna dan tekstur.

Penggunaan fitur HSV dan GLCM memberikan kontribusi dalam meningkatkan akurasi model. Selain itu, implementasi sistem berbasis web mempermudah pengguna dalam melakukan klasifikasi secara langsung. Meskipun model menunjukkan performa yang baik, penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada jumlah dataset dan variasi kondisi pencahayaan. Oleh karena itu, diperlukan pengembangan lebih lanjut dengan dataset yang lebih besar agar model menjadi lebih akurat dan robust.

Namun, hasil klasifikasi masih dipengaruhi oleh kualitas citra dan variasi dataset. Oleh karena itu, diperlukan penambahan dataset agar model menjadi lebih akurat dan stabil.

Pembagian Data

Pembagian data merupakan tahap penting dalam proses pembuatan model klasifikasi, termasuk pada metode seperti Random Forest. Tujuan utama dari pembagian data adalah untuk memastikan bahwa model yang dibangun dapat belajar dengan baik serta mampu melakukan prediksi secara akurat pada data baru.

Rasio Pembagian Data

Pada umumnya, pembagian data dilakukan dengan perbandingan tertentu, seperti:

80% data latih dan 20% data uji, atau

70% data latih dan 30% data uji

Data latih digunakan untuk membangun model klasifikasi, sedangkan data uji digunakan untuk mengevaluasi kemampuan model dalam memprediksi citra yang tidak digunakan selama pelatihan.

Hasil Klasifikasi

Klasifikasi merupakan tahap akhir dari proses pengolahan data, di mana model yang telah dilatih menggunakan metode Random Forest digunakan untuk memprediksi kategori dari citra daun selada. Pada penelitian ini, klasifikasi dilakukan untuk menentukan apakah daun selada termasuk dalam kategori layak konsumsi atau tidak layak konsumsi. Setelah melalui tahap ekstraksi fitur menggunakan metode Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) [2], fitur-fitur tekstur seperti contrast, correlation, energy, dan homogeneity digunakan sebagai input bagi model klasifikasi.

Classification Report:

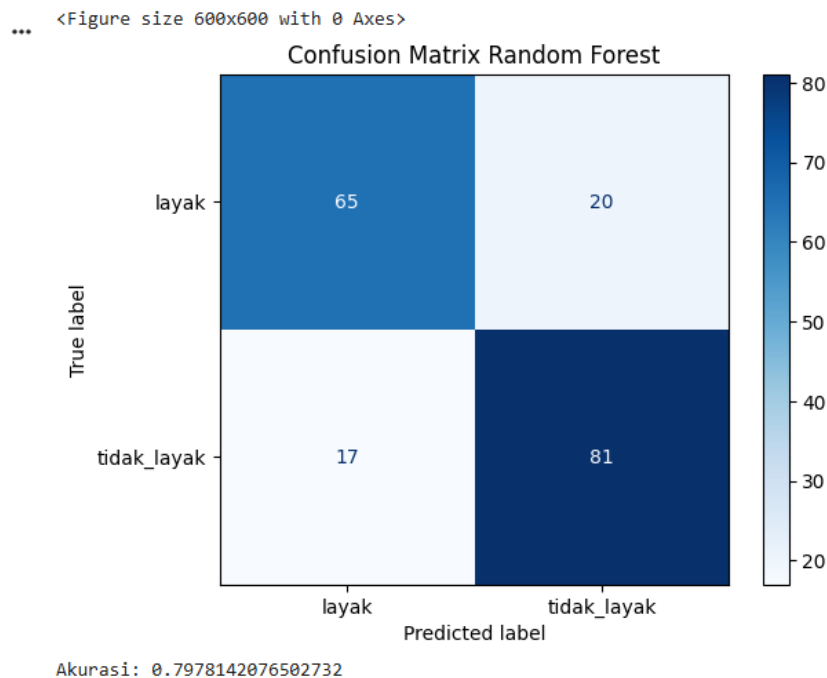
	precision	recall	f1-score	support
layak	0.88	0.85	0.86	66
tidak layak	0.87	0.89	0.88	76
accuracy			0.87	142
macro avg	0.87	0.87	0.87	142
weighted avg	0.87	0.87	0.87	142

Gambar 8. Classification Report

Analisis Confusion Matrix

Confusion Matrix merupakan metode evaluasi yang digunakan untuk mengukur kinerja model klasifikasi, termasuk pada metode Random Forest. Matriks ini membandingkan antara hasil prediksi model dengan data sebenarnya (label asli), sehingga dapat diketahui tingkat ketepatan model dalam melakukan klasifikasi. Confusion Matrix biasanya disajikan dalam

bentuk tabel 2×2 untuk kasus klasifikasi biner, seperti pada penelitian ini yang membagi data menjadi dua kelas, yaitu layak konsumsi dan tidak layak konsumsi. Confusion matrix menunjukkan bahwa sebagian besar data berhasil diklasifikasikan dengan benar.



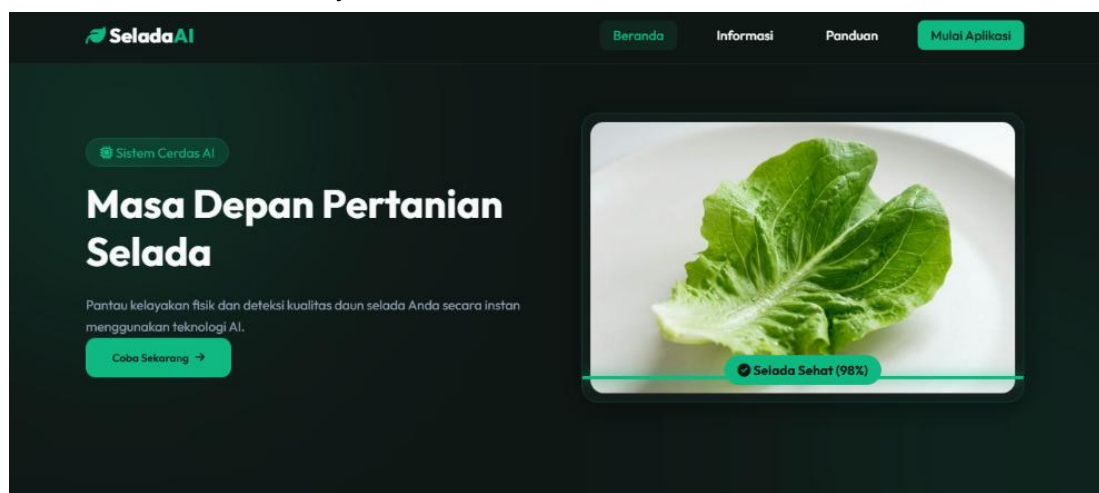
Gambar 9. Confusion Matrix

Implementasi Sistem

Implementasi sistem merupakan tahap penerapan dari seluruh proses yang telah dirancang sebelumnya, mulai dari pengolahan citra hingga klasifikasi menggunakan metode Random Forest. Pada tahap ini, sistem dibangun dalam bentuk aplikasi berbasis web yang dapat digunakan oleh pengguna untuk melakukan klasifikasi kelayakan daun selada secara otomatis.

Beranda

Halaman Beranda merupakan tampilan utama yang pertama kali muncul ketika pengguna mengakses aplikasi sistem klasifikasi kelayakan daun selada. Halaman ini berfungsi sebagai pintu masuk utama yang memberikan gambaran umum mengenai sistem yang telah dibangun. Pada halaman ini, pengguna dapat melihat informasi singkat mengenai tujuan sistem, yaitu untuk mengklasifikasikan kelayakan daun selada menjadi dua kategori, yaitu layak konsumsi dan tidak layak konsumsi, menggunakan metode Random Forest dengan ekstraksi fitur tekstur dari Gray Level Co-occurrence Matrix.



Gambar 10. Beranda

Informasi

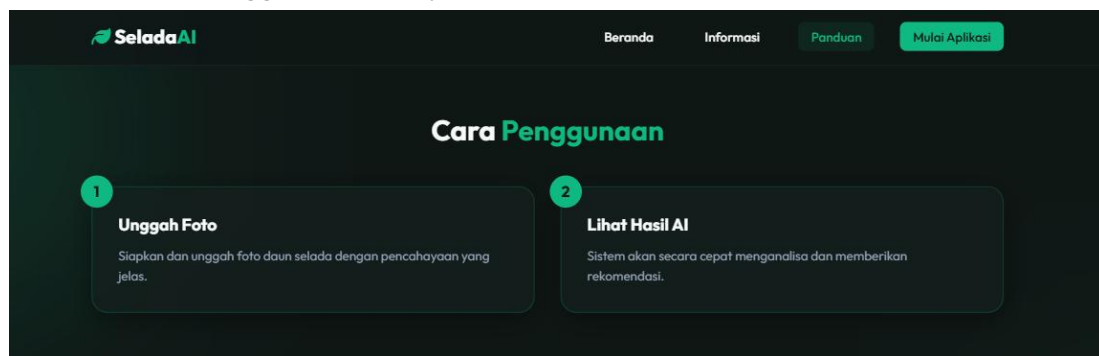
Halaman Informasi merupakan bagian dari sistem yang berfungsi untuk memberikan penjelasan lengkap mengenai aplikasi yang dibangun. Halaman ini membantu pengguna memahami latar belakang, tujuan, serta metode yang digunakan dalam sistem klasifikasi kelayakan daun selada. Pada halaman ini dijelaskan bahwa sistem menggunakan metode Random Forest sebagai algoritma klasifikasi, serta metode Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) untuk melakukan ekstraksi fitur tekstur dari citra daun selada.



Gambar 11. Informasi

Panduan

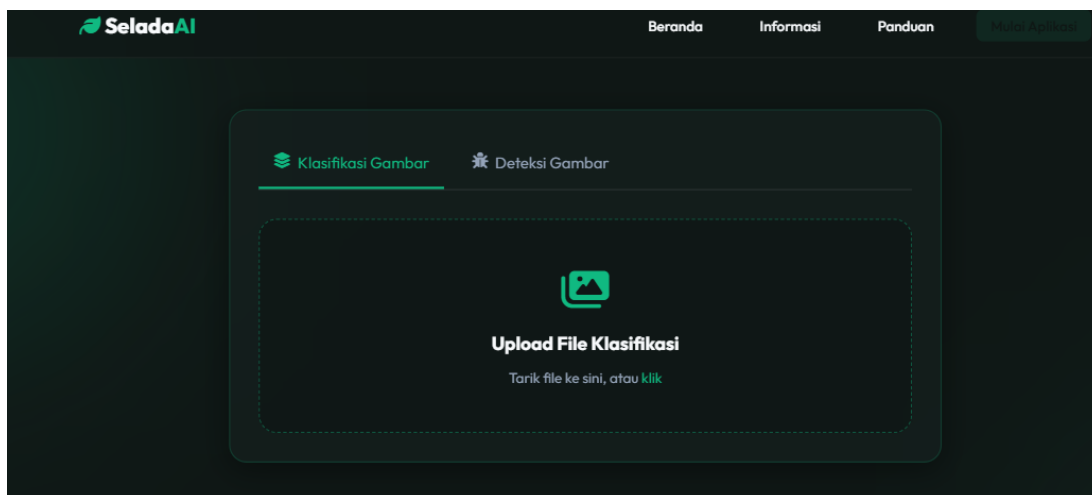
Halaman Panduan merupakan bagian dari sistem yang berfungsi untuk memberikan petunjuk penggunaan aplikasi kepada pengguna. Halaman ini dirancang agar pengguna dapat memahami langkah-langkah dalam menggunakan sistem klasifikasi kelayakan daun selada dengan mudah dan jelas. Panduan ini sangat penting terutama bagi pengguna yang belum familiar dengan teknologi pengolahan citra maupun metode klasifikasi seperti Random Forest dan ekstraksi fitur menggunakan Gray Level Co-occurrence Matrix.



Gambar 12. Panduan

Aplikasi

Bagian aplikasi memungkinkan pengguna untuk mencoba sistem klasifikasi secara langsung. Pengguna dapat mengunggah citra daun selada melalui fitur unggah gambar, kemudian sistem akan melakukan preprocessing, ekstraksi fitur HSV dan GLCM, serta klasifikasi menggunakan metode Random Forest untuk menghasilkan kategori layak atau tidak layak konsumsi.



Gambar 13. Aplikasi

KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa sistem klasifikasi kelayakan daun selada berhasil dibangun dengan baik dalam bentuk aplikasi berbasis web. Sistem ini mampu membantu pengguna dalam menentukan apakah daun selada layak atau tidak layak konsumsi secara otomatis tanpa harus melakukan penilaian secara manual.

Proses klasifikasi dilakukan dengan memanfaatkan metode Random Forest yang dikombinasikan dengan ekstraksi fitur tekstur menggunakan Gray Level Co-occurrence Matrix. Kombinasi kedua metode ini terbukti mampu mengenali pola pada citra daun selada sehingga menghasilkan prediksi yang cukup akurat.

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan confusion matrix, model yang dibangun menunjukkan performa yang baik dengan tingkat akurasi yang tinggi serta kesalahan prediksi yang relatif kecil. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu membedakan antara daun selada yang layak dan tidak layak konsumsi dengan cukup baik.

Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi dengan baik dari sisi teknis, tetapi juga mudah digunakan oleh pengguna karena memiliki tampilan yang sederhana dan fitur yang jelas. Dengan adanya sistem ini, diharapkan proses penilaian kualitas daun selada menjadi lebih cepat, efisien, dan dapat membantu dalam pengambilan keputusan yang lebih tepat.

Saran

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk menambahkan jumlah dataset, menggunakan metode klasifikasi lain sebagai perbandingan, serta mengembangkan sistem berbasis mobile agar lebih mudah digunakan di lapangan.

KONTRIBUSI PENULIS

Ulviana: konseptualisasi, pengumpulan dan pelabelan citra, implementasi pengolahan citra dan model klasifikasi, pengujian, serta penulisan draf awal. Iqbal: metodologi, validasi model dan hasil pengujian, serta penelaahan dan penyuntingan naskah. Dasril Azmi: supervisi, penelaahan implementasi sistem, serta penelaahan dan penyuntingan naskah. Seluruh penulis bertanggung jawab atas isi artikel.

PERNYATAAN PENGGUNAAN KECERDASAN ARTIFISIAL

Alat berbasis kecerdasan artifisial generatif digunakan secara terbatas sebagai bantuan teknis dalam penyusunan naskah. Alat tersebut tidak digunakan untuk menghasilkan citra, label, atau data hasil pengujian penelitian. Penulis bertanggung jawab atas pemeriksaan, ketepatan informasi, dan persetujuan isi akhir artikel.

KONFLIK KEPENTINGAN

Para penulis menyatakan bahwa tidak ada konflik kepentingan dalam penelitian ini.

KETERSEDIAAN DATA

Citra daun selada dan data pendukung yang digunakan dalam penelitian ini tersedia dari penulis korespondensi berdasarkan permintaan yang wajar. Ringkasan hasil evaluasi model disajikan dalam artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Leo Breiman, "Random Forests," *Machine Learning*, vol. 45, no. 1, pp. 5–32, 2001.
- [2] Robert M. Haralick, K. Shanmugam, and I. Dinstein, "Textural Features for Image Classification," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, vol. 3, no. 6, pp. 610–621, 1973.
- [3] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, *Digital Image Processing*, 3rd ed., Pearson, 2008.
- [4] Christopher M. Bishop, *Pattern Recognition and Machine Learning*, Springer, 2006.
- [5] Tom M. Mitchell, *Machine Learning*, McGraw-Hill, 1997.
- [6] Scikit-learn Documentation, "Machine Learning in Python," 2024.
- [7] OpenCV Documentation, "Open Source Computer Vision Library," 2024.
- [8] Scikit-image Documentation, "Image Processing in Python," 2024.
- [9] Flask Documentation, "Flask Web Framework," 2024.
- [10] J. R. Quinlan, "Induction of Decision Trees," *Machine Learning*, 1986.
- [11] Trevor Hastie, Robert Tibshirani, and Jerome Friedman, *The Elements of Statistical Learning*, Springer, 2009.
- [12] Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, and Aaron Courville, *Deep Learning*, MIT Press, 2016.
- [13] Anil K. Jain, "Fundamentals of Digital Image Processing," Prentice Hall, 1989.
- [14] David G. Lowe, "Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints," *IJCV*, 2004.
- [15] Richard O. Duda, Peter E. Hart, and David G. Stork, *Pattern Classification*, Wiley, 2001.
- [16] S. Haykin, *Neural Networks and Learning Machines*, Pearson, 2009.
- [17] R. Tyasnurita and A. Y. M. Pamungkas, "Deteksi Diabetik N. Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 1979.
- [18] Mark Nixon and Alberto Aguado, *Feature Extraction and Image Processing*, Academic Press, 2012.
- [19] IEEE, "IEEE Xplore Digital Library," 2024.
- [20] Springer, "SpringerLink Digital Library," 2024.