

Pengelolaan Citra Cabai Keriting: Kombinasi Median Filtering dan Algoritma K-Means untuk Pengelompokan Berbasis Fitur

Syifa Chairunnissa Deliva Akbar^{1✉}, Nabilla Yasmin², Agung Ramadhanu³
(1,2,3) Magister Teknik Informatika, Pascasarjana, Universitas Putra Indonesia YPTK
Padang, Indonesia

✉ Corresponding author
[syifadelivaa@gmail.com]

Abstrak

Pengolahan citra digital berperan penting dalam klasifikasi tanaman, termasuk cabai keriting. Penelitian ini mengusulkan metode pengelompokan citra cabai keriting menggunakan algoritma K-Means dengan median filtering sebagai langkah awal untuk mengurangi noise pada citra. Ekstraksi fitur dilakukan dengan model warna RGB untuk fitur warna dan metode Grey Level Co-occurrence Matrix (GLCM) untuk fitur tekstur. Dataset terdiri dari 100 citra, masing-masing 50 citra cabai merah dan hijau keriting, dengan pembagian 60 citra untuk pelatihan dan 40 citra untuk pengujian. Hasil menunjukkan bahwa penggunaan median filtering meningkatkan akurasi klasifikasi, dengan akurasi 95% untuk cabai merah keriting dan 93% untuk cabai hijau keriting, menghasilkan rata-rata akurasi 94%. Temuan ini menegaskan pentingnya median filtering dalam meningkatkan kualitas data untuk pengelompokan citra cabai keriting.

Kata Kunci: *K-Means Clustering, GLCM, Ekstraksi Warna dan Tekstur, Median Filtering, Cabai Keriting.*

Abstract

Digital image processing plays a crucial role in plant classification, including curly chili peppers. This study proposes a method for clustering curly chili pepper images using the K-Means algorithm, with median filtering applied as a preliminary step to reduce image noise. Feature extraction focuses on color features using the RGB color model and texture features using the Grey Level Co-occurrence Matrix (GLCM) method. The dataset consists of 100 images, with 50 images each of red and green curly chili peppers, divided into 60 images for training and 40 images for testing. The results indicate that median filtering improves classification accuracy, achieving 95% accuracy for red curly chili peppers and 93% for green curly chili peppers, with an overall average accuracy of 94%. These findings highlight the significance of median filtering in enhancing data quality for clustering curly chili pepper images.

Keyword: *K-Means Clustering, GLCM, Color and Texture Extraction, Median Filtering, Chili.*

PENDAHULUAN

Cabai (*Capsicum annum* L.), yang berasal dari Amerika Selatan, merupakan salah satu tanaman penting dari suku terung-terungan (*Solanaceae*). Di Indonesia, cabai memiliki peran vital dalam sektor pertanian dan pangan. Selain menjadi bahan utama dalam berbagai masakan tradisional, cabai juga memiliki kandungan nutrisi seperti kalori, protein, lemak, kalsium, serta vitamin A, B1, dan C, yang memberikan nilai tambah sebagai komoditas bernilai ekonomi tinggi (Andayani & La Sarido, 2013). Permintaan yang terus meningkat, baik untuk kebutuhan rumah tangga maupun industri pangan, mendorong pengembangan teknologi untuk meningkatkan efisiensi dalam proses identifikasi dan klasifikasi cabai.

Salah satu tantangan yang dihadapi dalam pengelolaan cabai adalah pengklasifikasian jenisnya berdasarkan karakteristik fisik. Cabai merah keriting dan cabai hijau keriting, misalnya, memiliki perbedaan yang mencolok dalam warna, tetapi tekstur permukaan juga menjadi indikator

penting untuk menentukan kualitas dan jenis cabai. Warna cabai dapat dipengaruhi oleh tingkat kematangan, sedangkan tekstur sering kali mencerminkan kondisi permukaan, seperti pola, kekasaran, atau kerusakan. Oleh karena itu, kombinasi analisis warna dan tekstur menjadi pendekatan yang efektif untuk meningkatkan akurasi klasifikasi.

Kemajuan teknologi pengolahan citra digital memberikan solusi praktis untuk mengatasi masalah ini. Citra digital, yang dapat diproses oleh komputer, memungkinkan penerapan algoritma berbasis fitur untuk mengenali dan mengelompokkan objek secara otomatis (Fansyuri & Yunita, 2023). Dalam konteks klasifikasi cabai, fitur warna sering kali diekstraksi menggunakan model warna seperti RGB, HSV, atau YCbCr, karena model-model ini mampu merepresentasikan informasi spektrum warna dengan baik. Sementara itu, fitur tekstur diekstraksi menggunakan metode seperti *Grey Level Co-occurrence Matrix* (GLCM), *Local Binary Patterns* (LBP), atau transformasi *wavelet*, yang efektif untuk menangkap pola kekasaran dan struktur permukaan pada citra. Kombinasi dari kedua jenis fitur ini terbukti dapat meningkatkan akurasi sistem, memungkinkan analisis yang lebih komprehensif terhadap objek.

Salah satu algoritma yang sering digunakan dalam pengolahan citra adalah *K-Means Clustering*. Algoritma ini bekerja dengan mengelompokkan data ke dalam *cluster* berdasarkan kesamaan fitur, dengan tujuan meminimalkan jarak antara data dan pusat *cluster* (Himmah et al., 2020). Sebagai algoritma berbasis *unsupervised learning*, K-Means cocok untuk mengelompokkan data tanpa label, menjadikannya pilihan yang populer dalam aplikasi pengolahan citra. Implementasi algoritma ini sering menggunakan perangkat lunak seperti Matlab, yang mendukung efisiensi pengolahan data berbasis matriks (Atina, 2019).

Penelitian ini mengembangkan metode klasifikasi cabai dengan meningkatkan akurasi melalui penerapan *median filtering* pada tahap pra-pemrosesan. *Median filtering* berfungsi mengurangi *noise* pada citra, sehingga memperbaiki kualitas data untuk proses ekstraksi fitur. Dalam studi sebelumnya (Yasmin et al., 2024), akurasi klasifikasi mencapai 92%. Dengan menambahkan median filtering, akurasi meningkat menjadi 94%.

Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan model klasifikasi cabai merah keriting dan hijau keriting berdasarkan kombinasi fitur warna dan tekstur, yang diproses melalui median filtering. Dengan pengembangan ini, diharapkan model dapat memberikan hasil yang lebih optimal dalam mendukung sistem pertanian dan industri pangan. Teknologi semacam ini tidak hanya meningkatkan efisiensi pengolahan hasil tani, tetapi juga membuka peluang integrasi sistem berbasis citra dalam skala industri (Erwin & Ningsih, 2020).

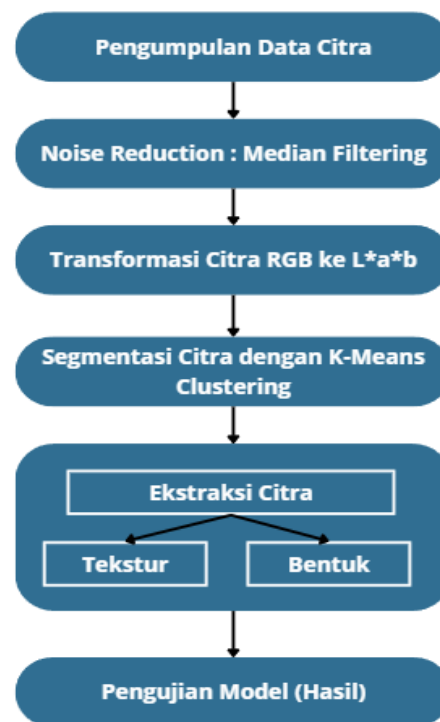
METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengimplementasikan algoritma *K-Means Clustering* untuk klasifikasi citra cabai keriting merah dan hijau dengan pendekatan berbasis pengolahan citra digital. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan data citra, *preprocessing* menggunakan *median filter*, transformasi ruang warna, segmentasi citra, ekstraksi fitur warna dan tekstur, serta pengujian model.

Tahap Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan dengan beberapa tahapan yang sistematis, yang dapat dilihat pada

Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Tahapan Penelitian

Pengumpulan Data Citra

Dataset yang digunakan dalam penelitian ini mencakup 100 citra cabai keriting, terdiri atas 50 citra cabai merah dan 50 citra cabai hijau. Data diambil menggunakan kamera ponsel dengan resolusi tinggi untuk memastikan kualitas gambar memadai. Pemilihan dataset didasarkan pada kriteria berikut: 1). Variasi pencahayaan: Gambar diambil dalam berbagai kondisi pencahayaan untuk mencerminkan situasi lapangan, 2). Keberagaman fitur: Dataset mencakup variasi ukuran, bentuk, warna, dan tekstur cabai untuk meningkatkan kemampuan generalisasi model, 3). Fokus pada objek: Cabai difoto dengan latar belakang seragam untuk mempermudah segmentasi awal.

Dataset dibagi menjadi dua bagian, yaitu 60% (60 citra) untuk data pelatihan dan 40% (40 citra) untuk data pengujian. Pembagian dilakukan secara acak untuk memastikan distribusi yang merata dan representatif pada kedua kelompok data.

Median Filter

Median filtering digunakan dalam tahap *preprocessing* untuk mengurangi *noise*, khususnya *salt-and-pepper noise*, yang dapat memengaruhi kualitas citra. Pemilihan *median filter* didasarkan pada keunggulannya dibanding metode lain, seperti: 1). Kemampuan mempertahankan tepi (*edge*): Berbeda dari *mean filter* atau *Gaussian filter*, median filter mampu menghilangkan noise tanpa mengaburkan detail penting pada tepi citra, yang penting untuk segmentasi dan analisis tekstur, 2). Efektivitas pada *noise* tipe tertentu: Median filter sangat efektif untuk mengatasi *noise sporadis* seperti *salt-and-pepper noise*, yang umum ditemukan pada citra hasil pengambilan gambar dengan perangkat standar, 3). Pengaruh pada akurasi: Penerapan *median filter* terbukti meningkatkan akurasi pengelompokan citra dari 92% (tanpa *filtering*) menjadi 94%, sebagaimana dicatat dalam penelitian sebelumnya (Yasmin et al., 2024).

Transformasi Citra L*a*b

Transformasi citra ke dalam ruang warna Lab bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan warna secara digital (Sinaga, 2019). Model warna Lab dirancang untuk meniru persepsi visual manusia dengan mengimplementasikan tiga komponen, yaitu L yang merepresentasikan *luminance*, serta a dan b yang digunakan untuk koreksi keseimbangan warna. Metode ini memberikan akurasi yang lebih baik dalam mengatur kontras pencahayaan, yang sulit atau bahkan tidak dapat dilakukan oleh model warna RGB (Tri Laksono Aditiya et al., 2022)

Segmentasi Citra dengan K-Means Clustering

Pada tahap segmentasi citra, digunakan metode *K-Means Clustering* untuk memisahkan area cabai keriting dari latar belakang dan bagian citra lainnya. *K-Means Clustering* merupakan teknik pembelajaran tak terawasi yang membagi citra menjadi beberapa kelompok berdasarkan kesamaan warna atau intensitas piksel. Proses ini dimulai dengan memilih jumlah kluster (*K*) yang optimal, yang pada penelitian ini ditentukan melalui percobaan. Setiap piksel dalam citra kemudian dikelompokkan ke dalam salah satu kluster berdasarkan kedekatannya dengan nilai pusat kluster (*centroid*). Setelah segmentasi dilakukan, area yang mewakili cabai keriting dapat dianalisis lebih lanjut untuk ekstraksi fitur dan klasifikasi.

Tahap segmentasi citra dilakukan menggunakan algoritma *K-Means Clustering*. Metode ini dipilih karena: 1). Efisiensi komputasi: *K-Means* adalah algoritma yang cepat dan sederhana, ideal untuk memproses dataset citra berukuran besar, 2). Kemampuan mengelompokkan secara otomatis: *K-Means* secara otomatis memisahkan objek utama (cabai keriting) dari latar belakang berdasarkan distribusi intensitas warna piksel, 3). Dukungan untuk variasi objek: Algoritma ini mampu menangani citra dengan variasi warna dan tekstur, seperti perbedaan warna antara cabai merah dan hijau.

Ekstraksi Citra Ciri Bentuk dan Tekstur

Ekstraksi ciri bentuk dilakukan dengan mengidentifikasi berbagai parameter bentuk, seperti luas (*area*), keliling (*perimeter*), faktor bentuk (*form factor*), serta rasio panjang dan lebar (*aspect ratio*). Proses ini dimulai dengan segmentasi citra menggunakan metode *thresholding* untuk memisahkan objek cabai dari latar belakang. Selanjutnya, kontur objek diekstraksi guna menghitung parameter bentuk yang relevan. Ciri-ciri bentuk ini berperan penting dalam membedakan morfologi cabai keriting.

Ekstraksi Ciri Tekstur

Ekstraksi ciri tekstur dilakukan menggunakan metode *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM), yang merupakan metode statistik untuk menganalisis tekstur berdasarkan distribusi pasangan piksel dengan nilai intensitas tertentu pada jarak dan arah tertentu. Beberapa parameter tekstur yang diekstraksi, antara lain kontras, korelasi, energi, dan homogenitas. Nilai-nilai ini digunakan untuk menggambarkan pola tekstur pada permukaan cabai keriting, yang memiliki peranan penting dalam menilai kualitas dan kematangan cabai.

Pengujian

Pengujian model bertujuan untuk mengevaluasi kinerja dari pemodelan yang telah dibangun serta untuk memastikan bahwa sistem berfungsi sebagaimana mestinya. Untuk memverifikasi hal ini, dilakukan pengujian akurasi yang dihitung menggunakan

Persamaan 1 sebagai berikut:

$$Akurasi = \frac{\text{Data Berhasil}}{\text{banyak data set}} \times 100\%$$

Persamaan 1 Akurasi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini mengklasifikasikan cabai keriting merah dan cabai keriting hijau melalui ekstraksi ciri warna dan tekstur, yang kemudian dianalisis menggunakan algoritma *K-Means Clustering* dengan aplikasi Matlab. Tujuan dari proses ini adalah untuk mengelompokkan citra cabai keriting ke dalam dua kategori, serta untuk mengukur tingkat akurasi dalam evaluasi identifikasi citra cabai keriting dari masing-masing kelas. Penelitian ini menggunakan 50 citra untuk setiap jenis cabai, dengan total dataset yang terdiri dari 100 citra.

Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data citra cabai keriting merah dan cabai keriting hijau dilakukan secara manual dengan menggunakan kamera. Basis data yang digunakan untuk pengembangan sistem identifikasi cabai keriting merah dan cabai keriting hijau terbagi dalam dua kategori utama, yaitu: a).

Data pelatihan (*training set*), yang berfungsi untuk memungkinkan sistem memperoleh pengetahuan dengan "belajar" dari informasi yang terkandung dalam citra, sehingga sistem dapat mengenali pola yang ada, b). Data pengujian (*testing set*), yang digunakan untuk mengevaluasi performa sistem dalam mengidentifikasi citra cabai keriting. Pengujian dilakukan dengan menggunakan citra baru yang belum pernah diproses atau dikenali oleh sistem selama tahap pelatihan. Contoh citra yang digunakan pada penelitian ini sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. a) Cabai Merah Keriting, b) Cabai Merah Keriting

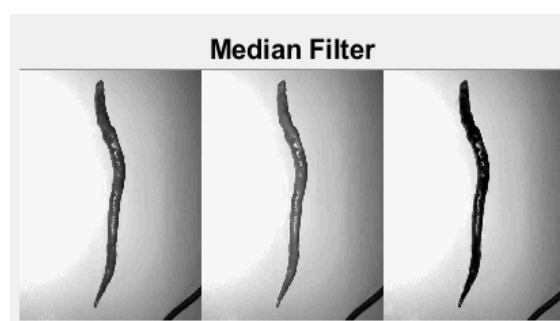
Median Filter

Setelah tahap pengumpulan data citra cabai keriting, dilakukan preprocessing menggunakan *median filter* untuk menghilangkan derau yang sering muncul pada citra hasil pengambilan gambar. Derau atau noise ini dapat disebabkan oleh faktor eksternal seperti pencahayaan yang tidak merata, kualitas kamera yang digunakan, atau gangguan lingkungan lainnya.

Penggunaan *median filter* dalam penelitian ini terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas citra. Dengan menerapkan filter ini, citra yang sebelumnya terdistorsi oleh *noise* tipe *salt-and-pepper* dapat dibersihkan tanpa mengurangi ketajaman tepi objek cabai keriting. Hal ini penting karena informasi tepi sangat diperlukan pada tahap segmentasi untuk memisahkan objek cabai dari latar belakang dengan lebih akurat.

Dari hasil penerapan *median filter*, citra yang telah difilter menunjukkan perbaikan visual yang signifikan dibandingkan dengan citra asli. Hilangnya noise memungkinkan proses ekstraksi ciri bentuk dan tekstur dilakukan dengan lebih baik, mengurangi risiko kesalahan dalam penghitungan parameter citra seperti area, perimeter, serta nilai tekstur. Dengan demikian, penggunaan *median filter* memberikan kontribusi positif terhadap keakuratan hasil analisis citra cabai keriting dalam penelitian ini yang dapat dilihat pada

Gambar 3.

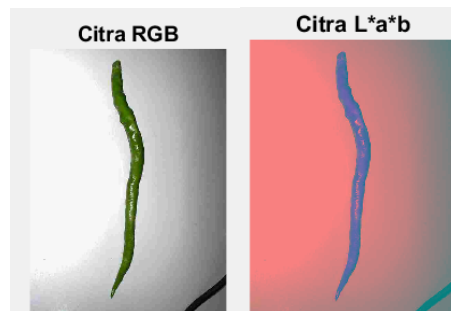


Gambar 3. Proses Median Filter

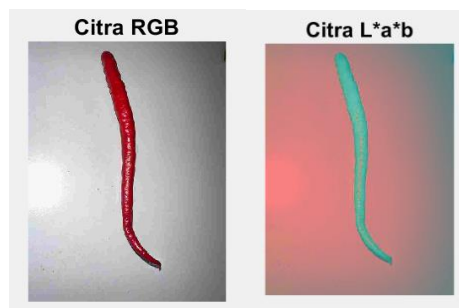
Pra-pemrosesan

Tahap pra-pemrosesan bertujuan untuk menyederhanakan proses identifikasi citra. Proses pengolahan data awal pada tahap ini dilakukan dengan mengubah ruang warna citra menjadi format Lab [15]. Langkah pertama dalam pra-pemrosesan adalah transformasi citra dari ruang warna *Red, Green, Blue* (RGB) ke Lab. Transformasi ini dilakukan untuk memfasilitasi identifikasi warna secara digital. Hasil transformasi citra dari RGB ke Lab yang menggunakan aplikasi Matlab dapat dilihat pada

Gambar 4 dan
Gambar 5.



Gambar 4. Citra RGB Cabai Keriting Hijau, (b) Citra Hasil Transformasi L^*a^*b Cabai Keriting Hijau

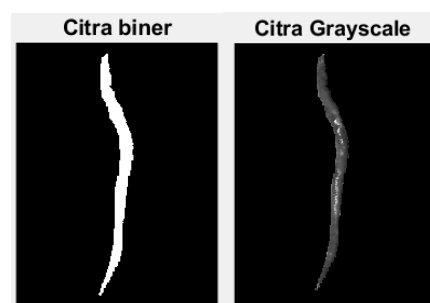


Gambar 5. Citra RGB Cabai Keriting Merah, (b) Citra Hasil Transformasi L^*a^*b Cabai Keriting Merah

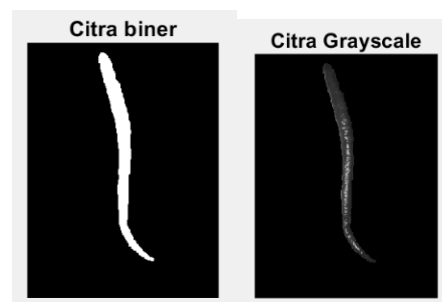
Setelah citra ditransformasi menjadi Lab, untuk mempermudah proses segmentasi, citra kemudian diubah menjadi bentuk biner. Citra biner adalah citra yang hanya memiliki dua nilai skala abu-abu, yaitu hitam dan putih, meskipun citra berwarna kini lebih sering digunakan (Tri Laksono Aditiya et al., 2022). Pada citra biner ini, objek dipisahkan dari latar belakangnya, sehingga citra yang dihasilkan dapat berfungsi sebagai masker untuk tahap pengolahan selanjutnya. Selanjutnya, citra biner tersebut diubah menjadi citra *grayscale* dengan tujuan untuk menyederhanakan citra, sehingga proses pengolahan berikutnya menjadi lebih mudah.

Gambar 6 dan

Gambar 7 menunjukkan hasil transformasi dari citra biner menjadi citra *grayscale*.

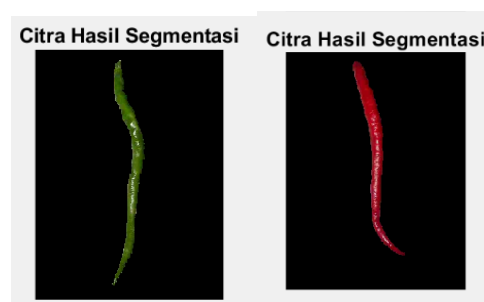


Gambar 6. Hasil Transformasi Biner Cabai Keriting Hijau, (b) Hasil Transformasi Grayscale Cabai Keriting Hijau



Gambar 7. Hasil Transformasi Biner Cabai Keriting Merah, (b) Hasil Transformasi Grayscale Cabai Keriting Merah

Langkah selanjutnya adalah melakukan segmentasi citra menggunakan metode *K-Means Clustering*. Proses ini bertujuan untuk membagi data ke dalam beberapa wilayah kluster yang berbeda. Hasil dari segmentasi citra menggunakan *K-Means Clustering* dapat dilihat pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Hasil Segmentasi Citra Dengan K-Means Clustering Cabai Keriting Hijau, (b) Hasil Segmentasi Citra Dengan K-Means Clustering Cabai Keriting Merah

Ekstraksi Ciri

Ekstraksi ciri bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai karakteristik objek yang akan diidentifikasi. Dalam penelitian ini, proses ekstraksi ciri dilakukan dengan menerapkan metode ekstraksi ciri warna dan tekstur. Fitur-fitur yang diperoleh kemudian digunakan sebagai parameter atau input untuk membedakan objek-objek yang berbeda dalam tahap identifikasi. Pada ekstraksi ciri warna, diterapkan parameter metrik dan eksentrisitas. Metrik dihitung sebagai rasio antara luas dan keliling objek, sedangkan eksentrisitas diperoleh dari perbandingan jarak antara fokus elips minor dan mayor suatu objek. Untuk ekstraksi ciri tekstur, digunakan metode *Gray-Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM) dengan parameter kontras, korelasi, energi, dan homogenitas. Hasil dari ekstraksi ciri bentuk dan tekstur yang diimplementasikan menggunakan Matlab disajikan pada Gambar 9 dan Gambar 10.

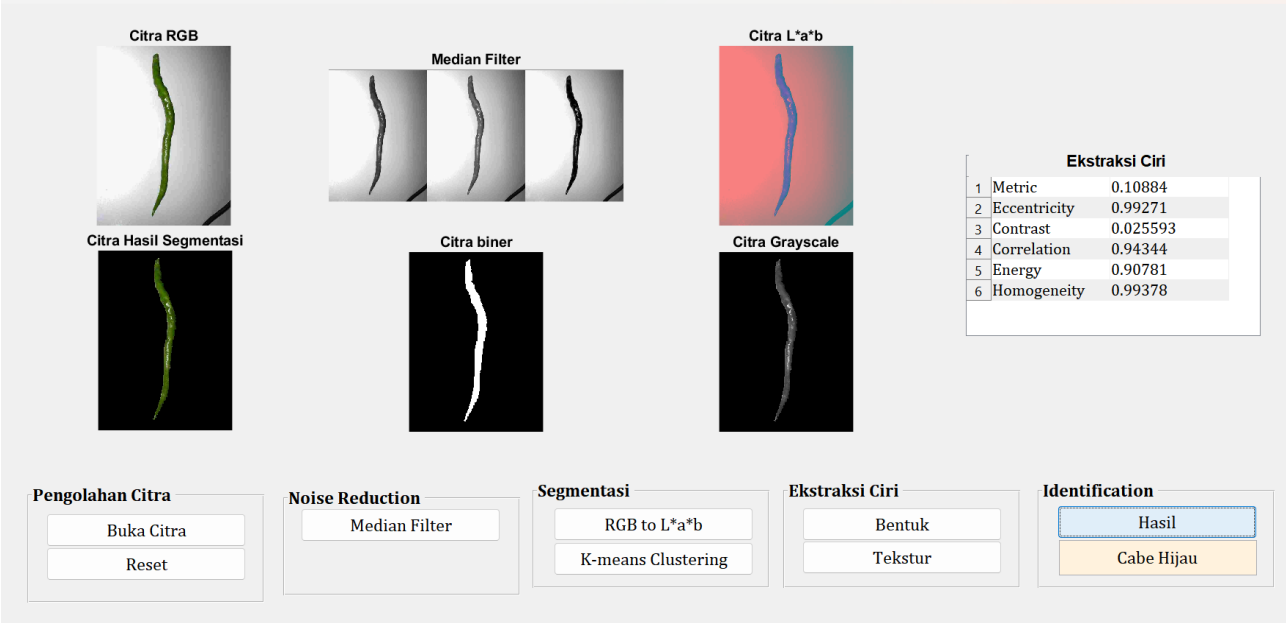
Citra RGB		Ekstraksi Ciri	
		1	Metric 0.10884
		2	Eccentricity 0.99271
		3	Contrast 0.025593
		4	Correlation 0.94344
		5	Energy 0.90781
		6	Homogeneity 0.99378

Gambar 9. Hasil Nilai Ekstraksi Ciri Warna dan Tekstur Cabai Keriting Hijau

Citra RGB	
	
Ekstraksi Ciri	
Ciri	Nilai
1 Metric	0.13979
2 Eccentricity	0.99541
3 Contrast	0.025426
4 Correlation	0.92688
5 Energy	0.90237
6 Homogeneity	0.99271

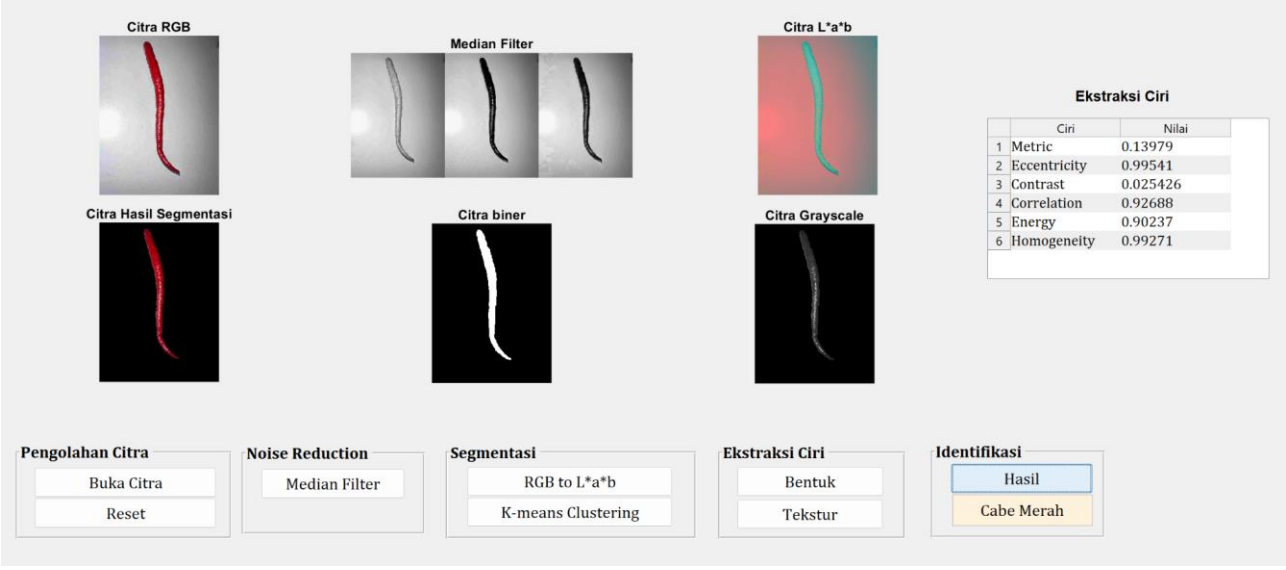
Gambar 10. Hasil Nilai Ekstraksi Ciri Warna dan Tekstur Cabai Keriting Merah

Hasil Klasifikasi K means clustering



Ekstraksi Ciri	
Ciri	Nilai
1 Metric	0.10884
2 Eccentricity	0.99271
3 Contrast	0.025593
4 Correlation	0.94344
5 Energy	0.90781
6 Homogeneity	0.99378

Gambar 11. GUI Sistem Identifikasi Cabai Keriting Hijau



Ekstraksi Ciri	
Ciri	Nilai
1 Metric	0.13979
2 Eccentricity	0.99541
3 Contrast	0.025426
4 Correlation	0.92688
5 Energy	0.90237
6 Homogeneity	0.99271

Gambar 12. GUI Sistem Identifikasi Cabai Keriting Merah

Pengujian model dilakukan dengan mengukur akurasi melalui perbandingan antara hasil identifikasi sistem dan fakta yang ada. Data pengujian terdiri dari 100 citra untuk menguji dua kelas cabai keriting, dengan masing-masing kelas diuji menggunakan 50 citra. Proses pengujian dilakukan dengan mencocokkan hasil identifikasi sistem dengan fakta yang ada. Nilai akurasi dihitung dengan membagi jumlah identifikasi yang benar dengan total data uji, kemudian mengalikannya dengan 100.

Skor akurasi untuk kelas cabai keriting merah mencapai 95%, sementara untuk kelas cabai keriting hijau memperoleh akurasi sebesar 93%. Rata-rata akurasi pengujian secara keseluruhan adalah 94%. Hasil ini kemudian dikategorikan dalam kelompok kriteria akurasi sebagai berikut: "Baik" untuk nilai akurasi antara 76% hingga 100%; "Cukup Baik" untuk nilai antara 56% hingga 75%; "Kurang Baik" untuk nilai antara 40% hingga 55%; dan "Sangat Kurang Baik" jika nilai akurasi di bawah 40%. Berdasarkan hasil tersebut, akurasi model yang dikembangkan untuk mengidentifikasi jenis cabai keriting termasuk dalam kategori "Baik". Skor akurasi menggunakan metode median filtering menunjukkan bahwa ada peningkatan persentase citra cabai keriting dibandingkan dengan tidak menggunakan median filtering. Dengan penelitian sebelumnya yang menguji akurasi citra cabai keriting berdasarkan ekstraksi ciri, didapatkan hasil skor akurasi untuk kelas cabai keriting merah 93%, sementara untuk kelas cabai keriting hijau memperoleh akurasi sebesar 91%. Rata-rata akurasi pengujian secara keseluruhan adalah 92%. Penggunaan metode *K-Means Clustering* pada proses segmentasi citra terbukti membantu dalam ekstraksi ciri, sehingga nilai ekstraksi ciri warna dan tekstur yang diperoleh dapat digunakan sebagai input dalam proses identifikasi.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan median filter dalam proses preprocessing citra secara signifikan meningkatkan akurasi klasifikasi cabai keriting merah dan hijau. Dengan kombinasi ekstraksi fitur warna dan tekstur menggunakan GLCM, model yang diusulkan berhasil mencapai akurasi 95% untuk cabai merah keriting dan 93% untuk cabai hijau keriting, dengan rata-rata akurasi keseluruhan sebesar 94%. Temuan ini menegaskan efektivitas median filter dalam meningkatkan kualitas data dan mendukung pengelompokan citra yang lebih akurat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Agung Ramadani, selaku dosen pengampu mata kuliah, atas bimbingan, arahan, serta dukungan yang diberikan selama proses penelitian hingga penulisan jurnal ini. Tanpa kontribusi dan saran-saran berharga dari beliau, jurnal ini tidak akan dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Aditiya, T. L., Endryansyah, Rusmamto, W., & Muhammad, S. Z. (2022). Pengolahan citra digital buah murbei dengan algoritma LDA (Linear Discriminant Analysis). *Indonesian Journal of Engineering and Technology*, 4(2), 71–78. <https://journal.unesa.ac.id/index.php/inajet>
- Andayani, & La Sarido. (2013). Uji empat jenis pupuk kandang terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman cabai keriting (*Capsicum annuum* L.). *Agrifor*, 12(1), 22–29.
- Atina, A. (2019). Aplikasi Matlab pada teknologi pencitraan medis. *Jurnal Penelitian Fisika dan Terapannya (JUPITER)*, 1(1), 28. <https://doi.org/10.31851/jupiter.v1i1.3123>
- Erwin, & Ningsih, D. R. (2020). Improving retinal image quality using the contrast stretching, histogram equalization, and CLAHE methods with median filters. *International Journal of Image, Graphics and Signal Processing*, 12(2), 30–41. <https://doi.org/10.5815/ijigsp.2020.02.04>
- Fansyuri, M., & Yunita, D. (2023). Implementasi K-Nearest Neighbor untuk klasifikasi jenis kelamin berdasarkan analisis citra wajah. *Klik*, 3(6), 1208–1216. <https://doi.org/10.30865/klik.v3i6.827>
- Himmah, E. F., Widyaningsih, M., & Maysaroh, M. (2020). Identifikasi kematangan buah kelapa sawit berdasarkan warna RGB dan HSV menggunakan metode K-Means clustering. *Jurnal Sains dan Informatika*, 6(2), 193–202. <https://doi.org/10.34128/jsi.v6i2.242>
- Kuswanto, A. D., Fadhila, A. N., Setiawan, P. T., Setiawan, M. K., & Syahputra, D. R. (2024). Penerapan K-Means clustering untuk menentukan jumlah pengangguran berdasarkan umur.

- Repeater: Publikasi Teknik Informatika dan Jaringan, 2(3), 135–146.
<https://doi.org/10.62951/repeater.v2i3.116>
- Murugan, A., Nair, S. A. H., Preethi, A. A. P., & Kumar, K. P. S. (2021). Diagnosis of skin cancer using machine learning techniques. *Microprocessors and Microsystems*, 81. <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2020.103727>
- Perlindungan, I., & Risnawati. (2020). Pengenalan tanaman cabai dengan teknik klasifikasi menggunakan metode CNN. *Seminar Nasional Mahasiswa Ilmu Komputer dan Aplikasinya (SENAMIKA)*, 15–22.
- Salsabila, A., Yunita, R., & Rozikin, C. (2021). Identifikasi citra jenis bunga menggunakan algoritma KNN dengan ekstraksi warna HSV dan tekstur GLCM. *Technomedia Journal*, 6(1), 124–137. <https://doi.org/10.33050/tmj.v6i1.1667>
- Shidiq, F. (2021). Penerapan metode K-Nearest Neighbor (KNN) untuk menentukan ikan cupang dengan ekstraksi fitur ciri bentuk dan canny. *Innovation in Research of Informatics (INNOVATICS)*, 3(2), 39–46. <https://doi.org/10.37058/innovatics.v3i2.3093>
- Sinaga, A. S. (2019). Segmentasi ruang warna Lab. *Jurnal Mantik Penusa*, 3(1), 43–46.
- Yana, Y. E., & Nafi'iyah, N. (2021). Klasifikasi jenis pisang berdasarkan fitur warna, tekstur, bentuk citra menggunakan SVM dan KNN. *Research: Journal of Computer, Information System & Technology Management*, 4(1), 28. <https://doi.org/10.25273/research.v4i1.6687>
- Yasmin, N., Chairunnissa, S., Akbar, D., & Ramadhanu, A. (2024). Penerapan K-Means clustering untuk klasifikasi citra cabai keriting: Studi ekstraksi warna dan tekstur GLCM. *Repeater*, 3(2), 65–71.
- Yuhandri, Y., Ramadhanu, A., & Syahputra, H. (2022). Pengenalan teknologi pengolahan citra digital (Digital Image Processing) untuk santri di Rahmatan Lil'Alamin International Islamic Boarding School. *Community Development Journal: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 3(2), 1239–1244. <https://doi.org/10.31004/cdj.v3i2.5868>