

HYBRID INTELLIGENCE SYSTEM FOR IMAGE CLASSIFICATION OF FRUIT TYPES

Adinda Syalsabilla, Agung Ramadhanu

Magister Teknik Informatika, Universitas Putra Indonesia YPTK Padang

Jalan Raya Lubuk Begalung km 4,5 Padang, Indonesia

Adindasyalsabilla3152@gmail.com

ABSTRAK

Indonesia sebagai negara tropis memiliki kekayaan beragam jenis buah-buahan, seperti paprika dan apel, yang tumbuh subur di berbagai wilayah. Buah-buahan ini memiliki nilai ekonomis tinggi dan berpotensi memberikan keuntungan besar, sehingga mendorong pengembangan produktivitas di berbagai daerah. Namun, kesamaan fisik antar jenis buah seringkali menyulitkan proses identifikasi, yang dapat memengaruhi pengelolaan dan pemanfaatannya. Perkembangan teknologi, khususnya dalam pengolahan citra digital, menjadi solusi untuk mengatasi tantangan ini dengan meningkatkan akurasi dan efisiensi klasifikasi buah. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem klasifikasi citra buah menggunakan kombinasi algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN) dan Principal Component Analysis (PCA) sebagai pendekatan Hybrid Intelligence. PCA digunakan untuk mereduksi dimensi fitur visual seperti warna dan bentuk, sementara K-NN melakukan klasifikasi berdasarkan jarak terdekat. Sistem ini dirancang untuk mengidentifikasi jenis buah seperti paprika merah, paprika hijau, dan apel merah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggabungan K-NN dan PCA meningkatkan akurasi dan efisiensi klasifikasi, dengan akurasi mencapai 90%. Penelitian ini memberikan kontribusi dalam meningkatkan akurasi dan keandalan sistem klasifikasi buah, serta menawarkan manfaat praktis dalam mendukung pengelolaan hasil pertanian, meningkatkan nilai tambah produk, dan memperkuat sektor agribisnis di era digital.

Kata kunci : Buah, klasifikasi citra, K-Nearest Neighbor (K-NN), Principal Component Analysis (PCA), pengolahan citra digital, Hybrid Intelligence

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara tropis dengan kekayaan akan beragam jenis buah-buahan seperti paprika, apel dan lainnya. Buah-buahan ini tumbuh subur di berbagai wilayah dan menawarkan banyak manfaat yang belum sepenuhnya diketahui oleh banyak orang. Secara umum, buah-buahan didefinisikan sebagai bagian dari tanaman yang berdaging dan dapat dikonsumsi [1].

Tanaman buah-buahan memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan berpeluang memberikan keuntungan besar. Hal ini mendorong masyarakat untuk mengembangkan produktivitas buah di berbagai daerah, yang berpotensi menghasilkan berbagai komoditas [2].

Buah memiliki variasi yang sangat beragam, ditandai oleh perbedaan bentuk, warna, ukuran, dan tekstur. Meskipun begitu, terdapat beberapa jenis yang memiliki kemiripan fisik, seperti apel dengan jenis apel lainnya, yang tampak hampir serupa meskipun memiliki kandungan gizi dan vitamin yang berbeda. Kesamaan karakteristik ini seringkali menyulitkan proses identifikasi, yang dapat berdampak pada pengelolaan dan pemanfaatannya. Adanya perkembangan teknologi, khususnya di bidang pengolahan citra digital, klasifikasi objek berdasarkan karakteristik spesifiknya menjadi sebuah solusi yang dapat membantu dalam membedakan jenis buah dan sayuran secara lebih akurat dan efisien [3].

Warna merupakan salah satu elemen penting dalam identifikasi objek, termasuk buah-buahan, namun pengamatan manusia terhadap warna sering kali tidak akurat karena faktor usia, ketajaman penglihatan,

dan kelelahan, yang dapat mengurangi konsistensi dan akurasi, sehingga penggunaan teknologi dalam klasifikasi buah sangat diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi [4].

Perkembangan teknologi yang semakin canggih memudahkan pertukaran informasi dan data melalui media internet, sehingga penting untuk mengamankan informasi tersebut, salah satunya melalui metode steganografi pada media citra digital, audio, atau video, yang memungkinkan data disembunyikan tanpa diketahui oleh pihak lain [5].

Citra digital kini menjadi salah satu media yang paling populer digunakan dalam pertukaran informasi, terutama dengan meningkatnya kebutuhan untuk menyimpan dan mentransmisikan citra yang sering kali berukuran besar, sehingga memengaruhi kecepatan transmisi dan kapasitas penyimpanan yang dibutuhkan [6].

Pengolahan citra digital merupakan bidang ilmu yang mempelajari bagaimana citra dibentuk, diolah, dan dianalisis untuk menghasilkan informasi yang dapat dipahami manusia, salah satunya melalui histogram citra untuk mengetahui distribusi intensitas piksel pada citra yang akan dianalisis lebih lanjut [7].

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa meskipun algoritma Convolutional Neural Network (CNN) telah berhasil diterapkan untuk klasifikasi berbagai jenis buah, namun penelitian ini bertujuan untuk mengatasi kendala dalam klasifikasi jenis buah pisang, dengan fokus pada tiga jenis pisang: pisang jantan, pisang kepok, dan pisang muli. Penelitian ini menggunakan pendekatan VGG16 pada CNN untuk klasifikasi bijian dan deteksi kematangan pisang.

Model yang dihasilkan memberikan tingkat akurasi sebesar 78%, presisi 81%, dan recall 78%, yang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dalam klasifikasi jenis buah pisang dan memberikan kontribusi positif terhadap produktivitas petani pisang di Indonesia [8].

Penelitian sebelumnya membangun aplikasi untuk membedakan jenis mangga berdasarkan struktur tulang daun dengan menggunakan metode Learning Vector Quantization (LVQ) untuk ekstraksi ciri, dan klasifikasi menggunakan metode Euclidean Distance. Meskipun penelitian ini menghasilkan akurasi sistem yang cukup baik dengan cluster yang tersisa dan nilai centroid yang terukur, kelemahannya terletak pada rendahnya akurasi pada jenis mangga golek karena kecerahan yang kurang tinggi, yang mempengaruhi efektivitas klasifikasi antara jenis mangga yang berbeda [9].

Penelitian sebelumnya tentang klasifikasi jenis tumbuhan mangrove menggunakan metode K-Nearest Neighbor (K-NN) menunjukkan tingkat akurasi sebesar 77,77% dan memanfaatkan karakteristik morfologi sebagai basis klasifikasi, yang membuktikan keandalan K-NN dalam pengelompokan data berbasis fitur fisik [10].

Penelitian sebelumnya mengenai klasifikasi jenis jamur dengan menggunakan aplikasi berbasis Android yang mengaplikasikan metode K-Nearest Neighbor (K-NN) menunjukkan hasil yang menjanjikan untuk mengenali jamur yang dapat dimakan oleh masyarakat. Namun, kelemahan yang ditemukan dalam penelitian tersebut adalah ketergantungan pada data latih yang berkualitas dan keberagaman bentuk serta warna jamur yang dapat mempengaruhi akurasi klasifikasi, terutama pada jenis jamur yang memiliki ciri-ciri yang sangat mirip (misalnya, jamur yang memiliki warna atau bentuk yang hampir identik [11].

Algoritma K-NN adalah metode klasifikasi yang sederhana dan mudah diimplementasikan. Algoritma ini bekerja dengan mengelompokkan data berdasarkan titik data terdekat dengan data yang ingin diprediksi, tanpa melibatkan tahap pelatihan yang kompleks. Karena sifatnya yang berbasis instance, K-NN cocok untuk data pelatihan dalam jumlah terbatas, menghasilkan performa yang baik dengan berfokus pada informasi tertentu. Berbeda dengan pendekatan deep learning yang membutuhkan arsitektur model yang rumit, data pelatihan dalam jumlah besar, serta perangkat keras yang mumpuni untuk pelatihan dan penerapannya, K-NN lebih sederhana tetapi memiliki kelemahan dalam menangani nilai yang menyimpang, sehingga rentan terhadap variabel yang tidak mengandung informasi. Oleh karena itu, diperlukan metode tambahan yang mampu mengelola fitur yang terbentuk agar informasi relevan tetap terjaga dan menghasilkan performa optimal. Salah satu metode yang sering digunakan untuk pengurangan data adalah Principal Component Analysis (PCA), yang mampu mereduksi dimensi data dengan mempertahankan informasi relevan berdasarkan kriteria optimal. PCA

bekerja dengan mentransformasi data secara linier, menciptakan sistem koordinat baru yang menghasilkan variansi maksimum [12].

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan keberhasilan algoritma K-NN dalam mengklasifikasikan tingkat kematangan buah kopi berdasarkan fitur warna RGB, HSV, dan area citra buah. Sebagai pelengkap, algoritma Principal Component Analysis (PCA) juga digunakan untuk mendapatkan sebaran dataset, sehingga proses klasifikasi dapat dilakukan dengan lebih efisien. Sistem tersebut dirancang menggunakan perangkat lunak MATLAB R2019b dengan tiga tahap utama: pelatihan untuk membangun model klasifikasi dari data latih, pengujian untuk memverifikasi akurasi model terhadap data uji, dan pembuatan antarmuka pengguna grafis (GUI) untuk memudahkan pengguna. Data yang digunakan diklasifikasikan ke dalam tiga kelas: mentah, cukup matang, dan matang. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggabungan K-NN dan PCA tidak hanya meningkatkan akurasi klasifikasi, tetapi juga memungkinkan pengolahan dataset yang lebih kompleks dan beragam, menjadikan metode ini relevan untuk diterapkan pada kasus serupa [13].

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi citra jenis buah menggunakan kombinasi algoritma K-NN dan PCA sebagai pendekatan berbasis Hybrid Intelligence. Dalam penelitian ini, proses klasifikasi akan dilakukan berdasarkan karakteristik visual buah, seperti warna dan bentuk, yang diekstraksi dari citra digital. PCA digunakan untuk mereduksi dimensi fitur dan mempertahankan informasi penting, sementara K-NN akan melakukan klasifikasi berdasarkan jarak terdekat antara fitur yang telah direduksi. Jenis buah yang digunakan dalam penelitian ini mencakup paprika merah, paprika hijau dan apel merah. Pemilihan jenis buah ini didasarkan pada popularitasnya di pasar lokal maupun internasional, serta karakteristik visualnya yang khas. Dengan pengembangan sistem ini, diharapkan dapat membantu petani, pedagang, dan pelaku agribisnis dalam mengidentifikasi dan mengklasifikasikan jenis buah secara otomatis, sehingga dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi kesalahan manusia.

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam mengatasi keterbatasan metode klasifikasi sebelumnya dengan menggabungkan kekuatan PCA dan K-NN untuk menghasilkan sistem yang lebih akurat dan andal. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan manfaat praktis dalam mendukung pengelolaan hasil pertanian, meningkatkan nilai tambah produk buah, serta memperkuat sektor agribisnis di era digital.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Isi dari tinjauan pustaka dapat mencakup landasan teori yang berkaitan dengan topik skripsi yang dibahas. Landasan teori ini berperan sebagai pedoman utama dalam proses penyusunan artikel.

2.1. Citra

Citra adalah representasi visual dalam bentuk dua dimensi yang dapat dianalisis secara matematis. Pada bidang dua dimensi, citra berfungsi sebagai hasil proyeksi intensitas cahaya. Proses pembentukan citra terjadi ketika suatu objek menerima cahaya dari sumber tertentu, kemudian memantulkannya, dan pantulan tersebut ditangkap oleh perangkat optik, seperti mata manusia. Hasil dari citra sebagai sistem perekaman data dapat memiliki karakteristik optik, seperti foto, bersifat analog seperti gambar pada televisi, atau berbentuk digital yang memungkinkan penyimpanan langsung dalam media digital [14].

2.2. Klasifikasi

Klasifikasi adalah proses dalam *machine learning* yang termasuk dalam kategori *supervised learning*, di mana model dilatih menggunakan data berlabel untuk memetakan input ke output yang diharapkan. Beberapa algoritma klasifikasi yang banyak digunakan antara lain *Decision Trees*, *Naïve Bayes Classifiers*, *K-Nearest Neighbor*, *Rule-Based Methods*, *Memory-Based Reasoning*, dan *Support Vector Machines (SVM)*. Proses klasifikasi terdiri dari tiga tahap utama, yaitu pengembangan model, penerapan model, dan evaluasi hasil. Untuk menilai performa metode klasifikasi, digunakan berbagai metrik evaluasi seperti akurasi, presisi, *recall*, serta *F-measure* atau *F1-score* [15].

2.3. KNN

Algoritma *K-Nearest Neighbor* (k-NN) adalah model algoritma yang digunakan untuk mengklasifikasikan suatu objek berdasarkan kedekatannya dengan data pembelajaran yang telah ada. Algoritma ini bekerja dengan mengidentifikasi titik data yang memiliki jarak terdekat dengan objek yang akan diklasifikasikan. Sebagai salah satu metode yang paling sederhana dan banyak digunakan, k-NN mengklasifikasikan titik data berdasarkan kesamaan dengan kelompok tertentu dari titik data lain yang berdekatan. Pendekatan ini memungkinkan algoritma memberikan hasil yang kompetitif dalam berbagai kasus klasifikasi [16].

2.4. PCA

Principal Component Analysis (PCA) mereduksi dimensi data dengan mengubah variabel asli menjadi komponen utama yang mempertahankan sebanyak mungkin variasi. Metode ini efektif dalam menyederhanakan data tanpa kehilangan informasi penting. PCA banyak digunakan untuk menganalisis data besar dan kompleks di berbagai bidang [17].

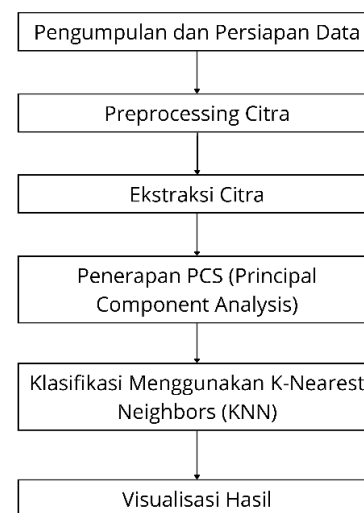
2.5. Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya oleh Saputra dan Ramadhanu meneliti metode klasifikasi otomatis untuk mengidentifikasi jenis bola berbasis visi komputer menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbors* (KNN). Penelitian ini mencakup tahapan

pra-pemrosesan gambar, ekstraksi fitur, normalisasi, serta reduksi dimensi menggunakan Analisis Komponen Utama (PCA). Hasilnya menunjukkan akurasi klasifikasi sebesar 90%, yang mengindikasikan efektivitas pendekatan tersebut dalam mengklasifikasikan objek berbasis citra [18].

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan Hybrid Intelligence dengan tujuan mengklasifikasikan jenis buah berdasarkan citra menggunakan metode *K-Nearest Neighbors* (KNN). Penelitian ini menggabungkan pengolahan citra, ekstraksi ciri, dan teknik klasifikasi berbasis KNN untuk menghasilkan sistem klasifikasi otomatis yang dapat mengenali berbagai jenis buah dari gambar. Berikut adalah tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini:



Gambar 1. Metode penelitian

3.1. Pengumpulan dan Persiapan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari gambar buah yang dikumpulkan dalam dua kategori: data latih dan data uji. Setiap citra buah disimpan dalam format JPG dan dikelompokkan berdasarkan jenis buahnya, seperti apel, paprihijau, dan paprimerah. Data ini disimpan dalam folder yang terpisah, yaitu 'data latih' untuk proses pelatihan dan 'data uji' untuk evaluasi hasil klasifikasi.

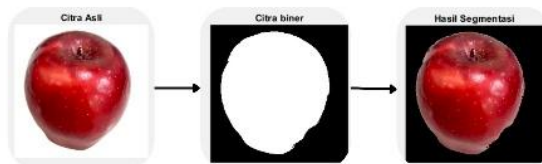


Gambar 2. Data penelitian

3.2. Preprocessing Citra

Citra yang digunakan perlu diproses sebelum dilakukan ekstraksi ciri dan klasifikasi. Tahapan preprocessing meliputi: Konversi Citra ke Grayscale: Citra RGB diubah menjadi grayscale untuk memudahkan analisis dan mengurangi dimensi data.

Binarisasi Citra: Citra grayscale kemudian diubah menjadi citra biner dengan menggunakan thresholding otomatis berdasarkan metode Otsu's method untuk memisahkan objek pisang dari latar belakang. **Operasi Morfologi:** Dilakukan perbaikan citra melalui operasi morfologi, termasuk inversi citra, pengisian lubang, dan pembersihan area kecil menggunakan operasi bwareaopen untuk memperbaiki segmentasi citra.



Gambar 3. Preprocessing citra

3.3. Ekstraksi Ciri

Setelah citra diproses, langkah berikutnya adalah ekstraksi ciri-ciri yang relevan untuk klasifikasi. Ciri-ciri yang diekstrak meliputi: Ciri Warna RGB: Masing-masing saluran warna (Red, Green, dan Blue) diekstraksi dari citra RGB, dan dihitung nilai rata-ratanya berdasarkan area pisang yang terdeteksi dalam citra biner. Ciri Warna HSV: Selain RGB, ciri warna juga diekstraksi dalam ruang warna HSV (Hue, Saturation, Value) untuk memberikan informasi yang lebih mendalam tentang komponen warna citra. Ciri Ukuran: Dihitung dengan mengukur area pisang yang terdeteksi dalam citra biner. Ciri ini memberikan informasi tentang ukuran objek dalam citra. Hasil ekstraksi ciri-ciri ini akan disusun dalam vektor ciri yang terdiri dari 7 atribut: 3 atribut untuk warna RGB (Red, Green, Blue), 3 atribut untuk warna HSV (Hue, Saturation, Value), dan 1 atribut untuk ukuran (Area).

3.4. Penerapan PCA (Principal Component Analysis)

Sebelum diterapkan pada model klasifikasi, data ciri yang telah diekstraksi akan dilakukan normalisasi menggunakan Z-Score normalization untuk mengurangi bias antar fitur. Selanjutnya, Principal Component Analysis (PCA) diterapkan untuk mereduksi dimensi data dan mengidentifikasi 2 komponen utama (PC1 dan PC2) yang menggambarkan variabilitas terbesar dalam data ciri. PCA ini memungkinkan pengolahan data dalam bentuk yang lebih sederhana dan mengurangi kemungkinan overfitting dalam model klasifikasi.

3.5. Klasifikasi Menggunakan K-Nearest Neighbors (KNN)

Metode K-Nearest Neighbors (KNN) digunakan untuk mengklasifikasikan jenis buah berdasarkan ciri-ciri yang telah diekstraksi dan diproses. KNN adalah metode yang menggunakan kedekatan antara data uji dan data pelatihan untuk menentukan kelas objek berdasarkan mayoritas tetangga terdekat. Langkah-langkah yang dilakukan dalam penerapan KNN adalah: Pelatihan Model KNN: Model KNN dilatih

menggunakan data pelatihan yang terdiri dari data citra yang sudah diproses dan ciri yang telah diekstraksi. Pada penelitian ini, $k=3$ dipilih sebagai jumlah tetangga terdekat yang optimal. Klasifikasi Data Uji: Data uji yang telah diproses dan diekstraksi cirinya kemudian diuji dengan model KNN yang telah dilatih untuk memprediksi jenis buah yang ada dalam citra. Evaluasi Hasil Klasifikasi: Hasil klasifikasi kemudian dibandingkan dengan label asli untuk menghitung metrik evaluasi seperti akurasi, precision, recall, dan F1-Score. Metrik ini digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana model dapat mengklasifikasikan buah dengan benar.

3.6. Visualisasi Hasil

Sebagai bagian dari analisis, dilakukan visualisasi sebaran data pelatihan dan sebaran data pengujian menggunakan komponen utama (PC1 dan PC2) hasil dari PCA. Dengan cara ini, distribusi data dari masing-masing kelas buah dapat terlihat secara jelas dalam ruang dua dimensi. Visualisasi ini membantu untuk memahami bagaimana data dari masing-masing jenis buah terdistribusi dan terpisah satu sama lain.

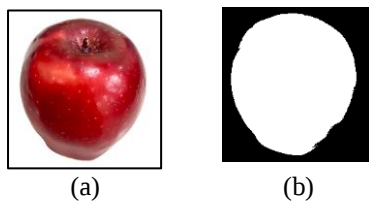
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proses klasifikasi gambar jenis buah dengan mengombinasikan algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN) dan Principal Component Analysis (PCA), langkah pertama yang dilakukan adalah menyiapkan dataset terlebih dahulu. Dataset ini akan digunakan untuk proses pelatihan dan pengujian model yang dikembangkan. Dataset memainkan peran penting dalam pengenalan pola dan pembelajaran, karena dari data tersebut informasi dalam gambar dapat diolah sehingga proses klasifikasi dapat berlangsung. Total gambar yang digunakan berjumlah 26, yang kemudian dibagi menjadi data pelatihan sebanyak 16 gambar dan data pengujian sebanyak 10 gambar. Jenis buah yang digunakan meliputi Apel Merah, Paprika Merah, dan Paprika Hijau. Contoh gambar dari dataset jenis buah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Gambar yang Digunakan

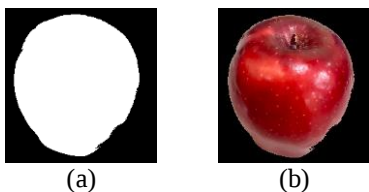
Jenis Buah	Sampel Gambar
Apel	
Paprika Merah	
Paprika Hijau	

Model yang telah dibuat kemudian diterapkan dalam program MATLAB untuk proses pelatihan dan pengujian. Proses pelatihan dimulai dengan konversi gambar RGB menjadi gambar biner. Dengan mengubah gambar RGB menjadi gambar biner, objek yang perlu disegmentasi dapat dipisahkan dari latar belakangnya, sehingga langkah segmentasi menjadi lebih sederhana. Dalam proses ini, gambar RGB diubah menjadi gambar dengan nilai 0 atau 1, atau menjadi gambar yang hanya terdiri dari dua warna, yaitu hitam dan putih, tergantung pada objeknya. Gambar 4 menampilkan contoh gambar dari beberapa jenis ikan setelah dikonversi menjadi gambar biner.



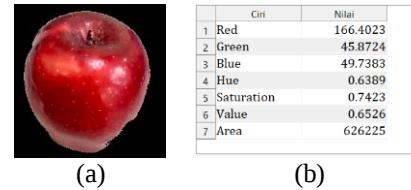
Gambar 4. (a) RGB Image and (b) Binary Image

Gambar 4 (b) menunjukkan hasil dari gambar yang telah diubah menjadi gambar biner, yang kemudian dilanjutkan dengan langkah segmentasi gambar. Tujuan dari segmentasi gambar adalah untuk membedakan antara objek tertentu dalam gambar dengan objek lainnya. Batas-batas area yang memiliki kesamaan bentuk dan susunan digunakan untuk memisahkan objek tersebut. Teknik segmentasi yang digunakan adalah metode thresholding Otsu. Sebagai hasil dari proses ini, objek yang diperlukan telah dipisahkan dari latar belakang dan kini menjadi satu-satunya yang terlihat. Gambar 5 menampilkan contoh gambar dari beberapa jenis buah yang telah disegmentasi menggunakan teknik thresholding Otsu.



Gambar 5. (a) Binary Image and (b) Image Segmentation

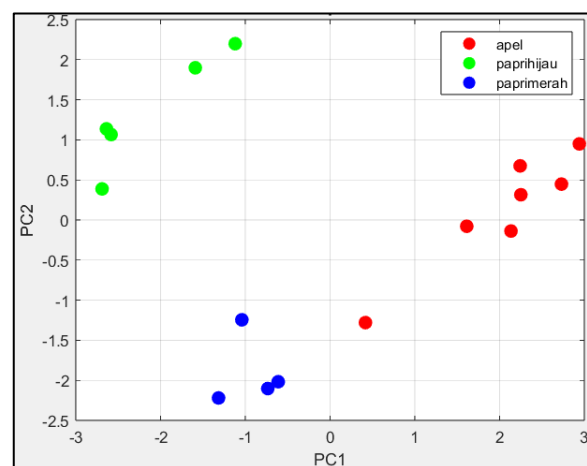
Setelah proses segmentasi gambar, dilakukan prosedur ekstraksi fitur untuk menentukan karakteristik objek dalam gambar yang perlu diidentifikasi. Proses ekstraksi fitur ini menggunakan fitur berbasis warna dan bentuk. Fitur warna akan memanfaatkan nilai RGB dan HSV. Sementara itu, atribut bentuk bergantung pada luas atau nilai dari objek tersebut. Pada tahap ini, akan dihitung nilai RGB, HSV, dan luas dari objek yang diuji. Gambar 6 menampilkan contoh gambar dari beberapa jenis ikan yang fitur-fiturnya telah diekstraksi.



Gambar 6. (a) Image Segmentation and (b) Feature Extraction Value

Langkah berikutnya adalah mengubah fitur yang telah diekstraksi menggunakan pendekatan PCA menjadi komponen utama, yang kemudian dibagi menjadi dua komponen utama untuk mencapai kinerja optimal. Berdasarkan kriteria terbaik, algoritma PCA akan melakukan reduksi data dan mempertahankan sebagian besar informasi relevan dari karakteristik aslinya. Untuk mencapai kinerja optimal, hasil ekstraksi fitur akan direduksi menjadi dua komponen utama, kemudian dikurangi lagi menjadi satu komponen utama.

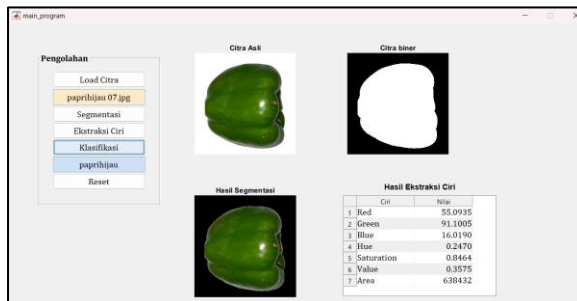
Algoritma PCA menggunakan beberapa garis dan bidang untuk mengurangi dimensi. Tanpa secara signifikan mengurangi jumlah informasi yang digunakan untuk menggambarkan keseluruhan data, teknik PCA dapat menyederhanakan dimensi data yang diamati menjadi lebih sedikit. Selanjutnya, algoritma K-NN digunakan dalam proses klasifikasi. Algoritma K-NN menggunakan sejumlah parameter yang bervariasi, dan seiring bertambahnya data, jumlah parameter sering kali meningkat. Algoritma K-NN melakukan klasifikasi dengan mendasarkan pembelajarannya pada data yang paling dekat dengan item yang sedang diproses. Dari jarak terdekat, K-NN melakukan pengelompokan sehingga objek dapat diklasifikasikan. Gambar 7 menampilkan plot distribusi data di setiap kelas.



Gambar 7. Sebaran data pelatihan knn

Langkah selanjutnya setelah membuat model pelatihan adalah mengujinya dengan mengubahnya menjadi sistem klasifikasi gambar. Sistem ini dibangun menggunakan antarmuka berbasis GUI di MATLAB, yang memudahkan pengoperasiannya. Pengguna dapat memasukkan gambar, melakukan

segmentasi gambar, ekstraksi fitur, dan klasifikasi dalam sistem yang telah dibuat. Hasil dari setiap proses, termasuk segmentasi, ekstraksi fitur, klasifikasi, serta transformasi dari RGB ke biner, akan ditampilkan oleh sistem. Gambar 8 menunjukkan aplikasi GUI dari sistem klasifikasi jenis ikan yang dikembangkan menggunakan MATLAB.



Gambar 8. Tampilan Sistem Klasifikasi Jenis Buah

Model yang telah dibangun akan dievaluasi untuk menilai kinerjanya setelah diterapkan pada program MATLAB. Dalam proses ini, pengukuran dilakukan untuk mengetahui apakah model dapat menjalankan tugas dengan baik. Sebanyak 10 gambar jenis buah digunakan sebagai data uji. Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil klasifikasi model dengan data yang sebenarnya ada. Untuk mendapatkan nilai pada matriks kebingungan, model akan diuji dengan memasukkan gambar uji ke dalam sistem yang telah dibangun. Adapun hasil tabel ekstraksi secara keseluruhan data uji yaitu:

Tabel 2. Hasil pengujian data uji

Citra Uji	Hasil Ekstraksi Ciri	Klasifikasi	Keterangan
Apel 1	Ciri	Apel	Akurat
	1. Red		
	2. Green		
	3. Blue		
	4. Hue		
	5. Saturation		
	6. Value		
Apel 2	Ciri	Apel	Akurat
	1. Red		
	2. Green		
	3. Blue		
	4. Hue		
	5. Saturation		
	6. Value		
Apel 3	Ciri	Apel	Akurat
	1. Red		
	2. Green		
	3. Blue		
	4. Hue		
	5. Saturation		
	6. Value		
Apel 4	Ciri	Apel	Akurat
	1. Red		
	2. Green		
	3. Blue		
	4. Hue		
	5. Saturation		
	6. Value		
Paprika Hijau 1	Ciri	Paprika Hijau	Akurat
	1. Red		
	2. Green		
	3. Blue		
	4. Hue		
	5. Saturation		
	6. Value		
Paprika Hijau 2	Ciri	Paprika Hijau	Akurat
	1. Red		
	2. Green		
	3. Blue		
	4. Hue		
	5. Saturation		
	6. Value		
Paprika Hijau 3	Ciri	Paprika Hijau	Akurat
	1. Red		
	2. Green		
	3. Blue		
	4. Hue		
	5. Saturation		
	6. Value		

Citra Uji	Hasil Ekstraksi Ciri	Klasifikasi	Keterangan
Paprika Merah 1	Ciri	Paprika Merah	Akurat
	1. Red		
	2. Green		
	3. Blue		
	4. Hue		
	5. Saturation		
	6. Value		
Paprika Merah 2	Ciri	Paprika Merah	Belum Akurat
	1. Red		
	2. Green		
	3. Blue		
	4. Hue		
	5. Saturation		
	6. Value		
Paprika Merah 3	Ciri	Paprika Merah	Akurat
	1. Red		
	2. Green		
	3. Blue		
	4. Hue		
	5. Saturation		
	6. Value		

Berdasarkan Tabel 2, pengujian menggunakan metode K-Nearest Neighbor (KNN) dilakukan pada 10 data uji. Hasil pengujian menunjukkan bahwa 9 gambar berhasil diklasifikasikan dengan benar, sementara 1 gambar tidak terklasifikasi dengan tepat. Tingkat akurasi dapat dihitung berdasarkan hasil pengujian tersebut dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{jumlah data benar}}{\text{jumlah data uji keseluruhan}} * 100\%$$

$$\text{Akurasi} = \frac{9}{10} * 100\% = 90\%$$

Hasil eksperimen menunjukkan akurasi sebesar 90% dan tingkat kesalahan mencapai 10%. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain: 1) Metode K-NN hanya menggunakan tetangga terdekat dalam proses klasifikasi; 2) Karena kelas yang digunakan hampir serupa, diperlukan karakteristik tambahan yang lebih representatif selain warna dan bentuk; 3) Proses pra-pengolahan diperlukan untuk menghasilkan dataset yang optimal, terutama karena model kesulitan dalam mengklasifikasikan gambar dengan sudut pandang dan latar belakang yang berbeda; 4) Jumlah dataset yang digunakan dianggap kurang banyak, sehingga diperlukan eksperimen dengan lebih banyak dataset untuk mendapatkan pola pembelajaran yang lebih baik.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan pengujian yang dilakukan menggunakan metode K-Nearest Neighbor (KNN) pada 10 data uji, diperoleh akurasi sebesar 90%, di mana 9 gambar berhasil diklasifikasikan dengan benar dan 1 gambar tidak terklasifikasi dengan tepat. Tingkat kesalahan mencapai 10%, yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti keterbatasan metode K-NN yang hanya mempertimbangkan tetangga terdekat, kesamaan antar kelas yang memerlukan karakteristik tambahan yang lebih representatif, perlunya proses pra-pengolahan untuk menghasilkan dataset yang optimal, serta jumlah dataset yang terbatas. Oleh karena itu, diperlukan eksperimen lebih lanjut dengan dataset yang lebih besar untuk meningkatkan pola pembelajaran dan performa model.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Miftahuddin, "Perbandingan Metode EfficientNetB3 dan MobileNetV2 Untuk Identifikasi Jenis Buah-buahan Menggunakan Fitur Daun: Metode EfficientNetB3 dan MobileNetv2," *Jurnal Ilmiah Teknologi Infomasi Terapan*, vol. 9, no. 1, 2022.
- [2] O. K. Krisanti dan A. W. Setiawan, "EVALUASI KESESUAIAN LAHAN UNTUK TANAMAN BUAH-BUAHAN DI DESA CUKILAN, KECAMATAN SURUH, KABUPATEN SEMARANG," *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, vol. 10, no. 2, hlm. 203–213, 2023.
- [3] Y. Yohannes, M. R. Pribadi, dan L. Chandra, "Klasifikasi Jenis Buah dan Sayuran Menggunakan SVM Dengan Fitur Saliency-HOG dan Color Moments," *ELKHA: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 12, no. 2, hlm. 125–131, 2020.
- [4] Y. Amrozi, D. Yuliati, A. Susilo, N. Novianto, dan R. Ramadhan, "Klasifikasi Jenis Buah Pisang Berdasarkan Citra Warna dengan Metode SVM," *Jurnal Sisfokom (Sistem Informasi dan Komputer)*, vol. 11, no. 3, hlm. 394–399, 2022.
- [5] I. Pujianto, "Uji Ketahanan Citra Digital Terhadap Manipulasi Robustness Pada Steganography," *Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak*, vol. 2, no. 1, hlm. 16–27, 2021.
- [6] S. Ratna, "Pengolahan citra digital dan histogram dengan phyton dan text editor phycharm," *Technologia: Jurnal Ilmiah*, vol. 11, no. 3, hlm. 181–186, 2020.
- [7] B. D. Raharja dan P. Harsadi, "Implementasi Kompresi Citra Digital Dengan Mengatur Kualitas Citra Digital," *Jurnal Ilmiah SINUS*, vol. 16, no. 2, 2018.
- [8] F. Huda dan M. P. K. Putra, "Klasifikasi Jenis Buah Pisang Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network," *Journal of Artificial Intelligence and Technology Information*, vol. 1, no. 3, hlm. 100–105, 2023.
- [9] V. Y. P. Ardhana, J. Saputra, dan M. Afriansyah, "Klasifikasi Jenis Mangga Berdasarkan Tekstur Tulang Daun Menggunakan Metode Learning Vector Quantization (LVQ)," *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, vol. 4, no. 1, hlm. 220–228, 2022.
- [10] S. H. Wardani, T. Rismawan, dan S. Bahri, "Aplikasi Klasifikasi Jenis Tumbuhan Mangrove Berdasarkan Karakteristik Morfologi Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor (KNN) Berbasis Web," *Coding Jurnal Komputer dan Aplikasi*, vol. 4, no. 3, 2016.
- [11] D. Darsilowati, A. A. Riadi, dan E. Evanita, "Klasifikasi Jenis Jamur Konsumsi Berbasis Android Menggunakan Metode K-Nearest Neighbors (KNN)," *Journal of Applied Science and Technology*, vol. 1, no. 02, hlm. 22–29, 2021.
- [12] R. Nuraini, A. Wibowo, B. Warsito, W. A. Syafei, dan I. Jaya, "Combination of K-NN and PCA Algorithms on Image Classification of Fish Species," *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 7, no. 5, hlm. 1026–1032, 2023.
- [13] S. Raysyah, V. Arinal, dan D. I. Mulyana, "Klasifikasi tingkat kematangan buah kopi berdasarkan deteksi warna menggunakan metode knn dan pca," *JSiI (Jurnal Sistem Informasi)*, hlm. 88–95, 2021.
- [14] Y. B. Pattimura, M. P. Kanoena, A. D. Hartanto, H. Hartatik, dan K. Kusnawi, "Implementasi Algoritma Naïve Bayes Dalam Mengidentifikasi Jenis Penyakit Cacar Dengan Image Processing," *Intechno Journal: Information Technology Journal*, vol. 5, no. 1, hlm. 11–17, 2023.
- [15] K. Hayati dan R. Habibi, "Klasifikasi Kelayakan Mahasiswa Masuk Program Msib Kampus Merdeka," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol. 7, no. 3, hlm. 1650–1656, 2023.
- [16] E. Mardiani dkk., "Komparasi Metode Knn, Naive Bayes, Decision Tree, Ensemble, Linear Regression Terhadap Analisis Performa Pelajar Sma," *Innovative: Journal Of Social Science Research*, vol. 3, no. 2, hlm. 13880–13892, 2023.
- [17] S. Manullang dkk., "Analisis faktor penyebab penyakit jantung menggunakan metode principal component analysis (pca)," *Jurnal Lebesgue: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika dan Statistika*, vol. 5, no. 3, hlm. 1568–1588, 2024.
- [18] R. Saputra dan A. Ramadhanu, "IMPLEMENTASI HYBRID INTELLIGENT SYSTEM UNTUK KLASIFIKASI JENIS BOLA BERBASIS COMPUTER VISION," *Jurnal Informatika Teknologi dan Sains (Jinteks)*, vol. 7, no. 1, hlm. 318–325, 2025.