

Analisis Tingkat Kematangan Buah Jeruk Menggunakan Chain Code Dan KNN (K-Nearest Neighbors) Berbasis Website

Orange Ripening Level Analysis Using Chain Code And KNN (K-Nearest Neighbor) Website-Based

Dicky Andreas Sitorus¹, Rachmat Aulia²
^{1,2}Teknik Informatika, Universitas Harapan Medan
E-mail: 1dickyandreasitorus@gmail.com , 2jackm4t@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi kematangan jeruk berbasis web dengan metode K-Nearest Neighbor (KNN) yang memanfaatkan fitur morfologi dan warna sebagai parameter utama. Proses pengolahan citra dimulai dengan konversi citra RGB ke ruang warna HSV, dilanjutkan dengan segmentasi objek menggunakan metode thresholding, serta ekstraksi fitur berupa chain code, area, dan shape factor. Dataset yang digunakan terdiri dari 50 citra jeruk sebagai data latih dan 20 citra jeruk sebagai data uji. Pengujian dilakukan dalam dua skenario, yaitu pengujian single dan pengujian masal. Hasil pengujian single pada 5 data uji menunjukkan seluruh citra berhasil diklasifikasikan sesuai label aktual dengan akurasi 100%. Pada pengujian masal, sistem memperoleh akurasi sebesar 0,90. Temuan ini menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan klasifikasi kematangan jeruk secara efektif, dengan tingkat kesalahan prediksi positif yang sangat rendah. Aplikasi ini diimplementasikan berbasis web sehingga dapat diakses secara praktis, dan diharapkan dapat digunakan sebagai alat bantu dalam proses seleksi dan pemilihan jeruk berdasarkan tingkat kematangannya.

Kata kunci: Klasifikasi Jeruk, K-Nearest Neighbor, Ekstraksi Fitur, Pengolahan Citra, Web Application.

Abstract

This research aims to develop a web-based orange ripeness classification system using the K-Nearest Neighbor (KNN) method, leveraging morphological and color features as the main parameters. The image processing workflow begins with converting RGB images into the HSV color space, followed by object segmentation using the thresholding method, and feature extraction including chain code, area, and shape factor. The dataset consists of 50 orange images as training data and 20 orange images as test data. The evaluation was conducted in two scenarios: single testing and batch testing. The single testing on 5 test images achieved a perfect classification accuracy of 100%. In batch testing, the system achieved an accuracy of 0.90. These results indicate that the system is capable of effectively classifying orange ripeness, with a very low rate of false-positive predictions. The application is implemented as a web-based platform, making it easily accessible, and is expected to serve as a practical tool for sorting and grading oranges based on their ripeness levels.

Keywords: Orange Classification, K-Nearest Neighbor, Feature Extraction, Image Processing, Web Application.



1. PENDAHULUAN

Buah jeruk adalah salah satu buah yang banyak dikonsumsi di seluruh dunia karena rasanya yang segar dan kaya akan vitamin C. Namun, untuk mendapatkan rasa yang manis dan kandungan nutrisi terbaik, jeruk harus dipetik dalam kondisi matang yang tepat. Mengetahui tingkat kematangan buah jeruk sangat penting, baik untuk petani dalam menentukan waktu panen yang tepat, maupun bagi konsumen agar dapat menikmati buah dengan kualitas terbaik. Oleh karena itu, pemahaman tentang ciri-ciri kematangan jeruk menjadi kunci dalam memastikan pengalaman menikmati buah yang optimal.

Penentuan tingkat kematangan buah jeruk merupakan aspek krusial dalam memastikan kualitas dan rasa optimal bagi konsumen. Tradisionalnya, penilaian kematangan dilakukan secara manual berdasarkan pengamatan visual terhadap warna kulit, tekstur, dan aroma. Namun, metode ini memiliki keterbatasan subjektivitas dan konsistensi. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang lebih objektif dan akurat melalui penerapan teknologi pengolahan citra digital dan algoritma pembelajaran mesin.

Salah satu pendekatan yang telah diterapkan adalah penggunaan transformasi ruang warna HSV untuk mendeteksi kematangan buah jeruk. Penelitian [1] menunjukkan bahwa dengan mengonversi citra RGB ke HSV dan menganalisis nilai Hue, dapat ditentukan tingkat kematangan jeruk. Rentang nilai Hue tertentu mengindikasikan apakah jeruk tersebut terlalu matang, matang, atau mentah. Kematangan buah jeruk merupakan faktor penting dalam industri pertanian dan perdagangan karena menentukan kualitas rasa, tekstur, dan nilai jual buah. Secara konvensional, tingkat kematangan buah jeruk ditentukan berdasarkan pengamatan visual terhadap warna kulit dan tekturnya. Namun, metode ini sering kali bersifat subjektif dan bergantung pada pengalaman individu. Oleh karena itu, pendekatan berbasis teknologi seperti pengolahan citra digital dan Machine Learning diperlukan untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam menentukan tingkat kematangan jeruk.

Salah satu teknik yang dapat digunakan dalam analisis bentuk dan tekstur kulit buah jeruk adalah Chain Code, yaitu metode yang merepresentasikan bentuk suatu objek dalam bentuk urutan kode arah yang menggambarkan kontur objek tersebut [2]. Dengan menggunakan Chain Code, pola bentuk dan tekstur kulit jeruk dapat diekstraksi untuk membedakan jeruk mentah, setengah matang, dan matang. Selain itu, metode K-Nearest Neighbor (KNN) dapat digunakan untuk mengklasifikasikan tingkat kematangan jeruk berdasarkan fitur yang diperoleh dari analisis Chain Code dan warna kulit buah. Penelitian oleh Rahmadewi et al. (2019) menunjukkan bahwa klasifikasi berbasis pembelajaran mesin mampu meningkatkan keakuratan dalam mengidentifikasi tingkat kematangan buah jeruk dibandingkan dengan metode konvensional.

Perancangan sistem deteksi kematangan buah kelapa sawit menggunakan deteksi warna dan algoritma K-Nearest Neighbors (K-NN)[3]. Sistem ini mengklasifikasikan buah kelapa sawit berdasarkan warna kulitnya untuk menentukan tingkat kematangan. Proses deteksi dilakukan melalui antarmuka web, memudahkan pengguna dalam mengakses informasi secara real-time. Berdasarkan latar belakang tersebut penulis ingin mengajukan judul tentang Klasifikasi Tektur Kematangan Buah menggunakan metode KNN berbasis web.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Terdapat beberapa metode yang dijadikan sebagai sumber tinjauan untuk membuat aplikasi ini berjalan dengan efektif.

2.1 Citra

Citra adalah representasi visual dari objek yang berbentuk dua dimensi, biasanya diperoleh melalui proses pemindaian atau penangkapan cahaya menggunakan sensor kamera. Dalam konteks komputasi, citra direpresentasikan dalam bentuk matriks dua dimensi yang terdiri



dari elemen-elemen yang disebut piksel. Setiap piksel memiliki nilai intensitas atau warna tertentu yang menyusun keseluruhan citra. Nilai ini menjadi dasar bagi komputer untuk mengenali dan memproses objek dalam gambar [4]. Citra digital terbagi menjadi beberapa jenis berdasarkan warnanya, yaitu citra biner, citra grayscale, dan citra berwarna. Citra biner hanya memiliki dua nilai intensitas (hitam dan putih), biasanya digunakan untuk segmentasi objek. Citra grayscale memiliki skala abu-abu dari 0 hingga 255, sementara citra berwarna biasanya dinyatakan dalam format RGB (Red, Green, Blue) atau HSV (Hue, Saturation, Value).

Format HSV dianggap lebih efektif dalam pengolahan citra karena memisahkan informasi warna (hue) dari kecerahan (value), sehingga lebih stabil terhadap perubahan pencahayaan [5]. Dalam pengolahan citra digital, terdapat beberapa tahapan penting, yaitu akuisisi citra, pra-pemrosesan, ekstraksi fitur, dan klasifikasi. Akuisisi citra adalah proses pengambilan gambar menggunakan sensor digital. Setelah itu, dilakukan pra-pemrosesan untuk meningkatkan kualitas citra, seperti pengurangan noise, konversi ruang warna, dan segmentasi objek. Tahapan ini penting untuk mempersiapkan citra agar fitur-fitur yang relevan dapat diambil secara efektif.

2.2 Citra Digital

Citra digital adalah gambar dua dimensi yang dihasilkan dari analog dua dimensi yang kontinu menjadi gambar melalui proses sampling. Gambar analog dibagi menjadi N baris dan M kolom sehingga menjadi gambar diskrit. Citra digital merupakan citra yang dapat diolah komputer. Yang disimpan dalam komputer hanyalah angka-angka yang menunjukkan besar intensitas pada masing-masing piksel. Karena berbentuk data numerik, maka citra digital dapat diolah dengan komputer. Citra digital dibedakan menjadi dua jenis utama, yaitu citra monokrom (grayscale) dan citra berwarna. Citra grayscale hanya memiliki satu kanal intensitas (biasanya 0–255), sedangkan citra berwarna memiliki tiga kanal utama, seperti RGB (Red, Green, Blue) atau ruang warna lainnya seperti HSV (Hue, Saturation, Value). Dalam banyak aplikasi pengolahan citra, konversi dari RGB ke HSV dilakukan karena HSV dianggap lebih stabil dalam menghadapi variasi pencahayaan dan lebih dekat dengan persepsi warna manusia [6].

2.3 Buah Jeruk dan Tingkat Kematangan

Buah jeruk merupakan salah satu komoditas hortikultura unggulan yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan tersebar luas di Indonesia. Jenis jeruk yang umum dijumpai antara lain:

1. Jeruk keprok (*Citrus reticulata*): memiliki kulit tipis, rasa manis hingga asam, dan sangat populer di pasaran lokal [7].
2. Jeruk Madu (*Citrus sinensis*): dikenal karena rasa manisnya yang dominan dan ukuran buah yang relatif besar.
3. Jeruk nipis dan lemon (*Citrus aurantifolia* dan *Citrus limon*): digunakan lebih banyak dalam olahan makanan atau minuman, bukan untuk konsumsi langsung.

2.4 Pengolahan Citra

Pengolahan citra digital merupakan proses memanipulasi citra dengan bantuan komputer untuk meningkatkan kualitas visual atau mengekstrak informasi penting dari citra tersebut. Proses ini dilakukan pada data visual dalam bentuk digital (piksel) dan banyak diterapkan di bidang medis, pertanian, industri, dan keamanan[8]. Ruang lingkup pengolahan citra meliputi berbagai tahap seperti:

1. Prapemrosesan (preprocessing): menghilangkan noise dan menyesuaikan kontras citra.
2. Segmentasi: memisahkan objek utama dari latar belakang.



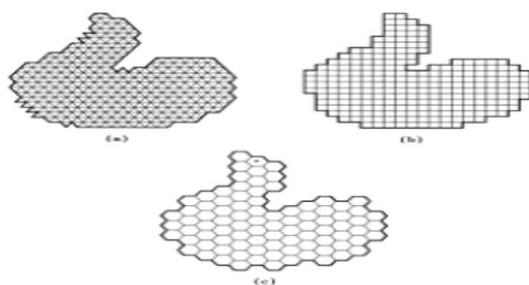
3. Ekstraksi fitur: mengambil karakteristik penting dari objek, seperti bentuk, warna, dan tekstur.
 4. Klasifikasi: mengelompokkan citra berdasarkan fitur-fitur yang telah diekstrak.
- Pengolahan citra menjadi fondasi penting dalam sistem klasifikasi otomatis karena menyediakan representasi numerik yang dapat diproses oleh algoritma pembelajaran mesin [8].

2.5 Chain Code

Freeman Chain Code (Freeman & Davis, 1977) atau yang lebih dikenal dengan chain code digunakan untuk merepresentasikan batas dengan urutan garis lurus yang terhubung dari panjang dan arah yang ditentukan. Biasanya representasi ini didasarkan pada 4 atau 8 konektivitas segmen, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 (a), 2.1(b). Arah setiap segmen dikodekan dengan menggunakan skema penomoran. Kode batas yang dibentuk sebagai urutan nomor arah tersebut disebut sebagai Freeman Chain Code.

2.5.1 Vertex Freeman

Bribiesca (Bribiesca, 1999) memperkenalkan Vertex Chain Code (VCC) pada tahun 1999. Chain code ini memenuhi tiga tujuan yang diusulkan Freeman. Beberapa karakteristik penting dari VCC adalah: (1) VCC invariant terhadap translasi dan rotasi dan secara opsional mungkin invarian terhadap starting point dan transformasi mirroring. VCC dimungkinkan untuk representasi bentuk yang terdiri dari sel segitiga, persegi panjang, dan heksagonal (Gambar 1). (3) Unsur-unsur rantai merupakan nilai nyata bukan simbol seperti chain code lainnya, bagian dari bentuk, menunjukkan simpul sel nomor dari simpul kontur, dapat dioperasikan untuk mengekstraksi sifat bentuk yang menarik. (4) Menggunakan VCC dimungkinkan untuk mendapatkan hubungan antara kontur dan bagian dalam bentuk [9].



Gambar 1. Vertex Freeman

2.6 K-Nearest Neighbors (KNN)

K-Nearest Neighbors (KNN) adalah salah satu algoritma klasifikasi berbasis instance-based learning yang bekerja dengan cara membandingkan kemiripan antara sampel data baru dengan sampel-sampel data latih yang sudah ada berdasarkan jarak terdekat dalam ruang fitur [10]. K-Nearest Neighbors (K-NN) merupakan metode klasifikasi yang menggunakan data pelatihan untuk menentukan kelas objek berdasarkan jarak terdekat. Proses ini melibatkan transformasi data pelatihan ke ruang multidimensi, di mana setiap dimensi mewakili karakteristik data. Algoritma K-NN relatif sederhana dan bekerja dengan menghitung jarak terdekat antara objek query dan sample pelatihan untuk menentukan jumlah tetangga yang optimal.



2.7 Bahasa Pemrograman PHP

PHP (*Hypertext Processor*) merupakan salah satu bahasa pemrograman berbentuk skrip yang sangat populer dalam pembuatan aplikasi web. PHP tergolong sebagai *open source*, yang implisit berarti kita bisa menggunakan tanpa perlu memberlinya. Sesuai dengan fungsinya yang berjalan di sisi *server* maka PHP adalah bahasa pemrograman yang digunakan untuk membangun teknologi *web application*. PHP telah menjadi bahasa scripting untuk keperluan umum yang pada awalnya hanya digunakan untuk pembangunan web yang menghasilkan halaman web dinamis [11].

PHP (*Hypertext Preprocessor*) adalah sebuah bahasa pemrograman scripting untuk membuat halaman web dinamis. Walaupun dikenal sebagai bahasa untuk membuat halaman web, PHP sebenarnya juga dapat digunakan membuat aplikasi command line dan GUI. Cara kerja PHP adalah dengan menyelipkannya diantara kode HTML (*Hypertext Markup Language*)[12].

2.8 Konsep dan Perancangan Basis Data (Database)

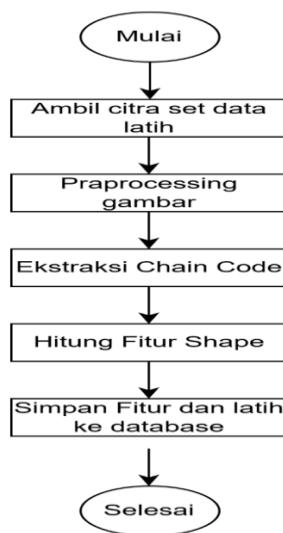
Basis data adalah kumpulan data yang saling berhubungan secara logis dan didesain untuk mendapatkan data yang dibutuhkan oleh suatu organisasi. Basis Data merupakan data yang terintegrasi, yang diorganisasi untuk memenuhi kebutuhan para pemakai di dalam suatu organisasi. Sistem Basis Data merupakan basis data dengan para pemakai yang menggunakan basis data secara bersama-sama, personil yang merancang dan mengelola basis data, Teknik-teknik untuk merancang dan mengelola basis data, serta sistem komputer yang mendukungnya. Sistem Basis Data adalah suatu sistem menyusun dan mengelola *record-record* menggunakan komputer untuk menyimpan atau merekam serta memelihara data operasional lengkap sebuah organisasi atau perusahaan sehingga mampu menyediakan informasi yang optimal yang diperlukan pemakai untuk proses mengambil keputusan [13].

2.9 Flowchart

Flowchart adalah suatu bagan alir yang digunakan untuk menggambarkan urutan proses atau langkah-langkah kerja dalam sebuah sistem secara logis, runtut, dan terstruktur. Flowchart berfungsi sebagai alat bantu visual yang sangat penting dalam pengembangan sistem karena dapat memudahkan pemahaman, perancangan, serta dokumentasi proses yang berlangsung di dalam sistem tersebut. Dalam konteks penelitian "Analisis Tingkat Kematangan Buah Jeruk Menggunakan Chain Code dan K-Nearest Neighbor (KNN) Berbasis Web", flowchart digunakan untuk memetakan seluruh alur sistem yang dikembangkan, mulai dari input pengguna hingga keluaran berupa hasil klasifikasi tingkat kematangan buah jeruk.

Sistem ini dibangun berbasis web agar dapat diakses oleh pengguna secara fleksibel melalui browser tanpa perlu instalasi khusus. Pengguna cukup mengunggah gambar buah jeruk ke dalam sistem, dan sistem akan memproses gambar tersebut untuk menentukan tingkat kematangannya.





Gambar 2. Flowchart Pelatihan

Berikut penjelasan flowchart yang terjadi pada flowchart pelatihan pada gambar 2 sebagai berikut.

1. **Mulai**

Proses dimulai dari titik awal sistem pelatihan (training). Tahapan ini menandai bahwa sistem siap untuk melakukan pelatihan data guna membangun model klasifikasi tingkat kematangan buah jeruk.

2. **Ambil Dataset Citra Latih**

Pada tahap ini, sistem mengambil kumpulan gambar buah jeruk yang telah dikategorikan berdasarkan tingkat kematangannya, misalnya: mentah, setengah matang, dan matang. Dataset ini menjadi dasar proses pembelajaran mesin.

3. **Preprocessing Gambar**

Gambar yang diambil akan diproses terlebih dahulu untuk menyederhanakan bentuk objek. Proses ini meliputi:

Grayscale: Mengubah gambar berwarna menjadi skala abu-abu untuk mengurangi kompleksitas warna.

Thresholding: Mengkonversi grayscale menjadi citra biner (hitam-putih), sehingga kontur objek dapat dikenali dengan jelas. Ini penting untuk ekstraksi kontur pada langkah berikutnya.

4. **Ekstraksi Chain Code**

Setelah kontur gambar diperoleh, sistem mengekstrak bentuk objek menggunakan Chain Code, khususnya metode Freeman Chain Code. Chain code mendeskripsikan arah gerakan sepanjang batas objek menggunakan kode arah (0–7) dalam arah delapan arah (8-connectivity). Ini memungkinkan representasi bentuk secara kompak.

5. **Hitung Fitur Shape**

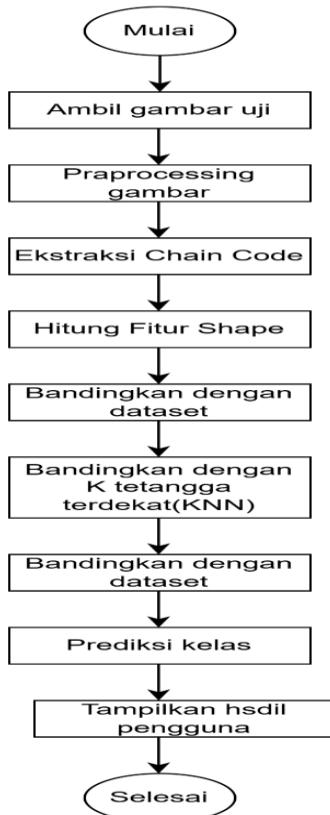
Dari hasil chain code, beberapa fitur bentuk (shape descriptors) dapat dihitung.

6. **Simpan Fitur + Label Kelas ke Basis Data**

Fitur-fitur yang telah diekstrak kemudian disimpan ke dalam basis data (dataset latih), bersama dengan label kelasnya (misalnya: matang, setengah matang, atau mentah). Dataset ini akan digunakan sebagai acuan pada proses testing.

7. **Selesai**

Proses pelatihan selesai. Sistem telah siap untuk digunakan dalam pengujian klasifikasi menggunakan metode K-Nearest Neighbor (KNN) dengan fitur chain code yang telah disimpan sebelumnya.



Gambar 3. Flowchart Pengujian

Sedangkan pada flowchart pengujian seperti pada gambar 3 terdapat beberapa penjelasan mengenai sistem kerja sebagai berikut.

1. Mulai

Sistem siap untuk melakukan pengujian gambar jeruk berdasarkan data training yang telah dilatih sebelumnya.

2. Ambil Gambar Uji

Pengguna mengunggah gambar buah jeruk yang ingin diketahui tingkat kematangannya melalui antarmuka web.

3. Lakukan Preprocessing

Gambar diubah menjadi grayscale, lalu dilakukan thresholding untuk menghasilkan citra biner agar tepi buah terlihat jelas.

4. Ekstraksi Fitur Chain Code

Sistem mendeteksi kontur objek dan mengekstrak chain code berdasarkan arah pergerakan piksel pada tepi objek.

5. Hitung Shape Factor / Panjang Chain Code

Dari chain code yang dihasilkan, dihitung panjang dan fitur bentuk seperti shape factor untuk mendeskripsikan objek lebih lanjut.

6. Bandingkan dengan Dataset Latih



Fitur dari gambar uji dibandingkan dengan seluruh data latih menggunakan rumus jarak, seperti Euclidean Distance.

7. Tentukan K Tetangga Terdekat (KNN)

Sistem memilih K data latih terdekat berdasarkan nilai kedekatan (jarak terkecil).

8. Prediksi Kelas

Dengan metode voting mayoritas, sistem menentukan kelas prediksi seperti "mentah", "setengah matang", atau "matang".

9. Tampilkan Hasil ke Pengguna

Hasil klasifikasi ditampilkan secara langsung di web.

10. Selesai

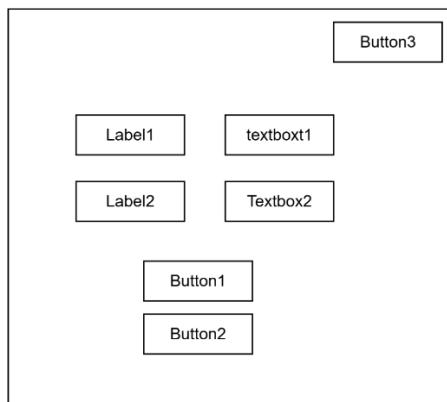
Proses pengujian selesai. Pengguna dapat mengunggah gambar lain atau menyimpan hasil.

2.9 Perancangan Antarmuka

Berikut beberapa rancangan antarmuka yang akan dibangun:

1. Halaman Login

Berikut tampilan rancangan antarmuka untuk halaman login.



Gambar 4. Halaman Login

Keterangan :

Label 1 : 'Username'

Label 2 : 'Password'

Textbox1 : input 'Username'

Textbox2 : input 'Password'

Button1 : menu 'Login'

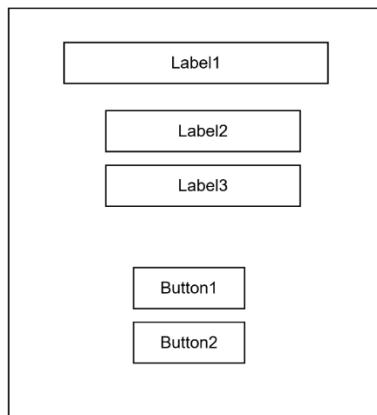
Button2 : menu 'Exit'

Button3 : menu 'About us'

2. Halaman About us

Berikut tampilan rancangan antarmuka untuk halaman login.





Gambar 5. About US

Keterangan :

Label 1 : ‘Judul tugas akhir’

Label 2 : ‘Nama’

Label 3 : ‘NPM’

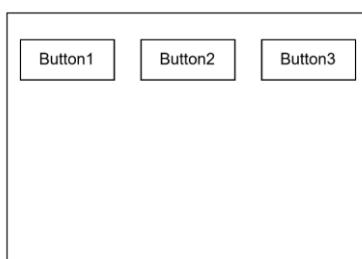
Button1 : menu ‘Beranda’

Button2 : menu ‘Exit’

3. Halaman Beranda

Halaman beranda merupakan titik awal interaksi antara pengguna dan sistem. Pada halaman ini, pengguna disambut dengan antarmuka yang sederhana. Sistem ini dirancang untuk membantu pengguna dalam mengidentifikasi tingkat kematangan buah jeruk secara otomatis dan cepat melalui pengolahan citra digital. Halaman beranda dilengkapi dengan tombol navigasi utama seperti “Pelatihan” "Pengujian" dan "Exit"

Tampilan halaman dibuat responsif dan user-friendly agar dapat diakses dengan nyaman melalui berbagai perangkat, baik komputer maupun ponsel. Desain ini bertujuan agar sistem dapat digunakan secara luas oleh siapa saja tanpa hambatan teknis.



Gambar 6. Beranda

Keterangan :

Button1 : menu ‘Pelatihan’

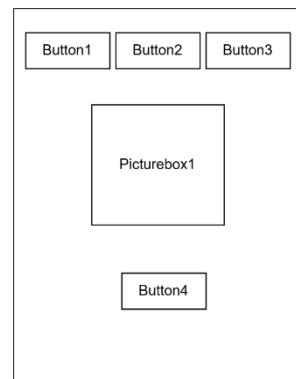
Button2 : menu ‘Pengujian’

Button3 : menu ‘exit’

4. Halaman Pelatihan

Halaman pelatihan digunakan untuk melatih dataset yang digunakan untuk menganalisis tingkat kematangan buah jeruk.





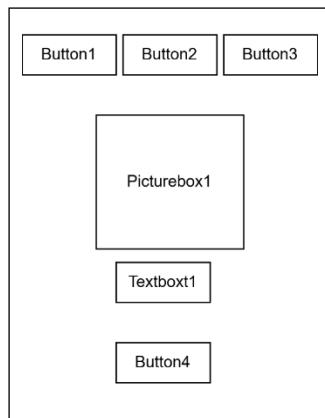
Gambar 7. Halaman Pelatihan

Keterangan :

Button1 : menu ‘Beranda’
Button2 : menu ‘Pengujian’
Button3 : menu ‘exit’
PictureBox1 : untuk unggah data latih
Button4 : tombol ‘uji dataset’

5. Halaman Pengujian

Halaman pengujian digunakan untuk melatih dataset yang digunakan untuk menentukan hasil tingkat kematangan buah jeruk.



Gambar 8. Halaman Pengujian

Keterangan :

Button1 : menu ‘Beranda’
Button2 : menu ‘Pelatihan’
Button3 : menu ‘exit’
PictureBox1 : untuk unggah data uji
Button4 : tombol ‘proses pengujian’
Textbox1 : hasil proses tingkat kematang buah

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Implementasi Sistem



Implementasi sistem klasifikasi kematangan jeruk dilakukan dengan mengaplikasikan metode ekstraksi fitur morfologi melalui chain code yang diintegrasikan ke dalam aplikasi berbasis web menggunakan bahasa pemrograman PHP dan JavaScript. Sistem ini dirancang untuk memproses citra jeruk yang diunggah pengguna melalui antarmuka web, dengan tujuan mengenali bentuk tepi objek jeruk serta menghitung fitur seperti area dan shape factor. Hasil ekstraksi tersebut kemudian diklasifikasikan ke dalam tingkat kematangan menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor (KNN), sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi jeruk secara cepat dan efisien melalui browser.

3.2 Halaman Awal

Halaman awal pada aplikasi klasifikasi kematangan jeruk berfungsi sebagai halaman pengantar sebelum pengguna mengakses fitur utama sistem. Tampilan halaman dirancang secara sederhana dan informatif dengan tata letak elemen yang rapi agar mudah dipahami oleh pengguna. Nuansa warna yang digunakan bersifat lembut dan tidak mencolok, sehingga memberikan kenyamanan visual. Di bagian tengah layar terdapat narasi sambutan singkat untuk memperkenalkan sistem dan menjelaskan tujuannya secara umum.

Di bagian bawah terdapat tombol "MASUK APLIKASI" yang dapat diklik untuk melanjutkan ke halaman login, sebagai pintu masuk menuju fitur utama sistem klasifikasi, seperti unggah citra, proses segmentasi, ekstraksi fitur, dan klasifikasi tingkat kematangan.



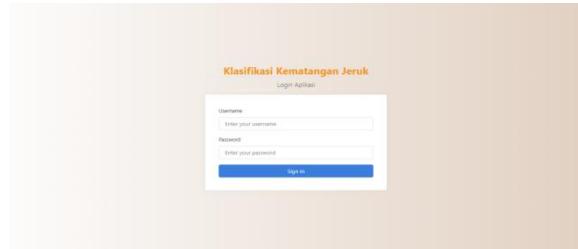
Gambar 9. Tampilan Awal Aplikasi

3.3 Halaman Login

Halaman login merupakan gerbang akses utama menuju fitur-fitur sistem klasifikasi kematangan jeruk. Pada halaman ini, pengguna diminta untuk memasukkan username dan password yang telah didaftarkan sebelumnya. Antarmuka halaman ini dirancang dengan tampilan yang bersih, responsif, dan mudah digunakan, sehingga mendukung kenyamanan pengguna dalam proses autentikasi.

Selain form login, halaman ini juga dilengkapi dengan informasi singkat atau pesan pengingat terkait pentingnya menjaga kerahasiaan akun. Bagi pengguna baru atau yang belum memiliki akun, tersedia tautan untuk menghubungi admin atau pengelola sistem guna mendapatkan akses resmi.

Setelah berhasil login, pengguna akan diarahkan secara otomatis ke dashboard utama aplikasi, tempat seluruh fitur klasifikasi dapat digunakan, mulai dari unggah citra hingga melihat hasil klasifikasi tingkat kematangan jeruk.



Gambar 10. Halaman Login

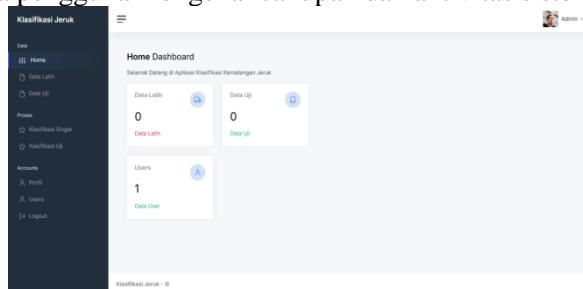
3.4 Halaman Dashboard

Halaman dashboard merupakan tampilan utama yang pertama kali diakses pengguna setelah berhasil login ke dalam sistem. Halaman ini berfungsi sebagai pusat kontrol dan ringkasan informasi mengenai aktivitas dan data yang tersedia dalam aplikasi.

Pada halaman ini ditampilkan statistik dalam bentuk counter yang mencakup:

1. Jumlah Data Latih: Menunjukkan total data citra jeruk yang digunakan sebagai acuan dalam proses pembelajaran sistem klasifikasi.
2. Jumlah Data Uji: Menampilkan total data citra yang telah diuji untuk diklasifikasikan tingkat kematangannya.
3. Jumlah Pengguna: Menunjukkan total pengguna yang telah terdaftar dan memiliki akses ke dalam sistem.

Tampilan dashboard dirancang secara minimalis dan informatif, menggunakan elemen visual yang jelas seperti ikon dan angka yang besar agar mudah dibaca. Statistik ini memberikan gambaran cepat kepada pengguna mengenai cakupan dan aktivitas sistem saat ini.



Gambar 11. Halaman Dashboard

3.5 Halaman Data Latih

Halaman Data Latih berfungsi untuk menampilkan dan mengelola daftar citra jeruk yang digunakan sebagai referensi dalam proses pelatihan sistem klasifikasi. Data latih ini merupakan komponen penting dalam pembentukan model klasifikasi, karena menjadi dasar perbandingan untuk menentukan tingkat kematangan jeruk pada data uji. Tampilan utama halaman ini berupa tabel interaktif yang menyajikan informasi penting dari setiap data latih, seperti kode data, label kelas (Matang/Tidak Matang).

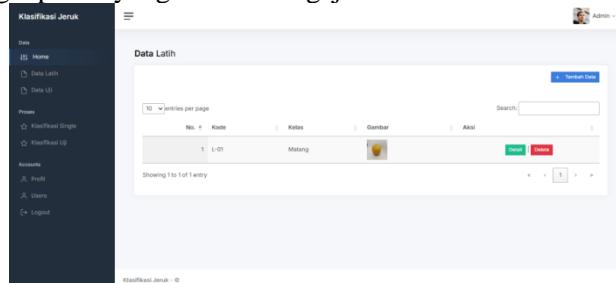
Di bagian atas halaman, terdapat tombol "Tambah Data Latih Baru" yang memungkinkan pengguna untuk mengunggah citra jeruk baru, mengisi label kelas, dan secara otomatis menjalankan proses ekstraksi fitur (chain code, area, dan shape factor) sebagai bagian dari penambahan data.

Setiap baris dalam tabel dilengkapi dengan dua tombol aksi, yaitu:

1. Detail – Menampilkan informasi lengkap dari data latih, termasuk visualisasi citra, nilai-nilai fitur yang diekstraksi, serta proses segmentasi yang telah dilakukan.



2. Delete – Menghapus data latih secara permanen dari sistem, dengan konfirmasi untuk mencegah penghapusan yang tidak disengaja.



Gambar 12. Halaman Data Latih

Halaman Tambah Data Latih berfungsi untuk menambahkan citra jeruk baru ke dalam dataset pelatihan sistem klasifikasi. Pada halaman ini, pengguna diberikan formulir sederhana yang memungkinkan mereka untuk mengunggah gambar jeruk dan memilih label kelas kematangan secara manual, yaitu “Matang” atau “Tidak Matang”. Untuk memudahkan verifikasi, sistem juga menampilkan pratinjau citra yang telah diproses sebelum data benar-benar disimpan, sehingga pengguna dapat memastikan bahwa segmentasi dan fitur yang dihasilkan sudah sesuai.

3.6 Halaman Data Uji

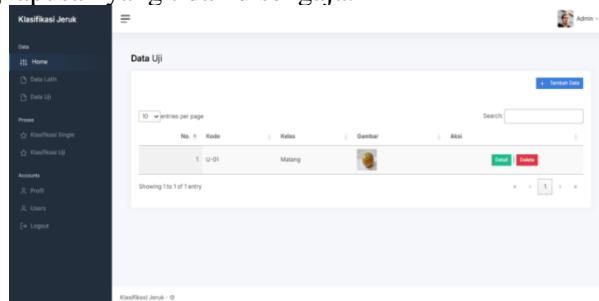
Halaman Data Uji berfungsi untuk menampilkan dan mengelola daftar citra jeruk yang akan diklasifikasikan tingkat kematangannya oleh sistem. Data uji ini digunakan untuk menguji performa model klasifikasi yang telah dibentuk berdasarkan data latih, serta untuk mengetahui hasil klasifikasi secara langsung berdasarkan fitur morfologi dari citra yang diuji.

Di bagian atas halaman, terdapat tombol "Tambah Data Uji Baru" yang memungkinkan pengguna untuk mengunggah citra jeruk baru. Setelah gambar diunggah, sistem akan secara otomatis menjalankan proses pra-pemrosesan dan ekstraksi fitur (chain code, area, dan shape factor), kemudian menggunakan model klasifikasi (K-Nearest Neighbor) untuk menentukan label kematangan dari citra tersebut.

Halaman ini berperan penting sebagai sarana untuk menguji efektivitas sistem klasifikasi dalam kondisi nyata, sekaligus menyediakan gambaran langsung mengenai hasil klasifikasi dari citra jeruk baru yang belum pernah dikenali sistem sebelumnya.

Setiap baris dalam tabel dilengkapi dengan dua tombol aksi, yaitu:

1. Detail – Menampilkan informasi lengkap dari data uji, termasuk visualisasi citra, nilai-nilai fitur yang diekstraksi, serta proses segmentasi yang telah dilakukan.
2. Delete – Menghapus data uji secara permanen dari sistem, dengan konfirmasi untuk mencegah penghapusan yang tidak disengaja.



Gambar 13. Tampilan Halaman Data Uji



Halaman Tambah Data Uji berfungsi untuk menambahkan citra jeruk baru ke dalam dataset pengujian untuk diklasifikasikan tingkat kematangannya oleh sistem. Pada halaman ini, pengguna diberikan formulir sederhana yang memungkinkan mereka untuk mengunggah gambar jeruk tanpa perlu memilih label kelas, karena label akan ditentukan secara otomatis oleh sistem menggunakan metode klasifikasi berbasis fitur morfologi.

3.7 Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem klasifikasi kematangan jeruk berbasis chain code dan metode K-Nearest Neighbor (KNN). Pengujian mencakup dua pendekatan, yaitu pengujian single dan masal, dengan masing-masing tujuan untuk mengamati akurasi klasifikasi pada satu citra secara individu dan pada skala yang lebih besar secara kolektif.

1. Pengujian Single

Pada pengujian single, sistem diuji dengan 5 data uji citra jeruk secara terpisah. Setiap gambar dianalisis melalui proses ekstraksi fitur, yaitu penghitungan area, shape factor, serta rata-rata warna dalam format HSV, yang selanjutnya digunakan sebagai input dalam proses klasifikasi menggunakan metode KNN. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh gambar berhasil diklasifikasi dengan benar sesuai label aslinya. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu mengenali dan membedakan fitur morfologi serta warna citra dengan baik dalam konteks pengujian individual.

Tabel 1. Hasil Pengujian

No	Image	Kelas Aktual	Klasifikasi	Keterangan
1.		Matang	Matang	Sesuai
2.		Matang	Matang	Sesuai
3.		Matang	Matang	Sesuai
4.		Tidak Matang	Tidak Matang	Sesuai
5.		Tidak Matang	Tidak Matang	Sesuai

2. Pengujian Masal

Pengujian masal dilakukan terhadap 20 data uji sekaligus dengan menggunakan 50 data latih sebagai acuan klasifikasi. Sistem memproses seluruh data uji secara otomatis, melakukan ekstraksi fitur, kemudian mengklasifikasikan masing-masing citra.

Hasil evaluasi performa klasifikasi secara masal ditunjukkan melalui empat metrik statistik utama, yaitu:

- a. Akurasi: 0,90
- b. Precision: 1,00



- c. Recall: 0,80
- d. F1 Score: 0,80

Nilai akurasi sebesar 0,90 menunjukkan bahwa 90% dari keseluruhan data uji berhasil diklasifikasi dengan benar. Sementara itu, precision yang mencapai nilai sempurna (1,00) menandakan bahwa seluruh prediksi positif dari sistem merupakan klasifikasi yang benar. Namun, nilai recall sebesar 0,80 mengindikasikan bahwa masih terdapat sebagian kecil data positif yang tidak berhasil terdeteksi oleh sistem. Hal ini juga tercermin dalam nilai F1 Score yang berada pada angka 0,80, menggambarkan keseimbangan antara precision dan recall.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan dan saran sebagai berikut:

1. Sistem klasifikasi kematangan jeruk yang dikembangkan berbasis metode K-Nearest Neighbor (KNN) dengan ekstraksi fitur chain code, area, shape factor mampu bekerja dengan baik dalam mengidentifikasi tingkat kematangan jeruk.
2. Pada pengujian single dengan 5 data uji, seluruh citra berhasil diklasifikasikan dengan benar sesuai label aslinya, yang menunjukkan akurasi 100% pada pengujian individual.
3. Sistem telah memenuhi tujuan awal penelitian, yaitu membangun aplikasi berbasis web yang mampu mengklasifikasikan kematangan jeruk secara otomatis dan menampilkan hasil prediksi beserta informasi metrik evaluasinya.
4. Mengkombinasikan fitur morfologi dengan metode ekstraksi tekstur, seperti Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) atau Local Binary Pattern (LBP), agar sistem dapat menangkap karakteristik citra yang lebih detail.
5. Menambahkan fitur real-time classification menggunakan kamera, serta memberikan visualisasi grafik dari setiap pengujian.
6. Melakukan uji coba pada berbagai nilai k serta skema pembobotan tetangga (distance weighting) untuk mendapatkan konfigurasi parameter yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Andika, R., & Marzuki, I. (2021). Implementasi algoritma KNN dalam sistem pendekripsi kematangan buah berbasis citra digital. *Jurnal Informatika dan Komputer*, 9(1), 23–30.
- [2]. Astuti, R., & Pratama, H. (2023). Aplikasi klasifikasi buah otomatis berbasis web untuk industri hortikultura menggunakan machine learning. *Jurnal Informatika dan Komputasi*, 14(1), 33–41.
- [3]. Farida, S., & Ramadhan, A. (2022). Aplikasi pengolahan citra digital untuk klasifikasi buah otomatis. *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi*, 13(1), 25–31.
- [4]. Fadli, R. A., & Kusuma, A. D. (2023). Pengaruh tahapan prapemrosesan terhadap akurasi deteksi citra buah menggunakan CNN dan SVM. *Jurnal Teknik Komputer*, 11(3), 77–84.
- [5]. Fitriani, R., & Syahrul, A. (2020). Analisis rotasi dan skala pada chain code untuk deskripsi bentuk buah tropis. *Jurnal Komputasi dan Sains Data*, 8(1), 41–48.
- [6]. Maulana, A., & Fauzi, M. R. (2023). Ekstraksi ciri kontur buah berbasis chain code untuk sistem klasifikasi cerdas. *Jurnal Teknik Informatika dan Komputer*, 11(2), 98–105.



-
- [7]. Putra, A. H., Suryanto, E., & Susanto, H. (2020). Pendekripsi tingkat kematangan buah jeruk berdasarkan fitur warna menggunakan pengolahan citra digital. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 7(2), 112–118.
 - [8]. Ningrum, D. R., & Sari, N. (2023). Analisis perbandingan KNN dan Decision Tree pada sistem pengenalan buah. *Jurnal Data Mining dan Sistem Cerdas*, 5(1), 36–43.
 - [9]. Nugroho, H. A., & Suryani, L. (2021). Pengolahan citra digital dalam identifikasi objek untuk aplikasi pertanian. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, 9(2), 112–120.
 - [10]. Nurlaela, L., & Ramadhan, R. (2022). Pengenalan citra buah jeruk untuk menentukan tingkat kematangan menggunakan metode jaringan saraf tiruan. *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 10(1), 45–52.
 - [11]. Prasetyo, R. D., & Lestari, M. A. (2021). Ekstraksi fitur bentuk buah menggunakan chain code untuk sistem klasifikasi tingkat kematangan. *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi*, 5(2), 90–98.
 - [12]. Putra, M. A., & Sari, D. F. (2021). Analisis pengaruh variasi cahaya terhadap deteksi warna pada citra buah menggunakan RGB dan HSV. *Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika*, 9(2), 88–95.
 - [13]. Rahmawati, N., & Hidayat, R. (2021). Klasifikasi tingkat kematangan buah menggunakan metode chain code dan K-Nearest Neighbor (KNN). *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 9(1), 45–52.

