

Sistem Cerdas Deteksi Kematangan Buah Naga Berbasis HSV-KNN

Alders Paliling*¹, Mutmainnah Muchtar², Fardian³

^{1,2,3}Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Sembilanbelas November Kolaka

e-mail: *palilingalders@gmail.com, ² muchtarmutmainnah@gmail.com,
³ fardianliwu@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini mengembangkan sistem deteksi kematangan buah naga berbasis fitur warna menggunakan transformasi ruang warna HSV dan klasifikasi K-Nearest Neighbor (KNN). Penilaian kematangan secara manual sering subjektif dan tidak efisien, menyebabkan panen yang tidak optimal. Dataset terdiri dari 120 citra RGB buah naga dengan latar belakang putih (90 latih, 30 uji), diproses melalui konversi ke ruang warna HSV. Fitur rata-rata Hue, Saturation, dan Value diekstraksi untuk klasifikasi KNN dengan jarak Euclidean ($k=3, 5, 7, 9, 11$). Hasil menunjukkan akurasi rata-rata 91,94%, dengan akurasi tertinggi 96,7% pada $k=9$ dan $k=11$. Sistem efektif mengklasifikasikan kelas matang dan mentah, tetapi akurasi kelas setengah matang lebih rendah akibat gradasi warna kompleks. Penelitian ini menunjukkan sistem bisa menjadi langkah awal untuk membantu petani panen lebih baik di masa depan.

Kata kunci—HSV, KNN, Deteksi Kematangan, Buah Naga, Pengolahan Citra.

Abstract

This study developed a dragon fruit ripeness detection system based on color features using HSV color space transformation and K-Nearest Neighbor (KNN) classification. Manual ripeness assessment is often subjective and inefficient, leading to suboptimal harvesting. A dataset of 120 RGB images with a white background (90 training, 30 testing) was processed through HSV color space conversion. Average Hue, Saturation, and Value features were extracted for KNN classification with Euclidean distance ($k=3, 5, 7, 9, 11$). Results showed an average accuracy of 91.94%, with a peak of 96.7% at $k=9$ and $k=11$. The system effectively classified ripe and unripe classes, but semi-ripe accuracy was lower due to complex color gradients. This study demonstrates that the system could be an initial step toward helping farmers achieve better harvests in the future.

Keywords—HSV, KNN, ripeness detection, dragon fruit, image processing.

1. PENDAHULUAN

Buah naga (*Hylocereus* spp) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi di Indonesia, baik untuk pasar domestik maupun ekspor. Buah ini kaya akan nutrisi seperti vitamin C, antioksidan, dan serat, menjadikannya populer di kalangan konsumen yang peduli terhadap kesehatan. Kematangan buah naga, yang ditentukan berdasarkan warna kulitnya merah untuk matang, hijau-merah untuk setengah matang, dan hijau untuk mentah merupakan faktor kritis dalam menentukan kualitas dan nilai jual. Namun, penilaian kematangan secara manual oleh petani sering kali menghadapi tantangan, seperti subjektivitas, inkonsistensi, dan efisiensi yang rendah, terutama pada skala produksi besar [1]. Proses manual ini dapat menyebabkan panen yang tidak tepat waktu, baik terlalu dini maupun terlambat, yang berdampak pada penurunan kualitas buah dan kerugian ekonomi.

Perkembangan teknologi computer vision menawarkan solusi untuk mengatasi masalah tersebut melalui pendekatan otomatisasi berbasis pengolahan citra digital. Salah satu metode yang

banyak digunakan adalah transformasi ruang warna HSV (Hue, Saturation, Value), yang efektif dalam mengekstraksi fitur warna karena kemampuannya memisahkan komponen warna (Hue) dari intensitas cahaya (Value) [2]. Ruang warna HSV lebih tahan terhadap variasi pencahayaan dibandingkan RGB, sehingga cocok untuk analisis warna kulit buah dalam kondisi lingkungan yang bervariasi [3]. Dalam penelitian ini, citra buah naga diambil dengan latar belakang putih untuk menyederhanakan analisis warna, menghilangkan kebutuhan segmentasi latar belakang. Selain itu, algoritma klasifikasi seperti K-Nearest Neighbor (KNN) telah terbukti sederhana, cepat [4], dan akurat untuk tugas klasifikasi berbasis fitur warna, menjadikannya pilihan populer dalam penelitian deteksi kematangan buah [5], [6].

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan keberhasilan metode HSV dan KNN dalam deteksi kematangan berbagai jenis buah. Sebagai contoh, Khotimah et al menggunakan HSV dan KNN untuk mengklasifikasikan kematangan buah mangga dengan akurasi 80%, dengan fitur rata-rata intensitas HSV, skewness, dan kurtosis [2]. Penelitian serupa oleh Sanjaya et al. pada tomat menunjukkan bahwa ekstraksi fitur warna HSV, dikombinasikan dengan KNN, dapat mencapai akurasi tinggi dalam lingkungan terkendali [7]. Sementara itu, W. Setyo Pambudi mengembangkan alat pemilahan kematangan buah naga menggunakan segmentasi HSV, meskipun tidak menggunakan KNN sebagai metode klasifikasi [8]. Namun, penelitian yang secara khusus mengintegrasikan HSV dan KNN untuk deteksi kematangan buah naga masih terbatas, padahal buah ini memiliki karakteristik warna kulit yang kompleks dan unik [1]. Kesenjangan ini menunjukkan perlunya penelitian yang fokus pada pengembangan sistem deteksi kematangan buah naga yang akurat dan praktis.

Penelitian lain juga menyoroti potensi metode alternatif. Misalnya, Putra et al. menggunakan Self-Organizing Map (SOM) dengan ekstraksi fitur RGB dan HSV untuk mengidentifikasi kematangan buah sawit, mencapai hasil yang konsisten dalam membedakan tingkat kematangan [9]. Di sisi lain, Ellif et al. menerapkan Naive Bayes dengan HSV untuk klasifikasi kematangan pepaya, menekankan pentingnya ekstraksi fitur warna yang robust [10]. Meskipun demikian, KNN tetap unggul dalam hal kesederhanaan dan efisiensi komputasi, terutama untuk aplikasi berbasis perangkat dengan sumber daya terbatas [11]. Kombinasi HSV dan KNN dalam penelitian ini diharapkan dapat mengatasi keterbatasan penilaian manual dan memberikan solusi yang lebih objektif dan efisien.

Penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengembangkan sistem deteksi kematangan buah naga berbasis fitur warna menggunakan transformasi ruang warna HSV, (2) mengimplementasikan klasifikasi KNN untuk mengkategorikan buah ke dalam kelas matang, setengah matang, dan mentah, dan (3) mengevaluasi performa sistem melalui akurasi pada berbagai nilai parameter k. Penilaian kematangan buah naga secara manual sering kali tidak pasti dan memakan waktu, sehingga petani sulit menentukan waktu panen yang tepat. Penelitian ini menguji metode pengolahan gambar dengan teknik warna HSV dan klasifikasi KNN untuk mendeteksi kematangan buah naga secara otomatis. Sebagai uji coba di laboratorium, penelitian ini ingin memastikan apakah sistem ini bisa membedakan buah yang matang, setengah matang, dan mentah. Hasilnya diharapkan menjadi langkah awal untuk membantu petani panen lebih mudah dan akurat di masa depan.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini mengembangkan sistem deteksi kematangan buah naga berbasis fitur warna menggunakan pengolahan citra digital dengan ruang warna HSV dan klasifikasi K-Nearest Neighbor (KNN). Metode yang digunakan mencakup analisis masalah, pengumpulan dataset, desain arsitektur sistem, penerapan teknik pengolahan citra, dan implementasi perangkat lunak. Bagian ini menjelaskan setiap tahapan secara rinci untuk mendukung replikasi dan evaluasi sistem.

2.1 Analisis

Penilaian kematangan buah naga secara manual sering kali tidak konsisten dan memakan waktu, terutama pada produksi skala besar [1]. Sistem otomatis berbasis pengolahan citra

diperlukan untuk meningkatkan objektivitas dan efisiensi. Ruang warna HSV (Hue, Saturation, Value) dipilih karena kemampuannya memisahkan komponen warna (Hue) dari intensitas cahaya (Value), sehingga lebih tahan terhadap variasi pencahayaan dibandingkan RGB[2]. Algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) digunakan untuk klasifikasi karena sederhana, cepat, dan efektif untuk dataset berukuran kecil hingga sedang[5]. Analisis ini menjadi dasar pengembangan sistem yang mengintegrasikan ekstraksi fitur HSV dengan klasifikasi KNN untuk deteksi kematangan buah naga.

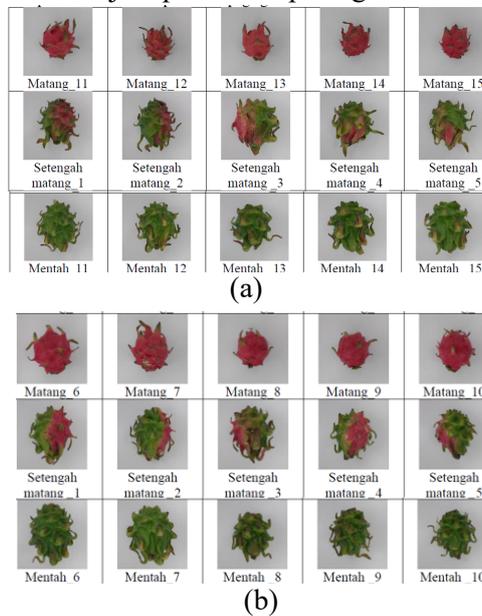
2.2 Dataset

Dataset penelitian terdiri dari 120 citra RGB buah naga yang diperoleh dari pengambilan langsung gambar buah naga di perkebunan milik masyarakat. Citra dipilih untuk mewakili tiga kelas kematangan:

1. 40 citra buah naga matang (warna kulit merah).
2. 40 citra buah naga setengah matang (warna kulit hijau-merah).
3. 40 citra buah naga mentah (warna kulit hijau).

Citra diambil dari berbagai sudut dan kondisi pencahayaan untuk merepresentasikan variasi realistis. Dataset dibagi menjadi 90 citra untuk pelatihan (30 citra per kelas) dan 30 citra untuk pengujian (10 citra per kelas), dengan rasio 75:25, sesuai praktik umum dalam pengolahan citra[12]. Resolusi citra minimal 300x300 piksel untuk memastikan kualitas ekstraksi fitur.

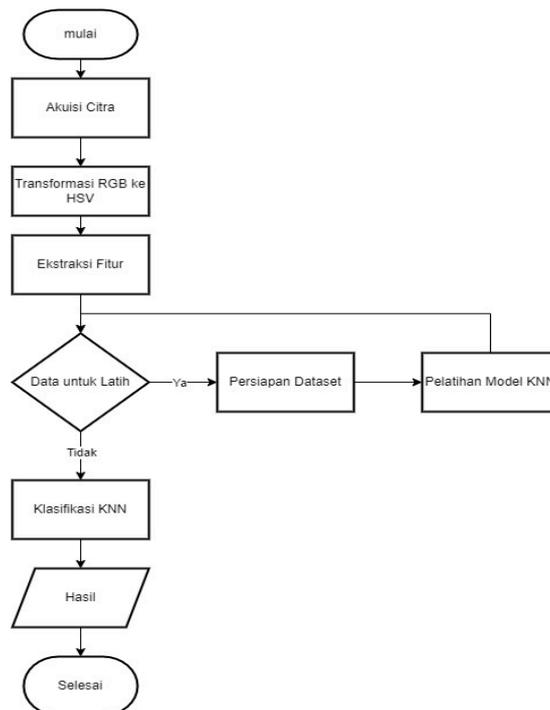
Adapun data latih dan data uji dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Data latih (a), Data uji (b)

2.3 Arsitektur Sistem

Arsitektur sistem dirancang untuk memproses citra buah naga dari akuisisi hingga klasifikasi kematangan, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Diagram Alur Deteksi Kematangan Buah Naga

Proses dimulai dengan akuisisi citra RGB, diikuti preprocessing untuk meningkatkan kualitas citra. Fitur warna diekstraksi dalam ruang warna HSV, kemudian digunakan sebagai input untuk klasifikasi KNN. Hasil klasifikasi dievaluasi berdasarkan akurasi untuk menentukan performa sistem. Desain ini memastikan efisiensi komputasi dan kemudahan implementasi

2.4 Metode Penelitian

Metode penelitian mencakup tahapan teknis untuk mendeteksi kematangan buah naga berdasarkan fitur warna, diimplementasikan menggunakan MATLAB R2018a. Tahapan ini dirancang untuk memastikan akurasi tinggi dan ketahanan terhadap variasi pencahayaan.

2. 4.1 Akuisisi Citra

Citra RGB buah naga diakuisisi dalam format digital menggunakan dataset yang telah dikumpulkan dari perkebunan buah naga dengan latar belakang putih yang di foto secara langsung untuk memastikan ketersediaan data yang representatif bagi penelitian ini. Dataset ini terdiri dari 120 citra yang dipilih secara selektif untuk mencakup variasi warna kulit yang khas untuk tiga kelas kematangan, yaitu matang dengan warna merah cerah, setengah matang dengan kombinasi hijau-merah, dan mentah dengan warna hijau dominan, sehingga mencerminkan karakteristik visual buah naga di lingkungan nyata. Proses kurasi citra melibatkan seleksi berdasarkan kualitas visual, dengan memastikan setiap citra bebas dari distorsi, blur, atau artefak yang dapat mengganggu analisis warna. Citra dipilih dari berbagai sudut pengambilan, termasuk tampilan samping dan atas, serta kondisi pencahayaan yang bervariasi, seperti cahaya alami dan buatan, serta latarbelakang warna putih. Resolusi citra ditetapkan minimal 300x300 piksel untuk mendukung tahapan pengolahan citra, seperti konversi ke ruang warna HSV dan ekstraksi fitur warna, tanpa kehilangan detail penting. Format citra menggunakan JPEG untuk memastikan kompatibilitas dengan perangkat lunak MATLAB yang digunakan dalam penelitian ini. Validasi awal dilakukan untuk memverifikasi bahwa setiap citra memiliki kontras dan kejernihan yang memadai, sehingga mendukung klasifikasi yang akurat. Proses akuisisi ini bertujuan untuk menyediakan data berkualitas tinggi yang mampu menangkap variasi warna kulit buah naga secara realistis, sebagai dasar untuk pengembangan sistem deteksi kematangan yang robust

2. 4.2 Preprocessing Citra

Preprocessing meningkatkan kualitas citra untuk ekstraksi fitur, menghasilkan citra HSV sebagai input untuk klasifikasi KNN. Tahapan preprocessing adalah Konversi RGB ke HSV: Citra RGB dikonversi ke ruang warna HSV menggunakan fungsi MATLAB `rgb2hsv`[13]. Proses ini memisahkan komponen Hue (0–1), Saturation (0–1), dan Value (0–1), memungkinkan analisis warna kulit buah naga yang tahan terhadap variasi pencahayaan. Latar belakang putih memastikan warna buah naga mendominasi, sehingga segmentasi tidak diperlukan. Hasil preprocessing adalah citra HSV yang siap untuk ekstraksi fitur dan sebagai dasar input untuk klasifikasi KNN.

2. 4.3 Ekstraksi Fitur

Fitur yang diekstraksi adalah nilai rata-rata Hue, Saturation, dan Value dari citra HSV, dihitung dengan rumus:

$$H = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n H_i \quad (1)$$

$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i \quad (2)$$

$$V = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i \quad (3)$$

Keterangan:

H = nilai hue

S = nilai saturation

V = nilai value

n = jumlah piksel citra

i = iterasi

Latar belakang putih meminimalkan kontribusi piksel non-buah, memastikan fitur didominasi oleh warna buah naga. Vektor fitur ([H, S, V]) digunakan sebagai input untuk klasifikasi KNN.

2. 4.4 Klasifikasi KNN

Klasifikasi dilakukan menggunakan algoritma KNN dengan jarak Euclidean:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (4)$$

di mana (x) dan (y) adalah vektor fitur citra uji dan latih, dan (n) adalah jumlah fitur (3: Hue, Saturation, Value). Nilai k yang diuji adalah 3, 5, 7, 9, dan 11 untuk menentukan performa terbaik. KNN mengklasifikasikan citra uji ke kelas mayoritas dari k tetangga terdekat[14]. Pemilihan KNN didasarkan pada efisiensinya untuk dataset kecil[15].

2. 5 Implementasi

Sistem diimplementasikan menggunakan MATLAB R2018a, yang mendukung pengolahan citra dan algoritma machine learning. Antarmuka pengguna grafis (GUI) dikembangkan untuk memungkinkan pengguna memasukkan citra, melihat hasil preprocessing, dan mendapatkan kelas kematangan secara otomatis. GUI dirancang untuk kemudahan penggunaan oleh non-teknis, seperti petani, dengan tombol untuk memilih citra dan menampilkan hasil. Performa sistem dievaluasi berdasarkan akurasi:

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Jumlah citra yang diklasifikasi benar}}{\text{Total citra uji}} \times 100\% \quad (5)$$

Evaluasi dilakukan pada 30 citra uji untuk setiap nilai k, dengan perbandingan akurasi untuk menentukan konfigurasi optimal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini menyajikan hasil pengembangan sistem deteksi kematangan buah naga berbasis fitur warna menggunakan transformasi ruang warna HSV dan klasifikasi K-Nearest Neighbor (KNN). Sistem diimplementasikan dengan MATLAB R2018a menggunakan dataset 120 citra RGB buah naga (resolusi minimal 300x300 piksel, latar belakang putih), dibagi menjadi

90 citra pelatihan (30 per kelas) dan 30 citra pengujian (10 per kelas). Proses meliputi konversi citra ke HSV, ekstraksi fitur, klasifikasi, dan evaluasi performa, didukung oleh gambar dan tabel untuk memperjelas temuan. Antarmuka pengguna grafis (GUI) sistem ditunjukkan pada Gambar 3.

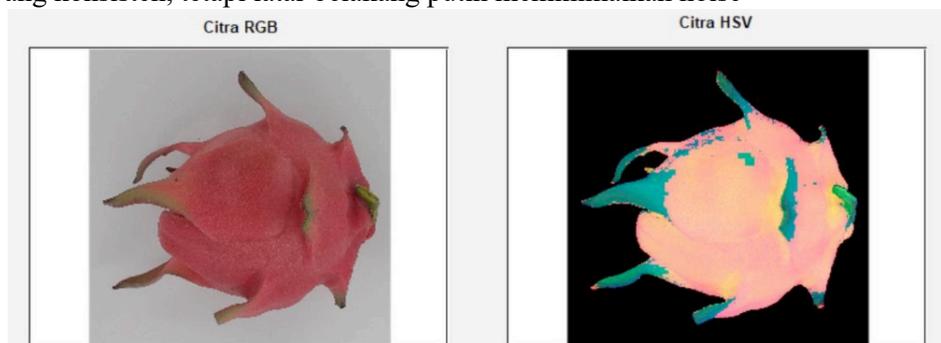


Gambar 3 antarmuka sistem

Gambar 3 memperlihatkan hasil dari sistem dimana citra RGB yang diunggah akan melalui proses transformasi ruang HSV kemudian dilakukan ekstraksi fitur dan penggunaan KNN untuk klasifikasi tingkat kematangan buah. Gambar 3 menampilkan hasil klasifikasi kematangan buah naga yang matang.

3. 1 Konversi RGB ke HSV

Citra RGB dikonversi ke ruang warna HSV untuk memisahkan komponen warna (Hue) dari intensitas cahaya (Value), memungkinkan analisis warna kulit buah naga yang tahan terhadap variasi pencahayaan. Proses ini menggunakan fungsi MATLAB, menghasilkan kanal Hue (0–1), Saturation (0–1), dan Value (0–1). Latar belakang putih pada semua citra memastikan bahwa warna buah naga mendominasi, sehingga tidak diperlukan segmentasi untuk menghilangkan latar belakang. Hasil konversi menunjukkan Hue untuk buah naga matang berkisar antara 0,33–0,84 (merah), setengah matang 0,17–0,43 (hijau-merah), dan mentah 0,20–0,21 (hijau), seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Gradasi warna pada kelas setengah matang menyulitkan pemisahan warna yang konsisten, tetapi latar belakang putih meminimalkan noise



Gambar 4 Hasil Konversi RGB ke HSV

3. 2 Ekstraksi Fitur

Ekstraksi fitur dilakukan untuk memperoleh karakteristik warna kulit buah naga dengan menghitung nilai rata-rata Hue, Saturation, dan Value dari citra HSV, menggunakan MATLAB untuk memproses dataset 120 citra. Nilai Saturation dan Value memiliki variasi yang lebih kecil antar kelas, menegaskan bahwa Hue adalah fitur utama untuk klasifikasi. Fitur yang dihasilkan digunakan sebagai input untuk klasifikasi KNN, memungkinkan sistem membedakan tingkat

kematangan dengan akurasi tinggi. Ekstraksi fitur ini menjadi dasar keberhasilan sistem dalam mengidentifikasi perbedaan warna antar kelas. hasil ekstraksi fitur dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Hasil Ekstraksi Fitur

Citra Latih	Rata-Rata Hue	Rata-rata Saturation	Rata-rata Value
Matang 1	0.5851	0.5939	0.4463
Matang 2	0.7193	0.6116	0.4836
Matang 3	0.7088	0.6234	0.4854
Matang 4	0.3397	0.5831	0.4415
Matang 5	0.4858	0.5902	0.5169
...			
Matang 26	0.6660	0.6075	0.4607
Matang 27	0.6400	0.5673	0.5091
Matang 28	0.8273	0.6480	0.4989
Matang 29	0.7135	0.5940	0.4872
Matang 30	0.8413	0.6601	0.4989
Mentah 1	0.2104	0.6242	0.3576
Mentah 2	0.2110	0.5844	0.3196
Mentah 3	0.2139	0.6071	0.3382
Mentah 4	0.2023	0.5879	0.3324
Mentah 5	0.2138	0.6012	0.3560
...			
Mentah 26	0.2148	0.5919	0.3473
Mentah 27	0.2007	0.5869	0.3535
Mentah 28	0.2062	0.5961	0.3206
Mentah 29	0.2026	0.6065	0.3379
Mentah 30	0.2162	0.6136	0.3558
Setengah matang 1	0.2002	0.5370	0.3502
Setengah matang 2	0.1913	0.5406	0.3382
Setengah matang 3	0.2504	0.5675	0.4177
Setengah matang 4	0.1897	0.5773	0.3699
Setengah matang 5	0.1971	0.5701	0.3808
...			
Setengah matang 26	0.4321	0.5575	0.4195
Setengah matang 27	0.1773	0.5367	0.3927
Setengah matang 28	0.3557	0.5441	0.4147
Setengah matang 29	0.1742	0.4458	0.3728
Setengah matang 30	0.3430	0.4989	0.4156

3. 3 Klasifikasi dan Pengujian

Klasifikasi dilakukan menggunakan algoritma KNN dengan jarak Euclidean, mengklasifikasikan citra uji berdasarkan fitur HSV ke dalam tiga kelas kematangan. Pengujian dilakukan dengan variasi nilai k (3, 5, 7, 9, 11) untuk menentukan performa optimal, menggunakan 30 citra uji (10 per kelas). Rata-rata hasil klasifikasi dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Akurasi Klasifikasi KNN untuk Berbagai Nilai k

Nilai k	Jumlah Benar	Jumlah Salah	Akurasi (%)
3	28	2	93,3
5	26	4	86,6

7	26	4	86,6
9	29	1	96,7
11	29	1	96,7

Akurasi hasil klasifikasi 30 citra uji yang disajikan oleh tabel 2 menunjukkan hasil 93,3% untuk nilai $k = 3$, 86,6% untuk $k = 5$ dan $k = 7$, dan 96,7% untuk $k = 9$ dan $k = 11$. Berdasarkan hal tersebut, diperoleh nilai rata rata akurasi sebesar 91,94% sehingga dapat disimpulkan metode klasifikasi KNN dengan menggunakan fitur pada ruang warna HSV dapat melakukan klasifikasi kematangan buah naga dengan sangat baik.

Dari 90 data latih tersebut ada beberapa data latih yang salah mengenali kelasnya, diantaranya kelas mentah dan setengah matang. Hal ini dikarenakan kedua kelas tersebut memiliki beberapa kemiripan di beberapa citra yang dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 5 Contoh Citra Setengah Matang yang Salah Terklasifikasi sebagai Mentah

Pada Gambar 5 bagian (a) merupakan fitur citra kelas setengah matang, dan dibagian (b) merupakan fitur kelas mentah. Gambar diatas merupakan contoh buah naga setengah matang yang diklasifikasi ke dalam kelas mentah akibat pengambilan sudut yang salah.

4. KESIMPULAN

Dengan menggunakan transformasi ruang warna HSV dan klasifikasi K-Nearest Neighbor (KNN), penelitian ini menghasilkan sistem deteksi kematangan buah naga berbasis fitur warna. Ini adalah kesimpulan, yang mencakup hasil, keuntungan, dan kemungkinan pengembangan:

1. Sistem mencapai akurasi tertinggi sebesar 96,7% pada nilai $k=9$ dan $k=11$, dengan rata-rata akurasi 91,94% untuk nilai $k=3, 5, 7, 9$, dan 11 , menunjukkan performa yang andal dalam mengklasifikasikan kematangan buah naga ke dalam kelas matang, setengah matang, dan mentah.
2. Transformasi ruang warna HSV terbukti efektif untuk ekstraksi fitur warna, memungkinkan pemisahan warna kulit buah naga dari intensitas cahaya dan menghasilkan klasifikasi yang akurat, terutama untuk kelas matang dan mentah yang memiliki warna kontras.
3. Algoritma KNN dengan jarak Euclidean menunjukkan kesederhanaan dan efisiensi dalam mengklasifikasikan citra berdasarkan fitur rata-rata Hue, Saturation, dan Value, cocok untuk dataset berukuran kecil seperti dalam penelitian ini.
4. Ketergantungan pada MATLAB sebagai platform implementasi dapat membatasi portabilitas sistem, terutama untuk penggunaan di perangkat mobile atau lingkungan dengan sumber daya komputasi terbatas.
5. Kemungkinan pengembangan selanjutnya mencakup perluasan dataset dengan citra dari kebun buah naga untuk menangkap variasi warna dan pencahayaan yang lebih luas, meningkatkan akurasi pada kelas setengah matang.
6. Pengembangan aplikasi berbasis mobile menggunakan bahasa pemrograman seperti Python dapat meningkatkan aksesibilitas sistem bagi petani di lapangan.

7. Integrasi fitur tambahan, seperti tekstur atau bentuk, dapat melengkapi fitur warna HSV untuk mengatasi kesalahan klasifikasi pada citra dengan warna transisi.
8. Pengujian langsung di lingkungan nyata, seperti kebun buah naga, diperlukan untuk memvalidasi performa sistem dalam kondisi praktis dan memastikan keandalannya untuk aplikasi pertanian.
9. Kesimpulan ini menegaskan bahwa sistem deteksi kematangan buah naga berbasis HSV dan KNN memberikan solusi otomatisasi yang efektif, dengan potensi besar untuk mendukung petani dalam menentukan waktu panen secara objektif dan efisien.

5. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan kekurangan yang diidentifikasi, berikut adalah saran-saran untuk penelitian lebih lanjut guna meningkatkan performa sistem deteksi kematangan buah naga berbasis transformasi ruang warna HSV dan klasifikasi KNN:

1. Memperluas dataset dengan mengumpulkan citra langsung dari kebun buah naga, mencakup variasi warna kulit, kondisi pencahayaan, dan sudut pengambilan yang lebih beragam, untuk meningkatkan representasi kelas setengah matang yang memiliki gradasi warna kompleks.
2. Mengintegrasikan fitur tambahan, seperti tekstur atau bentuk kulit buah naga, untuk melengkapi fitur warna HSV, sehingga dapat mengurangi kesalahan klasifikasi pada citra dengan warna transisi hijau-merah.
3. Menguji algoritma klasifikasi alternatif, seperti Support Vector Machine (SVM) atau deep learning (misalnya, Convolutional Neural Network), untuk membandingkan performa dengan KNN dan meningkatkan akurasi pada kelas setengah matang.
4. Mengoptimasi sistem untuk platform yang lebih portabel, seperti pengembangan aplikasi berbasis Python atau framework open-source lainnya, untuk mengatasi keterbatasan MATLAB dan memungkinkan penggunaan pada perangkat mobile di lapangan.
5. Melakukan pengujian dengan citra beresolusi rendah atau berkualitas buruk untuk mengevaluasi ketahanan sistem terhadap kondisi input yang tidak ideal, serta mengembangkan teknik preprocessing tambahan untuk meningkatkan kualitas citra tersebut.
6. Meningkatkan jumlah citra uji dan menerapkan validasi silang (cross-validation) untuk memastikan generalisasi model, sehingga sistem lebih andal dalam menangani variasi data yang belum terlihat.
7. Meneliti pengaruh parameter KNN (misalnya, variasi metrik jarak selain Euclidean, seperti Manhattan atau Minkowski) terhadap akurasi klasifikasi, untuk menemukan konfigurasi yang lebih optimal.
8. Mengembangkan metode normalisasi fitur HSV untuk mengurangi dampak variasi pencahayaan, sehingga nilai rata-rata Hue, Saturation, dan Value lebih konsisten antar citra.
9. Melakukan uji coba di lingkungan nyata, seperti kebun buah naga, untuk memvalidasi performa sistem dalam kondisi praktis dan mengidentifikasi tantangan tambahan yang mungkin muncul di lapangan.

Saran-saran ini diharapkan dapat mengatasi keterbatasan penelitian saat ini dan menghasilkan sistem deteksi kematangan buah naga yang lebih akurat, robust, dan praktis untuk penelitian lanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Arifin, "KLASIFIKASI KEMATANGAN BUAH NAGA BERDASARKAN FITUR WARNA MENGGUNAKAN ALGORITMA MULTI-CLASS SUPPORT VECTOR
-

- MACHINE,” *JINTEKS (Jurnal Informatika Teknologi dan Sains)*, vol. 5, no. 1, pp. 121–126, 2023.
- [2] H. Khotimah, N. Nafi’iyah, and Masrunoh, “Klasifikasi Kematangan Buah Mangga Berdasarkan Citra HSV dengan KNN,” *Jurnal Elektronika, Listrik dan Teknologi Informasi Terapan*, vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2019, [Online]. Available: <https://ojs.politeknikjambi.ac.id/elti>
- [3] J. Pardede, M. G. Husada, A. N. Hermana, and S. A. Rumapea, “Fruit Ripeness Based on RGB, HSV, HSL, L*a*b* Color Feature Using SVM,” *INTERNATIONAL CONFERENCE OF COMPUTER SCIENCE AND INFORMATION TECHNOLOGY (ICOSNIKOM)*, 2019.
- [4] A. Paliling and M. N. Sutoyo, “Combination of The MADM Model Yager and k-NN to Group Single Tuition Payments,” *ILKOM Jurnal Ilmiah*, vol. 15, no. 2, pp. 326–334, 2023.
- [5] M. Muchtar and R. A. Muchtar, “PERBANDINGAN METODE KNN DAN SVM DALAM KLASIFIKASI KEMATANGAN BUAH MANGGA BERDASARKAN CITRA HSV DAN FITUR STATISTIK,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 2, Apr. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i2.4010.
- [6] A. Ilmi, M. Hanif Razka, D. S. Wiratomo, and D. S. Prasvita, *Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Apel Berdasarkan Fitur Warna Menggunakan Algoritma K-Nearest Neighbor dan Ekstraksi Warna HSV*. 2021. [Online]. Available: <https://www.kaggle.com/mbkinaci/fruit-images-for-object-detection>
- [7] S. Sanjaya, M. L. Pura, S. K. Gusti, F. Yanto, and F. Syafria, “K-Nearest Neighbor for Classification of Tomato Maturity Level Based on Hue, Saturation, and Value Colors,” *Indonesian Journal of Artificial Intelligence and Data Mining*, vol. 2, no. 2, p. 101, Nov. 2019, doi: 10.24014/ijaidm.v2i2.7975.
- [8] W. Setyo Pambudi, “RANCANG BANGUN ALAT PEMILAHAN KUALITAS KEMATANGAN BUAH NAGA MENGGUNAKAN TEKNIK IMAGE PROSESSING DENGAN METODE IMAGE SEGMENTATION HSV,” 2015.
- [9] R. P. Putra, J. Jumadi, and D. Lianda, “Pengolahan Citra Digital Untuk Mengidentifikasi Tingkat Kematangan Buah Kelapa Sawit Berdasarkan Warna Rgb Dan Hsv Dengan Menggunakan Metode Self Organizing Map (SOM),” *Jurnal Media Infotama*, vol. 20, no. 1, p. 341149, 2024.
- [10] Ellif, S. H. Sitorus, and R. Hidayati, “KLASIFIKASI KEMATANGAN PEPAYA MENGGUNAKAN RUANG WARNA HSV DAN METODE NAIVE BAYES CLASSIFIER,” *Coding : Jurnal Komputer dan Aplikasi*, no. 01, pp. 66–75, 2021.
- [11] H. P. Hadi and H. Rachmawanto, “Analisa Fitur Ekstraksi Ciri dan Warna Dalam Proses Klasifikasi Kematangan Buah Rambutan Berbasis K-Nearest Neighbor,” *SKANIKA: Sistem Komputer dan Teknik Informatika*, vol. 5, no. 2, pp. 177–189, 2022.
- [12] Mohammad Yazdi Pusadan, Indah Safitri, and Wirdayanti, “The Image Extraction Using the HSV Method to Determine the Maturity Level of Palm Oil Fruit with the k-nearest Neighbor Algorithm,” *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 7, no. 6, pp. 1448–1456, Dec. 2023, doi: 10.29207/resti.v7i6.5558.
- [13] A. Nurul Dzulhijjah, S. Anraeni, and Sugiarti, “Klasifikasi Kematangan Citra Labu Siam Menggunakan Metode KNN (K-Nearest Neighbor) Dengan Ekstraksi Fitur HSV (Hue, Saturation, Value),” *Buletin Sistem Informasi dan Teknologi Islam*, vol. 2, no. 2, pp. 103–110, 2021.
- [14] L. Farokhah, “IMPLEMENTASI K-NEAREST NEIGHBOR UNTUK KLASIFIKASI BUNGA DENGAN EKSTRAKSI FITUR WARNA RGB,” *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer (JTIK)*, vol. 7, no. 6, pp. 1129–1136, 2020, doi: 10.25126/jtiik.202072608.
- [15] D. Imantata Muhammad and N. Falih, “Penggunaan K-Nearest Neighbor (KNN) untuk Mengklasifikasi Citra Belimbing Berdasarkan Fitur Warna,” *JURNAL INFORMATIK*, vol. 17, no. 1, pp. 9–16, 2021.