

KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN BUAH BELIMBING MENGGUNAKAN ALGORITMA K-NEAREST NEIGHBOR (KNN)

Anisatul Maola¹, Khurotul Aeni², Mukrodin³

¹Program Studi Informatika, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Peradaban,

²Program Studi Informatika, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Peradaban,

³Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Peradaban.

Anisha.maola@gmail.com, Khaeni988@gmail.com, mukrodins@gmail.com

Jl. Raya Pagojengan KM 03 Paguyangan Brebes

Keywords:

Star Fruit, K-Nearest Neighbor (KNN), HSV, Confusion Matrix.

Abstract

Sweet star fruit or in scientific language called *Averrhoa carambola L.* is one of the types of tropical fruit that has good market potential because this fruit is popular among the public and has a lot of nutritional value besides its sweet and refreshing taste. One of the factors that greatly affects the quality of star fruit is handling during harvest and post-harvest. The classification of star fruit maturity carried out by farmers generally uses the process of sorting star fruit by looking at changes in hardness and skin color. This method certainly has weaknesses, namely the slow classification process, less accurate sorting, and inconsistent results. Based on these problems, a system is made to classify the maturity level of honey star fruit by utilizing HSV (Hue, Saturation, Value) color features using the K-Nearest Neighbor (KNN) method and applying the evaluation result method using Confusion Matrix. Classification divided into 3 classes, namely raw, half-ripe, and ripe classes. The results of this study are expected to help farmers in classifying the maturity level of honey star fruit. This study uses 126 image data divided into 87 training data and 36 testing data. The data is classified using the K-Nearest Neighbor (KNN) algorithm with a value of $K = 5$. From this research, the accuracy result is 87,17%.

Kata Kunci:

Buah Belimbing Madu, K-Nearest Neighbor (KNN), HSV, Confusion Matrix.

Abstrak

Belimbing manis atau dalam Bahasa ilmiahnya disebut *Averrhoa carambola L.* adalah salah satu dari jenis buah tropis yang mempunyai potensi pasar yang bagus karena buah ini populer di kalangan masyarakat dan memiliki banyak nilai gizi selain rasanya yang manis dan menyegarkan. Salah satu faktor yang sangat mempengaruhi kualitas buah belimbing yaitu penanganan saat panen dan pascapanen. Pengklasifikasian kematangan buah belimbing yang dilakukan oleh para petani pada umumnya menggunakan proses pemilahan buah belimbing dengan cara melihat pada perubahan kekerasan dan warna kulit. Cara tersebut tentunya memiliki kelemahan yaitu proses klasifikasi yang lambat, pemilahan kurang akurat, dan hasil yang tidak konsisten. Berdasarkan permasalahan tersebut dibuatlah sebuah sistem untuk mengklasifikasikan tingkat kematangan buah belimbing madu dengan memanfaatkan fitur warna HSV (Hue, Saturation, Value) menggunakan metode K-Nearest Neighbor (KNN) serta menerapkan metode hasil evaluasi menggunakan Confusion Matrix. Klasifikasi dibagi 3 kelas yaitu kelas mentah, setengah matang, dan matang. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu petani buah belimbing dalam melakukan klasifikasi tingkat kematangan buah belimbing madu. Dalam penelitian ini menggunakan data citra sebanyak 126 yang dibagi menjadi 87 data latih dan 39 data uji. Data tersebut diklasifikasikan menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor (KNN) dengan nilai $K=5$. Dari penelitian ini didapatkan hasil akurasi sebesar 87,17%.

PENDAHULUAN

Buah merupakan makanan yang tidak dapat dipisahkan dari masyarakat, belimbing adalah salah satu buah yang banyak digemari oleh masyarakat Indonesia. Hal ini disebabkan karena belimbing memiliki ukuran buah yang besar, warna yang menarik, kandungan air yang banyak, serat buah yang

halus, dan rasa yang manis dan segar serta memiliki kandungan gizi yang tinggi. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), pada tahun 2021 produksi buah belimbing di Indonesia mencapai 137.450,00 ton. Tingginya jumlah produksi buah belimbing di Indonesia tentunya memiliki tingkat kematangan yang bervariasi, salah satu cara yang dapat menjamin keseragaman buah belimbing yaitu dengan mengklasifikasikan buah belimbing berdasarkan level tingkat kematangannya.

Belimbing manis atau dalam Bahasa ilmiahnya disebut *Averrhoa carambola L.* adalah salah satu dari jenis buah tropis yang mempunyai potensi pasar yang bagus karena buah ini populer di kalangan masyarakat dan memiliki banyak nilai gizi selain rasanya yang manis dan menyegarkan. Belimbing biasa dikonsumsi langsung atau dapat diolah menjadi berbagai olahan jenis makanan. Buah belimbing banyak dibudidayakan di Indonesia. Varietas belimbing sangat beragam, beberapa varietas unggulan yang ada di Indonesia, seperti varietas Bangkok, dewa, dewi, demak, sembiring, dan siwalan. Belimbing banyak ditanam masyarakat sebagai tanaman di kebun, dan di pekarangan rumah. Selain memasok kebutuhan pasar dalam negeri, buah belimbing ini juga telah diekspor ke pasar internasional. Salah satu faktor yang sangat mempengaruhi kualitas buah belimbing yaitu penanganan saat panen dan pascapanen. Setelah ditanam, belimbing dapat dipanen dalam waktu dua hingga dua setengah tahun. Buah matang berwarna kuning dapat dipanen 65 hari setelah berbunga. Oleh sebab itu, kualitas buah belimbing harus selalu diperhatikan, agar dapat menjangkau tujuan pemasaran serta tujuan penggunaan buah belimbing tersebut.

Pengklasifikasian kematangan buah belimbing yang dilakukan oleh para petani pada umumnya masih menggunakan metode manual. Proses pemilahan buah belimbing dengan cara melihat pada perubahan kekerasan dan warna kulit. Cara tersebut tentunya memiliki kelemahan yaitu proses klasifikasi yang lambat, pemilahan kurang akurat, dan hasil yang tidak konsisten. Hal ini terjadi karena penilaian yang dilakukan para petani belimbing bersifat subjektif. Proses yang dilakukan secara manual memerlukan tenaga dan konsentrasi yang cukup tinggi sehingga diperlukan suatu metode yang dapat menjamin keseragaman kualitas buah belimbing.

Salah satu cara dalam bidang informatika untuk menentukan tingkat kematangan buah belimbing adalah dengan menggunakan *image processing* untuk mengenali ciri buah belimbing tersebut. Pengolahan citra digital merupakan bagian dari perkembangan teknologi yang menginginkan agar mesin (komputer) dapat mengenali citra seperti layaknya penglihatan manusia. Pengolahan citra merupakan cabang ilmu dalam *Artificial Intelligence* yang menggunakan objek citra dalam bentuk digital untuk penyelesaian kasusnya [1]. Tujuan dari pengolahan citra ini adalah untuk memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasi oleh manusia atau mesin komputer [2]. Pada penelitian ini menggunakan ruang warna *Hue, Saturation* dan *Value (HSV)* dan algoritma *K-Nearest Neighbor (KNN)* dalam menentukan tingkat kematangan buah belimbing berdasarkan pada ciri warna kulit buah belimbing tersebut.

HSV merupakan kependekan dari *Hue, Saturation* dan *Value*. *Hue* menunjukkan seberapa murni warna tersebut terhadap warna aslinya. *Saturation* menggambarkan seberapa putih warna dari citra. Nilai warna (*value*) menunjukkan kegelapan warna tertentu. Algoritma *K-Nearest Neighbor (KNN)* adalah metode untuk melakukan klasifikasi terhadap objek berdasarkan data pembelajaran yang jaraknya paling dekat atau memiliki persamaan ciri paling banyak dengan objek tersebut [1].

Sebelumnya telah banyak penelitian yang membahas tentang klasifikasi kematangan buah dengan menggunakan berbagai macam metode, diantaranya *Naïve Bayes, Support Vector Machine (SVM)*, dan *K-Nearest Neighbor (KNN)*. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah *KNN* dan dengan menggunakan metode ekstraksi ciri *Hue Saturation Value (HSV)*. Dataset yang digunakan sebanyak 126 data dengan pembagian 87 untuk data *training* dan 39 data *testing*. Nilai akurasi sebesar 87,17% dengan menggunakan nilai $k = 5$.

LANDASAN TEORI

A. Citra (*Image*)

Citra adalah representasi objek dua dimensi dari dunia visual, menyangkut berbagai macam disiplin ilmu yang mencakup seni, *human vision*, astronomi, teknik, dan sebagainya. Citra merupakan suatu kumpulan piksel-piksel atau titik-titik yang berwarna yang berbentuk dua dimensi [4]. Citra

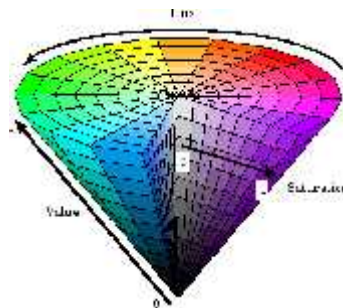
merupakan salah satu bentuk informasi yang diperlukan manusia selain teks, suara dan video. Informasi yang terkandung dalam sebuah citra dapat diinterpretasikan berbeda-beda oleh manusia satu dengan yang lain [5].

B. Pengolahan Citra (*Image Processing*)

Pengolahan citra (*image processing*) adalah proses mengolah piksel-piksel di dalam citra digital yang digunakan untuk tujuan tertentu. Awalnya pengolahan citra dilakukan untuk memperbaiki kualitas citra, dengan berkembangnya dunia komputasi yang ditandai dengan semakin meningkatnya kapasitas dan kemampuan komputer memungkinkan manusia dapat mengambil informasi dari suatu citra [5].

C. Citra HSV

Ruang warna *HSV* (*Hue, Saturation, Value*) merupakan model warna yang sering digunakan karena ruang warna ini mirip dengan karakteristik persepsi warna pada mata manusia. *Hue* digunakan untuk menunjukkan jenis atau corak warna di mana tempat warna tersebut ditemukan pada spektrum warna (misalnya warna merah, biru, atau *orange*). *Saturation* digunakan untuk menyatakan ukuran besarnya kemurnian warna tersebut. Sedangkan, *value* digunakan untuk mengukur tingkat kecerahan dari suatu warna atau ukuran besarnya cahaya yang datang pada warna tersebut. Pada Gambar 1 di bawah ini merupakan gambaran dari ruang warna *HSV* [6].



Gambar 1. Ruang Warna *HSV*

Fitur warna *HSV* mendefinisikan warna dalam terminologi *Hue, Saturation, dan Value*. Warna *Hue* (H) mewakili warna dasar, dan ditentukan oleh yang dominan panjang gelombang dalam distribusi spektrum panjang gelombang cahaya, representasinya dalam bentuk derajat yakni merah pada 0 derajat, hijau pada 120 derajat, dan biru pada 240 derajat. *Saturation* (S) adalah keberwarnaan suatu warna. Semakin berwarna sebuah warna maka semakin besar nilai saturasinya. *Value* (V) adalah nilai kecerahan sebuah warna. Warna cerah memiliki nilai *value* yang tinggi dan begitupun sebaliknya [7].

Sebelum melakukan ekstraksi ciri *HSV* harus dilakukan konversi terlebih dahulu dari *RGB* ke *HSV*. Konversi tersebut dapat menggunakan rumus di bawah ini dengan menghitung nilai normalisasi *RGB* terlebih dahulu

$$r = \frac{R}{2} \tag{1}$$

$$g = \frac{G}{2} \tag{2}$$

$$b = \frac{B}{2} \tag{3}$$

Setelah itu, menggunakan nilai normalisasi *RGB* yang diperoleh untuk mendapatkan konversi nilai *HSV* dengan rumus berikut :

$$V = m(r, g, b) \tag{4}$$

$$S = \begin{cases} 0 & \text{if } V = 0 \\ \frac{m_n(r, g, b)}{V} & \text{if } V \neq 0 \end{cases} \tag{5}$$

$$H = \begin{cases} \frac{60^\circ \cdot x(g-b)}{V-m \cdot n(r,g,b)} \rightarrow j_i & V = r \\ \frac{180^\circ + 60^\circ \cdot (b-r)}{V-m \cdot n(r,g,b)} \rightarrow j_i & V = g \\ \frac{300^\circ + 60^\circ \cdot (r-g)}{V-m \cdot n(r,g,b)} \rightarrow j_i & V = b \end{cases} \quad (6)$$

$$H = H + 360^\circ \rightarrow j_i \quad H < 0 \quad (7)$$

Keterangan persamaan (1) sampai (7):

H = nilai *hue*

S = nilai *saturation*

V = nilai *value*

R = nilai *red*

G = nilai *green*

B = nilai *blue*

r = normalisasi *red*

g = normalisasi *green*

b = normalisasi *blue*

D. Algoritma K-Nearest Neighbor (KNN)

Algoritma *K-Nearest Neighbor (KNN)* merupakan metode pengklasifikasian kumpulan data pembelajaran berdasarkan jarak yang paling dekat dengan *objek*. Algoritma *K-Nearest Neighbor (KNN)* mengelompokkan data baru sesuai dengan nilai *k* sebagai jarak tetangga terdekat antara data latih dengan data uji. Jauh atau dekatnya tetangga dapat dihitung menggunakan jarak *euclidean* dengan rumus [8]:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^p (x_i - y_i)^2} \quad (8)$$

Keterangan :

d(x,y) : Jarak data latih dan uji,

x_i : Data latih,

y_i : Data uji,

i : Variabel data,

p : Dimensi data.

Tahapan proses penerapan metode *K-Nearest Neighbor (KNN)* sebagai berikut [9]:

1. Tentukan nilai *k* yang akan digunakan
2. Menghitung jarak *euclidean* antara data uji dengan data latih
3. Mengurutkan hasil dari terkecil sampai dengan terbesar
4. Kelompokkan data berdasarkan nilai *k* yang telah ditentukan.

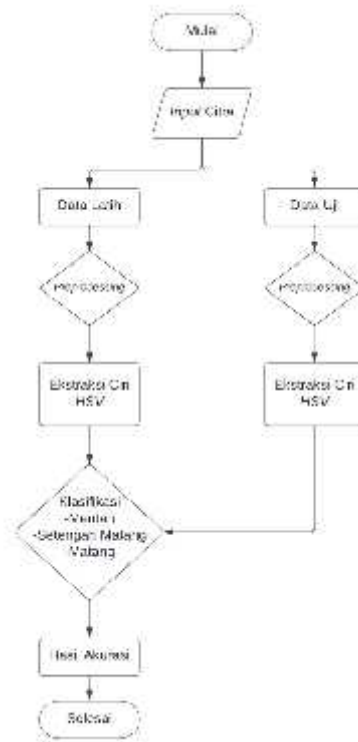
METODOLOGI



Gambar 2. Tahapan Penelitian

Berdasarkan tahapan-tahapan penelitian yang dipaparkan pada Gambar 2 di atas, maka dapat dijabarkan pembahasan dari masing-masing tahapan seperti berikut :

Pada tahap pertama yaitu proses pengumpulan data yang diperoleh dari wawancara dan observasi. Tahapan selanjutnya yaitu pengolahan data awal dimana data yang ada akan diproses dan dibagi menjadi data latih dan data uji. Sebelum data citra diproses dengan metode *HSV* dan klasifikasi *K-Nearest Neighbor (KNN)*, citra terlebih dahulu diubah menjadi *grayscale*, dan disegmentasi menggunakan *thresholding*. Selanjutnya dilakukan ekstraksi ciri berupa ciri *HSV (Hue, Saturation dan Value)*. Hasil ekstraksi tersebut selanjutnya diklasifikasi menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor (KNN)*. Tahap selanjutnya yaitu eksperimen dan pengujian, dapat dilihat pada Gambar 3 berikut :



Gambar 3. Alur Sistem

Spesifikasi komputer yang dilakukan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1. sebagai berikut :

Tabel 1. Spesifikasi Komputer yang digunakan

<i>Processor</i>	Intel Core i3 4005U
<i>Memory</i>	4 GB
<i>Harddisk</i>	500 GB
<i>Sistem Operasi</i>	Windows 10 Home


HASIL DAN PEMBAHASAN



A. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data citra buah belimbing madu, data yang diambil merupakan data primer. Berikut adalah tahap pengumpulan data :

1. Pengambilan data citra diperoleh dari kamera *smartphone* dengan jarak lebih kurang 10 - 15 cm dari buah belimbing yang merupakan objek penelitian.
2. Jumlah *dataset* yang digunakan sebanyak 126 data citra buah belimbing dengan pembagian 42 Mentah, 42 Setengah matang dan 42 matang.
3. Dari 126 data citra difoto dari keseluruhan sisi sesuai dengan bentuk buah belimbing.

Tabel 2. Tingkat Kematangan Buah Belimbing Madu

Tingkat Kematangan	Definisi	Gambar
Mentah	Kulit buah belimbing berwarna hijau dengan garis tepi berwarna hijau dan tekstur kulit kasar	

Setengah Matang	Kulit buah belimbing berwarna semu kuning dengan garis tepi berwarna hijau dan tekstur kulit cukup halus	
Matang	Kulit buah belimbing berwarna kuning dengan garis tepi berwarna kuning dan tekstur kulit halus	

B. Pengolahan Data

Tahap pengolahan data yaitu membagi data citra menjadi data latih dan data uji. Data latih yang digunakan untuk proses pelatihan diambil dari jumlah 87 data citra yang dibagi menjadi 29 data citra belimbing Mentah, 29 data citra belimbing Setengah matang, 29 data citra belimbing matang. Data latih yang digunakan untuk proses pelatihan diambil dari jumlah 39 data citra yang dibagi menjadi 13 data citra belimbing Mentah, 13 data citra belimbing Setengah matang, 13 data citra belimbing matang yang diambil dari keseluruhan sisi buah belimbing.

C. Pengujian

Pada tahap ini untuk mengetahui kinerja dari algoritma *K-Nearest Neighbor (KNN)* dalam melakukan klasifikasi terhadap kelas yang ditentukan dengan dilakukan pengujian menggunakan *confusion matrix*. Berikut tabel perhitungan *confusion matrix* yang telah didapat, ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Tabel Perhitungan *Confusion Matrix*

Aktual	Prediksi		
	Mentah	Setengah Matang	Matang
Mentah	10	2	0
Setengah Matang	3	11	0
Matang	0	0	13

Berikut adalah tabel yang menunjukkan bahwa citra buah belimbing Mentah memiliki kemiripan warna dengan data citra Setengah matang. Sedangkan pada citra buah belimbing matang telah diklasifikasikan dengan Benar, hasil klasifikasi data uji ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Klasifikasi Data Uji

Data Uji	Input	Output	Keterangan
1	Matang	Matang	Benar
2	Matang	Matang	Benar
3	Matang	Matang	Benar
4	Matang	Matang	Benar
5	Matang	Matang	Benar
6	Matang	Matang	Benar
7	Matang	Matang	Benar
8	Matang	Matang	Benar
9	Matang	Matang	Benar
10	Matang	Matang	Benar
11	Matang	Matang	Benar
12	Matang	Matang	Benar
13	Matang	Matang	Benar

14	Mentah	Mentah	Benar
14	Mentah	Mentah	Benar
15	Mentah	Mentah	Benar
16	Mentah	Mentah	Benar
17	Mentah	Mentah	Benar
18	Mentah	Setengah Matang	Salah
19	Mentah	Mentah	Benar
20	Mentah	Setengah Matang	Salah
21	Mentah	Mentah	Benar
22	Mentah	Mentah	Benar
23	Mentah	Mentah	Benar
24	Mentah	Setengah Matang	Salah
25	Mentah	Mentah	Benar
26	Setengah Matang	Setengah Matang	Benar
27	Setengah Matang	Setengah Matang	Benar
28	Setengah Matang	Setengah Matang	Benar
29	Setengah Matang	Setengah Matang	Benar
30	Setengah Matang	Setengah Matang	Benar
31	Setengah Matang	Setengah Matang	Benar
32	Setengah Matang	Mentah	Salah
33	Setengah Matang	Setengah Matang	Benar
34	Setengah Matang	Setengah Matang	Benar
35	Setengah Matang	Setengah Matang	Benar
36	Setengah Matang	Mentah	Salah
37	Setengah Matang	Setengah Matang	Benar
38	Setengah Matang	Setengah Matang	Benar
39	Setengah Matang	Setengah Matang	Benar

Dari 39 data uji yang diklasifikasi menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor (KNN)* didapatkan sebanyak 34 data citra dengan hasil klasifikasi Benar dan 5 data citra dengan hasil klasifikasi salah. Sehingga dapat dihitung untuk nilai akurasi sebagai berikut:

$$A = \frac{J_u \quad h \quad K \quad B}{J_u \quad h \quad S \quad h \quad D \quad U} \times 100\%$$

Maka didapatkan hasil sebagai berikut :

$$A = \frac{31}{36} \times 100\% = 87,17\%$$

Nilai akurasi yang diperoleh dari sistem klasifikasi tingkat kematangan buah belimbing dengan algoritma *K-Nearest Neighbor (KNN)* adalah 87,17% dari 39 data uji dengan nilai K=5.

D. Analisa Hasil Pengujian

Pengujian menghasilkan nilai *accuracy*, *precision*, dan *recall*. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 5 berikut :

Tabel 5. Hasil Pengujian

<i>Accuracy</i>	<i>Precision</i>	<i>Recall</i>
87,17%	87,33%	87,33%

Berdasarkan tabel yang telah dijelaskan di atas, maka dapat diketahui bahwa *confusion matrix* memiliki nilai *Accuracy* 87,17%, *Precision* 87,33% dan *Recall* 87,33%.

E. Implementasi

Adapun implementasi tampilan sistem klasifikasi tingkat kematangan buah belimbing ini dibuat menggunakan *GUI (Graphical User Interface) Matlab R2016a*. Berikut adalah gambar tampilan *GUI* saat sistem mulai dijalankan seperti :

1. Tampilan Halaman Utama

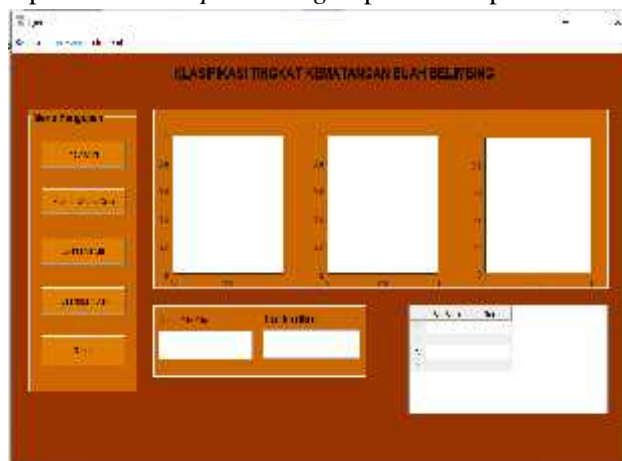
Halaman ini menampilkan deskripsi dari klasifikasi buah belimbing. Tampilan halaman utama dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan Halaman Utama

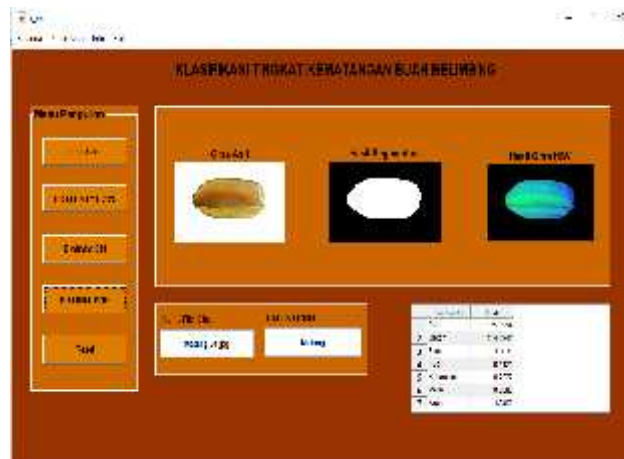
2. Tampilan Halaman *Processing*

Halaman ini terdapat 5 *button* menu yaitu: *input* citra, proses warna citra, ekstraksi ciri, klasifikasi KNN, dan *reset*. Pada halaman ini akan menampilkan gambar citra asli, citra hasil segmentasi dan citra hasil ekstraksi ciri hsv, serta terdapat tabel hasil ekstraksi ciri berupa nilai *r*, *g*, *b*, *h*, *s*, *v*, dan *area*. Tampilan halaman *processing* dapat dilihat pada Gambar 5. berikut:



Gambar 5. Tampilan Halaman *Processing*

Button Klasifikasi menggunakan algoritma *KNN* terhadap citra, citra yang telah *diinput* akan dikelompokkan ke dalam salah satu kelas yaitu kelas mentah, setengah matang dan matang, dapat dilihat pada Gambar 6 berikut :



Gambar 6. Proses Klasifikasi KNN

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan mengenai kematangan buah belimbing madu menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor (KNN)* dan memanfaatkan ekstraksi ciri *HSV* serta menggunakan 87 data latih dan 39 data uji dari citra buah belimbing madu dengan 3 kelas kematangan buah yaitu Mentah, Setengah matang dan matang. Hasil akurasi yang diperoleh dari sistem ini sebesar 87,17% dengan nilai $k = 5$.

B. Saran

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya maka saran yang diberikan peneliti adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menambahkan jumlah data citra buah belimbing untuk mendapatkan nilai akurasi yang lebih tinggi.
2. Foto/gambar diambil dalam kondisi pencahayaan yang cukup untuk memberikan hasil kualitas citra yang baik.
3. Pada penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan algoritma dan ekstraksi ciri lainnya dalam mengklasifikasikan buah belimbing.
4. Penelitian ini dapat dikembangkan dengan mengimplementasikan sistem ke dalam bentuk *hardware*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Media and I. Budidarma, "Klasifikasi Kematangan Buah Pisang Ambon Menggunakan Metode KNN dan PCA Berdasarkan Citra RGB dan HSV," vol. 6, pp. 9–17, 2022.
- [2] S. R. Raysyah, Veri Arinal, and Dadang Iskandar Mulyana, "Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Kopi Berdasarkan Deteksi Warna Menggunakan Metode Knn Dan Pca," *JSiI (Jurnal Sist. Informasi)*, vol. 8, no. 2, pp. 88–95, 2021.
- [3] J. Elektronika, T. Informasi, H. Khotimah, and N. Nafi, "Klasifikasi Kematangan Buah Mangga Berdasarkan Citra HSV dengan KNN," vol. 1, no. 2, pp. 4–7, 2019.
- [4] J. Jumadi, Y. Yupianti, and D. Sartika, "Pengolahan Citra Digital Untuk Identifikasi Objek Menggunakan Metode Hierarchical Agglomerative Clustering," *JST (Jurnal Sains dan Teknol.)*, vol. 10, no. 2, pp. 148–156, 2021.
- [5] S. Ratna, "Pengolahan Citra Digital Dan Histogram Dengan Phyton Dan Text Editor Phycharm," *Technol. J. Ilm.*, vol. 11, no. 3, p. 181, 2020.
- [6] A. Syarifah, A. A. Riadi, and A. Susanto, "Klasifikasi Tingkat Kematangan Jambu Bol Berbasis Pengolahan Citra Digital Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor," vol. 7,

- no. 1, pp. 27-35, 2022.
- [7] H. S. Value, "Identifikasi Kematangan Daun Teh Berbasis Fitur Warna Hue Saturation Intensity (HSI) dan Hue Saturation Value (HSV) (Identification Maturity Tea Leaves Based on Color Feature Hue Saturation Intensity (HSI) and Hue Saturation Value," vol. 8, no. November, pp. 217-223, 2020.
- [8] H. Mubarak, S. Murni, and M. M. Santoni, "Penerapan Algoritma K-Nearest Neighbor untuk Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Tomat Berdasarkan Fitur Warna," no. April, pp. 773-782, 2021.
- [9] D. I. Muhammad, E. Ermatita, and N. Falih, "Penggunaan K-Nearest Neighbor (KNN) untuk Mengklasifikasi Citra Belimbing Berdasarkan Fitur Warna," *Inform. J. Ilmu Komput.*, vol. 17, no. 1, p. 9, 2021.