

Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Belimbing menggunakan Algoritma *K-Nearest Neighbor* (KNN)

Anisatul Maola¹, Khurotul Aeni²

^{1,2}Program Studi Informatika, Fakultas Sains Dan Teknologi, Universitas Peradaban
Email: ¹anisha.maola@gmail.com, ²khaeni988@gmail.com

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 dikalangan 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 menggunakan *software matlab* untuk pembuatan sistem klasifikasi dengan 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% dengan hasil klasifikasi akurat sebanyak 34 data citra dan hasil klasifikasi tidak akurat sebanyak 5 data citra.

Keyword: buah belimbing madu, *k-nearest neighbor* (KNN), HSV, *confusion matrix*.

I. 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) Indonesia tahun 2021 menyajikan data bahwa 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 dikalangan 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*). Penelitian yang dilakukan oleh M. Habib Hanafi, dkk. yang berjudul “Klasifikasi Kematangan Buah Mangga Berdasarkan Citra *HSV* dengan *KNN*” pada penelitian ini metode yang digunakan adalah *KNN* dan dengan menggunakan metode ekstraksi ciri *Hue Saturation Value* (*HSV*). Dataset yang digunakan sebanyak 169 data dengan pembagian 129 untuk data *training* dan 40 data *testing*. Nilai akurasi sebesar 80% dengan menggunakan nilai $k=2$ [3]. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk mengambil judul “klasifikasi tingkat kematangan buah belimbing menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbor* (*KNN*)”.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Citra (*Image*)

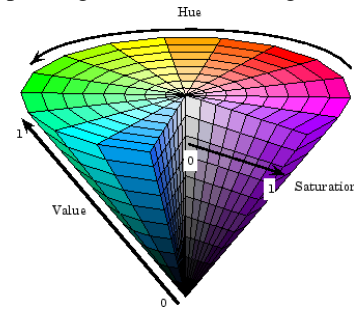
Citra adalah representasi objek dua dimensi dari dunia visual, menyangkut berbagai macam disiplin ilmu yang mencakup seni, *human vision*, astronomi, teknik, dan sebagainya. Citra merupakan suatu kumpulan piksel-piksel atau titik-titik yang berwarna yang berbentuk dua dimensi [4]. Citra merupakan salah 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 bersarnya kemurnian warna tersebut. Sedangkan, *value* digunakan untuk mengukur tingkat kecerahan dari suatu warna atau ukuran besarnya cahaya yang datang pada warna tersebut. Pada Gambar 2.1 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

$$r = \frac{R}{255} \quad (1.1)$$

$$g = \frac{G}{255} \quad (1.2)$$

$$b = \frac{B}{255} \quad (1.3)$$

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

$$V = \max(r, g, b) \quad (1.4)$$

$$S = \begin{cases} 0 & \text{otherwise} \\ V - \frac{\min(r, g, b)}{v} & \text{jika } V \neq 0 \end{cases} \quad (1.5)$$

$$H = \begin{cases} \frac{60^\circ \times (g-b)}{V - \min(r,g,b)} \rightarrow \text{jika } V = r \\ \frac{120^\circ + 60^\circ (b-r)}{V - \min(r,g,b)} \rightarrow \text{jika } V = g \\ \frac{240^\circ + 60^\circ (r-g)}{V - \min(r,g,b)} \rightarrow \text{jika } V = b \end{cases} \quad (1.6)$$

$$H = H + 360^\circ \rightarrow \text{jika } H < 0 \quad (1.7)$$

Keterangan persamaan (1.1) sampai (1.7):

- 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 *object*. 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]:

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^p (x_i - y_i)^2} \quad (1.8)$$

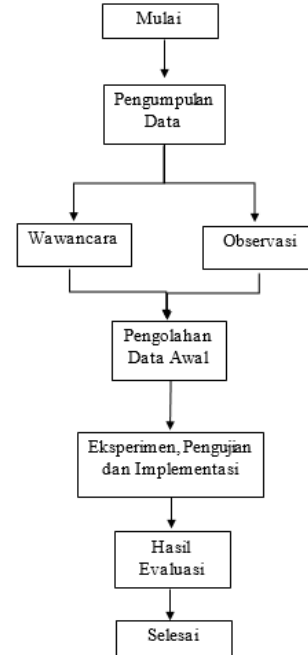
Keterangan :

- 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.

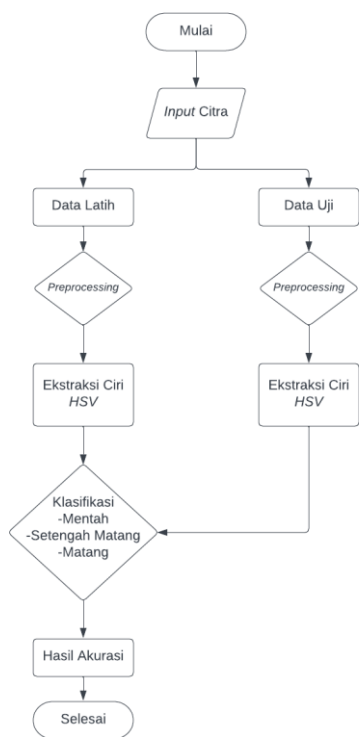
III. METODOLOGI



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 di segmentasi 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 3.2 berikut :



Gambar 3. Alur Sistem

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

Tabel 1. Spesifikasi Komputer yang digunakan

| | |
|----------------|---------------------|
| Processor | Intel Core i3 4005U |
| Memory | 4 GB |
| Harddisk | 500 GB |
| Sistem Operasi | Windows 10 Home |

IV. 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 digunakan untuk pelatihan atau percobaan, sedangkan data uji digunakan untuk pengujian. 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:

$$Akurasi = \frac{\text{Jumlah Klasifikasi Benar}}{\text{Jumlah Seluruh Data Uji}} \times 100\%$$

Maka didapatkan hasil sebagai berikut :

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

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

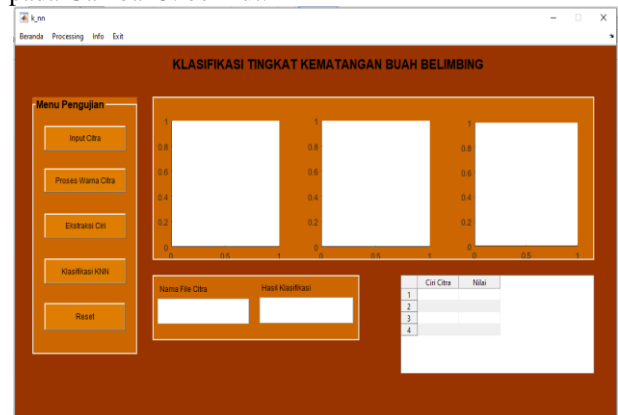
Halaman ini menampilkan deskripsi dari klasifikasi buah belimbing. Tampilan halaman utama dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Tampilan Halaman Utama

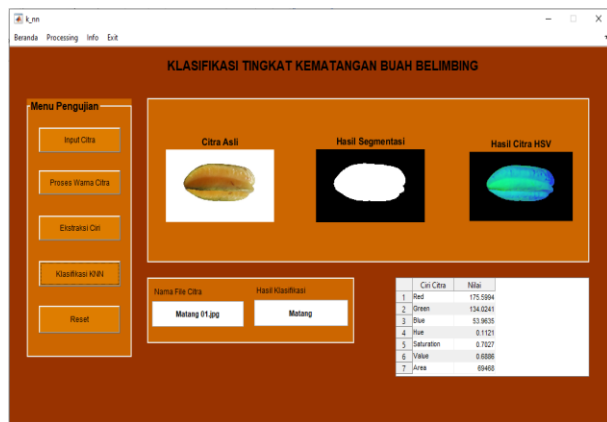
2. Tampilan Halaman Processing

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 kedalam salah satu kelas yaitu kelas mentah, setengah matang dan matang, dapat dilihat pada Gambar 6. berikut :



Gambar 6. Proses Klasifikasi KNN

V. 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 Phytton 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.