

Klasifikasi Kematangan Buah Pisang Kepokberdasarkan Citra Hsv Dengan *K-Nearest Neighbors*

Milda¹, Dian Megah Sari^{*2}, Muhammad Rafli³

^{1,2,3}Teknik Informatika, Universitas Sulawesi Barat

E-mail: ¹milda001201@gmail.com, ^{*2}dianmegahsari@unsulbar.ac.id, ³mrafli@unsulbar.ac.id

Abstrak

Pisang merupakan buah yang banyak diminati mayoritas masyarakat di Indonesia, tanpa terkecuali. Hal ini dikarenakan selain rasanya yang enak buah pisang juga memiliki berbagai gizi yang terkandung di dalamnya. Banyaknya peminat akan buah pisang melahirkan berbagai upaya untuk memenuhi kebutuhan tersebut, sehingga banyak masyarakat yang melakukan budidaya pisang di berbagai daerah. Dalam usaha budidaya pisang, perlu memperhatikan tingkat kematangan buah pisang tersebut agar dapat menentukan mutu buah pisang saat dipanen. Tingkat kematangan pisang ini juga berhubungan dengan jangkauan pemasaran. Pada penelitian ini dibuat sebuah sistem klasifikasi tingkat kematangan buah pisang dengan menggunakan algoritma *K-Nearest Neighbors (K-NN)* dan ekstraksi fiturwarna HSV pada data citra. Sistem klasifikasi yang dibuat juga memanfaatkan library *openCV* dalam proses pre-processing citra sebelum diklasifikasikan tingkat kematangannya menggunakan algoritma *K-NN*. Adapun kelas yang digunakan dalam berdasarkan tingkat kematangan buah pisang dibagi menjadi 3, yakni belum matang, matang dan sangat matang. Dalam penelitian ini data latih (training) yang digunakan sebanyak 450 data. Setelah dilakukan pengujian, didapati bahwa nilai akurasi tertinggi klasifikasi tingkat kematangan buah pisang menggunakan algoritma *K-NN* adalah sebesar 98% pada $K=8$ berdasarkan 45 pengujian yang dilakukan.

Kata kunci—3-5 Klasifikasi, kematangan buah pisang, algoritma *K-NN*, HSV, *OpenCV*

Abstract

Bananas are a popular fruit among the majority of people in Indonesia, because not only do they taste good, but they also contain various nutrients. Due to the high demand for bananas, many people cultivate them in various regions. In banana cultivation, it is important to pay attention to the level of ripeness of the bananas in order to determine their quality when harvested. The level of ripeness also affects their marketability. In this study, a classification system for the ripeness of bananas was created using the *K-Nearest Neighbors (K-NN)* algorithm and feature extraction of the HSV color in image data. The classification system also utilized the *OpenCV* library in the image pre-processing before using the *K-NN* algorithm to classify the ripeness level. The ripeness levels were divided into three categories: unripe, ripe, and overripe. The study used 450 training data, and after testing, it was found that the highest accuracy value for classifying the ripeness level of bananas using the *K-NN* algorithm was 98% with $K=8$ based on 45 tests conducted.

Keywords—3-5 Classification, banana ripeness, *K-NN* algorithm, HSV, *OpenCV*.

1. PENDAHULUAN

Pisang atau dikenal dengan nama ilmiah *Musa paradisiaca*, adalah jenis buah yang mudah tumbuh di wilayah tropis Indonesia, kualitas buah pisang harus dijaga karena salah satu jenis tanaman yang memasok kebutuhan pasar internasional. Kualitas buah pisang sangat dipengaruhi pada saat panen, dan tingkat kematangan buah pisang sangat penting dalam penentuan jangkauan pemasaran. Umumnya petani masih menggunakan metode manual untuk menentukan tingkat kematangan buah pisang, terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi akurasi hasil klasifikasi. Penelitian ini diharapkan dapat membantu petani dalam melakukan klasifikasi tingkat kematangan buah pisang dengan lebih akurat"[1]

Klasifikasi kematangan buah pisang kepek dapat membantu petani atau masyarakat pada saat pemanenan pisang dalam jumlah banyak dan menghemat waktu petani dalam melakukan klasifikasi, selain itu klasifikasi kematangan buah pisang kepek dapat mempermudah masyarakat dalam pemilihan kematangan pisang ketika ingin dipasarkan.

Dalam usaha budidaya pisang, perlu memperhatikan tingkat kematangan buah pisang tersebut agar dapat menentukan mutu buah pisang saat dipanen. Jika jangkauan pemasarannya jauh, sebaiknya pisang dipanen saat tingkat kematangan buah pisang masih cukup rendah. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang dapat mengklasifikasikan tingkat kematangan pisang agar dapat mempermudah dalam pengambilan keputusan saat memanen buah pisang klasifikasi tingkat kematangan buah pisang manurung dalam 3 bagian yaitu belum matang, matang dan sangat matang melalui pengenalan citra digital kematangan buah pisang[2]. Adapun Penelitian yang telah dilakukan oleh beberapa peneliti diantaranya penelitian yang berjudul "Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Mangga Dengan Citra HSV" yaitu proses klasifikasi kematangan menjadi kelas mentah, cukup matang, matang dan sangat matang. Dengan metode klasifikasi KNN, dataset yang digunakan sebanyak 129 data training, serta 40 data testing. Nilai akurasi tertinggi pada $k=2$ sebesar 80%[3]. Lebih lanjut pada penelitian yang berjudul "Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Apel Berdasarkan Fitur Warna Menggunakan Algoritma K-Nearest Neigh bors dan Ekstraksi Warna HSV" dijelaskan bahwa dengan menggunakan ekstraksi fitur warna HSV, tingkat kematangan buah apel dapat dikalsifikasikan dengan melihat warna kulit luarnya. Penelitian ditujukan untuk dapat membantu pecinta buah apel maupun petani buah apel dalam menentukan dan memilih buah apel mana yang memenuhi tingkat kematangan dan siap untuk dikonsumsi[4]. Kemudian penelitian yang berjudul "Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Pisang Kepok Menggunakan Algoritma Naive Bayes" menghasilkan nilai akurasi 81% [5] sedangkan penelitian yang berjudul "Klasifikasi Tingkat Kematangan Pisang Berdasarkan Ekstraksi Fitur Tekstur histogram dan Algoritma KNN" membahas klasifikasi berdasarkan menggunakan algoritma K-Nearest Neighbors (KNN) menghasilkan tingkat akurasi klasifikasi sebesar 88,89%

Metode K-NN dapat digunakan untuk melakukan klasifikasi buah pisang, penelitian yang berjudul "Pemodelan Pengolahan Citra untuk Klasifikasi Jenis Buah Pisang Menggunakan Metode K-NN" dengan jumlah data latih yang di gunakan untuk klasifikasi buah pisang sebanyak 150 dan jumlah data yang di gunakan sebagai data uji sebanyak 120, menghasilkan akurasi 99.1667%[6].

Penulis mengangkat penelitian sebagai tugas akhir dengan judul "**Klasifikasi Kematangan Buah Pisang Kepok Berdasarkan Citra HSV Dengan K-Nearest Neighbors**".

2. METODE

2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Untuk menjawab masalah penelitian yang berkaitan data berupa angka. Penelitian kuantitatif bertujuan sebagai pedoman berdasarkan pengalaman empiris yang mengumpulkan data berupa angka-angka yang dapat dihitung dan dalam bentuk numerik serta menentukan variabel yang akan digunakan.

2.2 metode pengumpulan data

2.2.1 data latih

Dataset pada data latih dalam penelitian ini sebanyak 450 citra yang diambil secara langsung menggunakan kamera *smartphone*, yang terdiri dari 3 kelas berdasarkan tingkat kematangan objek penelitian dalam hal ini buah pisang kepok, yaitu “belum matang”, “matang” dan “sangat matang”. Data latih ini yang kemudian di olah oleh sistem kemudian akan dilakukan ekstraksi kedalam fitur warna HSV. Berikut sampel yang diam il ditunjukkan pada gambar 1:



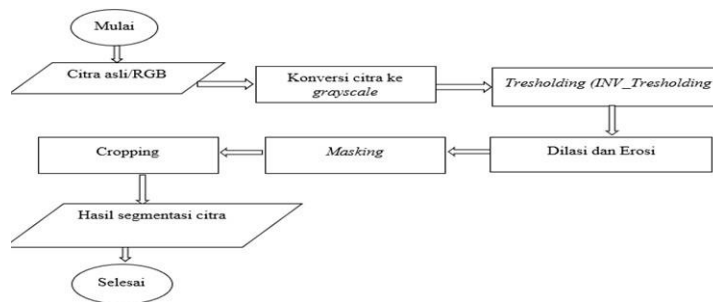
Gambar 1. contoh sampel data latih (*training*)

2.2.2 data Uji

Data uji adalah sekelompok data yang digunakan untuk menguji kinerja model atau sistem pembacaan yang telah di latih dengan menggunakan data latih. Data uji berfungsi untuk mengukur sejauh mana sistem dapat membaca objek secara akurat berdasarkan data latihnya lalu mengklasifikasikan tingkat kematangan buah pisang yang merupakan objek penelitian. Data uji yang digunakan dalam penelitian ini merupakan objek langsung yang diambil gambarnya (*capture*) secara *realtime* ketika sistem dijalankan dengan jumlah data *testing* sebanyak 45 yang terdiri dari 15 kelas belum matang, 15 kelas matang dan 15 kelas sangat matang.

2.2.1 Tahap Pre-processing

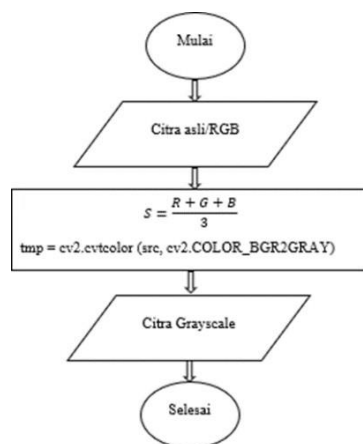
Tahap *pre-processing* merupakan tahapan awal pada pengolahan citra yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra agar sesuai dengan kebutuhan sistem. Citra yang dimaksud disini ialah data yang akan digunakan pada sistem yang meliputi data latih dan data uji. Tahapan *pre-processing* citra dapat kita lihat pada gambar 2 berikut



Gambar 2. proses segmentasi citra

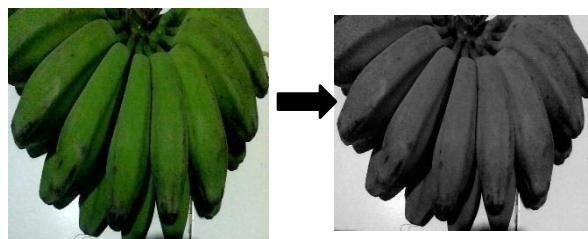
2.2.2 Transformasi warna RGB ke *grayscale*

Merubah citra RGB menjadi *grayscale* merupakan proses awal yang dilakukan dalam pengolahan citra. transformasi citra RGB ke *grayscale* bertujuan menyelaraskan dengan penglihatan manusia dalam memandang warna. Adapun alur transformasi citra RGB ke *grayscale* dapat kita lihat pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. alur transformasi citra RGB ke *grayscale*

Citra *grayscale* merupakan pengubahan 3 *layer* matriks, yaitu R layer, G layer dan B layer menjadi 1 *layer* matriks *grayscale*. Dalam citra ini tidak lagi terdapat adanya warna, melainkan yang ada hanyalah derajat keabuan pada citra. Hasil perubahan warna asli atau RGB ke *grayscale* dengan mengambil objek pisang dengan kategori kelas “belum matang” dapat dilihat pada gambar 4. berikut.



Gambar 4 transformasi citra RGB ke *grayscale*

2.2.3 Segmentasi citra

Segmentasi dilakukan untuk membuang bagian yang tidak diperlukan dari citra dan mengekstrak *mask* dari objek utama saja. Tahapan segmentasi citra berikut adalah penjelasan langkah langkah segmentasi citra:

- a. *Thresholding* dapat memisahkan objek atau fitur tertentu dari latar belakang dalam citra dengan mudah. Selain itu angka 127 merupakan angka yang cukup baik sebagai nilai *threshold* karena merupakan nilai tengah dari angka 0 sampai 255. Dapat dilihat pada gambar 5 berikut.



Gambar 5 citra *Thresholding*

- b. Dilasi berguna untuk menghubungkan bagian-bagian yang terpisah dalam objek, mengisi lubang kecil, atau memperbesar ukuran objek. *Outputnya* dapat dilihat pada gambar 6 berikut.



Gambar 6 citra dilasi

- c. Erosi berguna untuk menghilangkan detail kecil, mengurangi ukuran objek, atau memisahkan bagian-bagian objek yang saling berdekatan. *Outputnya* dapat dilihat pada gambar 7 berikut.



Gambar 7 citra erosi

- d. *Masking* berfungsi untuk menghilangkan bagian tertentu, dalam penelitian ini proses *masking* digunakan untuk memisahkan *background* dengan objek pisang kepok. *Outputnya* dapat dilihat pada gambar 8 berikut.



Gambar 8 citra *masking*

- e. *Cropping* citra merupakan metode untuk menghapus atau memotong bagian-bagian tertentu dari citra untuk memperkecil ukuran gambar atau memfokuskan pada area tertentu dari gambar yang lebih penting. Contoh *outputnya* dapat dilihat pada gambar 9 berikut.

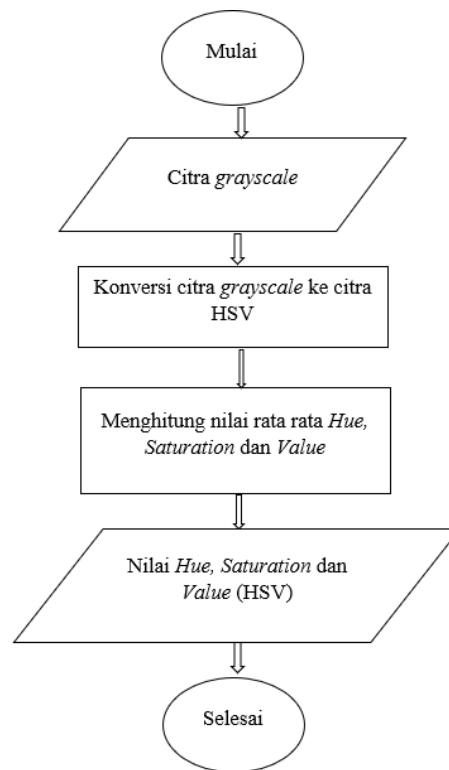


Gambar 9 citra *cropping*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Ekstraksi fitur HSV

Ekstraksi fitur H, S, dan V adalah proses untuk mengekstrak informasi warna dari sebuah gambar citra kedalam bentuk tiga kanal, yaitu *Hue* (H), *Saturation* (S), dan *Value* (V). Berikut adalah alur dari ekstraksi fitur HSV. Ditunjukkan pada gambar 10



Gambar 10 alur ekstraksi fitur HSV

Tahap awal dalam proses ekstraksi warna HSV dari sebuah gambar citra dalam program atau sistem yang dibuat dalam penelitian ini melibatkan langkah- langkah sebagai berikut:

3.1.1 Mengubah citra RGB ke grayscale

Pada proses ini citra RGB atau citra warna akan diubah menjadi citra *grayscale* dengan tujuan agar semua citra saat diproses memiliki warna yang sama dan mempermudah dalam proses selanjutnya yaitu segmentasi dan *cropping* dalam mendapatkan nilai warna HSV.

3.1.2 Ekstraksi nilai warna HSV

Mode warna HSV (Hue, Saturation, Value) merupakan langkah untuk merepresentasikan warna. Dalam mode ini, warna diwakili oleh nilai *Hue* (tingkat warna), *Saturation* (intensitas warna), dan *Value* (kecerahan). Untuk mengkonversi citra dari mode warna RGB ke HSV, setiap piksel diubah menjadi nilai *Hue*, *Saturation*, dan *Value* untuk mendapatkan nilai *meanHSV*.

Tabel 1 berikut adalah hasil nilai dari hasil ekstraksi fitur warna HSV objek penelitian yaitu klasifikasi kematangan buah pisang kepek.

Tabel 1 sampel data *training* fitur HSV

No	Kelas	Nilai fitur HSV		
		Hue	Saturation	Value
1	Belum matang	32,54786526	97,93549708	131,7763899
2	Belum matang	32,42088944	98,10504882	130,225693
3	Belum matang	42,9289328	15,87061307	188,4507031
4	Belum matang	32,40089147	99,53065891	132,364845
5	Belum matang	32,51750914	100,5239418	132,3126142
6	Matang	22,10363933	148,4859398	186,7626276
7	Matang	38,96343414	18,41627942	142,0775501
8	Matang	21,93086009	143,287216	187,9800238
9	Matang	21,61829223	145,5566434	186,8615017
10	Matang	21,73616073	145,3088324	186,5899685
11	Sangat matang	16,67315362	107,8929203	107,8230832
12	Sangat matang	16,68552288	110,5089975	108,0736624
13	Sangat matang	16,24240637	110,9233265	106,7427897
14	Sangat matang	15,05658716	141,0767325	81,67384584
15	Sangat matang	17,06811321	100,9298843	127,791506

3.2 Pengujian Sistem

Pengujian sistem atau merupakan rangkaian dari proses penelitian yang bertujuan untuk menguji kinerja sistem atau program yang dibuat dalam mengklasifikasikan kematangan objek buah pisang kepek dengan menggunakan algoritma K-NN. Pada tahap ini dilakukan pengujian deteksi kematangan pisang kepek dengan K-NN menggunakan nilai K yang bervariasi (K=2, K=4, K=6, K=8 dan K=10. Berikut adalah contoh output pengujian K-NN:

3.2.1 Pengujian dengan nilai K=4

Pengujian pertama dengan nilai K=4 menggunakan kelas data uji pisang kategori “belum matang”. Hasil pengujianannya dapat kita lihat pada gambar 11 berikut.



Gambar 11 pengujian dengan K= 4 kategori belum matang

3.2.2 Pengujian dengan nilai K=6

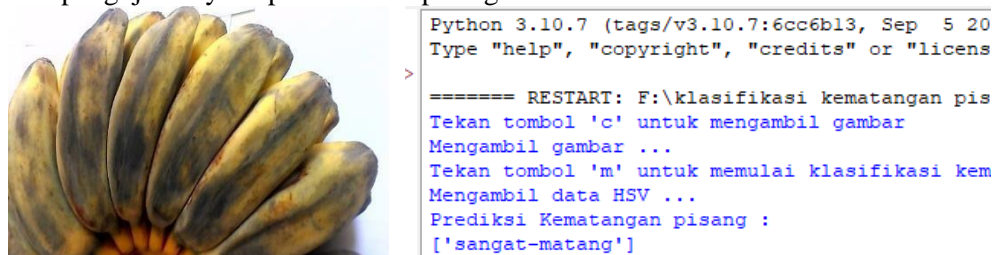
Selanjutnya pengujian kedua adalah pengujian dengan nilai K=6 menggunakan kelas data uji pisang kategori “matang”. Hasil pengujianannya dapat kita lihat pada gambar 12 berikut.



Gambar 12 pengujian dengan K= 6 kategori matang

3.2.3 Pengujian dengan nilai K=8

Pengujian dengan nilai K=8 menggunakan kelas data uji pisang kategori “sangat matang”. Hasil pengujian dapat kita lihat pada gambar 13 berikut.



Gambar 13 pengujian dengan K= 8 kategori sangat matang

4 Pengujian keseluruhan

Pengujian keseluruhan merupakan proses dalam menghitung keseluruhan akurasi sistem yang telah dibuat. Penghitungan nilai akurasi yang didapatkan dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{total data} - \text{data yang tidak sesuai}}{\text{total data}} \times 100\% \quad (1)$$

Hasil akumulasi pengujian sistem dalam mengklasifikasikan tingkat kematangan pisang *manurung* menggunakan algoritma K-NN dapat kita lihat pada tabel 2 berikut.

Tabel 2 pengujian klasifikasi K-NN

No	Data uji (Tingkat kematangan)	Pengujian ke-	Nilai K				
			K=2	K=4	K=6	K=8	K=10
1	Belum matang	1	✓	✓	✓	✓	✓
2	Belum matang	2	✓	✓	✓	✓	✓
3	Belum matang	3	✓	✓	✓	✓	✓
4	Belum matang	4	✓	✓	✓	✓	✓
5	Belum matang	5	✓	✓	✓	✓	✓
6	Belum matang	6	✓	✓	✓	✓	✓
7	Belum matang	7	✓	✓	✓	✓	✓
8	Belum matang	8	✓	✓	✓	✓	✓
9	Belum matang	9	X	✓	✓	✓	✓
10	Belum matang	10	✓	✓	✓	✓	✓
11	Belum matang	11	✓	✓	✓	✓	✓
12	Belum matang	12	✓	✓	✓	✓	✓
13	Belum matang	13	✓	✓	✓	✓	✓

14	Belum matang	14	✓	✓	✓	✓	✓
15	Belum matang	15	✓	✓	✓	✓	✓
16	Matang	1	X	✓	✓	✓	✓
17	Matang	2	X	✓	✓	✓	✓
18	Matang	3	✓	✓	X	✓	✓
19	Matang	4	✓	✓	✓	✓	✓
20	Matang	5	✓	✓	✓	✓	X
21	Matang	6	✓	✓	✓	✓	✓
22	Matang	7	X	X	✓	✓	✓
23	Matang	8	✓	✓	✓	✓	✓
24	Matang	9	✓	✓	✓	✓	✓
25	Matang	10	✓	✓	✓	✓	✓
26	Matang	11	X	✓	✓	✓	✓
27	Matang	12	X	✓	✓	✓	✓
28	Matang	13	X	✓	✓	✓	✓
29	Matang	14	X	✓	✓	✓	✓
30	Matang	15	✓	✓	✓	X	✓
31	Sangat Matang	1	X	✓	✓	✓	✓
32	Sangat Matang	2	X	✓	✓	✓	✓
33	Sangat Matang	3	✓	✓	✓	✓	✓
34	Sangat Matang	4	X	✓	✓	✓	✓
35	Sangat Matang	5	✓	X	✓	✓	✓
36	Sangat Matang	6	X	✓	✓	✓	✓
37	Sangat Matang	7	✓	✓	✓	✓	✓
38	Sangat Matang	8	X	✓	✓	✓	✓
39	Sangat Matang	9	X	✓	✓	✓	✓
40	Sangat Matang	10	X	✓	X	✓	X
41	Sangat Matang	11	✓	X	✓	✓	✓
42	Sangat Matang	12	X	✓	✓	✓	✓
43	Sangat Matang	13	X	✓	✓	✓	✓
44	Sangat Matang	14	✓	✓	✓	✓	✓
45	Sangat Matang	15	X	✓	✓	✓	✓
Total pengujian		45					
Akurasi			60%	93%	96%	98%	96%

Keterangan tabel:

✓ = Sesuai

X = Tidak sesuai

ada tabel 4.2 diatas dapat kita lihat bahwa pada pengujian yang dilakukan dengan menggunakan data uji pada masing-masing tingkat kematangan buah pisang didapati bahwa nilai akurasi terbesar didapatkan pada nilai K=8 dengan akurasi sebesar 98%, sedangkan nilai akurasi terendah pada K=2 dengan nilai akurasi sebesar 60%. Rincian perhitungan akurasinya menggunakan persamaan 1 adalah sebagai berikut.

1. Perhitungan akurasi K=2

$$\text{Akurasi} = \frac{45-18}{45} \times 100\% \\ = 60\%$$

2. Perhitungan akurasi K=4

$$\text{Akurasi} = \frac{45^{-3}}{45} \times 100\% \\ = 93\%$$

3. Perhitungan akurasi K=6

$$\text{Akurasi} = \frac{45^{-2}}{45} \times 100\% \\ = 96\%$$

4. Perhitungan akurasi K=8

$$\text{Akurasi} = \frac{45^{-1}}{45} \times 100\% \\ = 98\%$$

5. Perhitungan akurasi K=10

$$\text{Akurasi} = \frac{45^{-2}}{45} \times 100\% \\ = 96\%$$

3.3. Analisis Pengujian

Tujuan analisis pengujian untuk mengidentifikasi kesalahan atau kekurangan dalam sistem berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap sistem, sehingga pengembang selanjutnya dapat menemukan dan memperbaiki masalah yang mungkin terjadi selama pengembangan sistem, sehingga kedepannya sistem dapat ditingkatkan kualitasnya secara keseluruhan. Adapun kesalahan atau kekurangan yang ada pada sistem diantaranya disebabkan oleh.

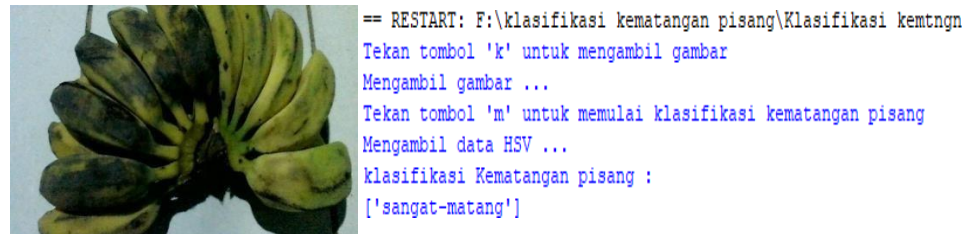
1. Akurasi KNN sangat terpengaruh dengan memilih jumlah K terdekat, jika terdapat nilai kecil maka sensitif terhadap noise (hasil yang tidak diinginkan/klasifikasi salah) dan jika menggunakan nilai K terlalu besar maka dapat menyebabkan bias model (ketidakmampuan algoritma knn dalam melakukan klasifikasi data). (Homepage et al., 2021)
2. Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan kematangan yang tidak merata yaitu (belum matang dan matang) menghasilkan klasifikasi yaitu belum matang. Hal ini disebabkan karena penggunaan warna HSV yang digunakan dalam klasifikasi cenderung membaca warna paling dominan pada kulit pisang. Hasil pengujian dapat dilihat pada gambar 14 berikut.



Gambar 14 pengujian dengan kategori belum matang dan matang

3. Pengujian sistem dilakukan dengan menggunakan kematangan yang tidak merata yaitu (matang dan sangat matang) menghasilkan klasifikasi yaitu sangat matang. Hal ini

disebabkan karena penggunaan warna HSV yang digunakan dalam klasifikasi cenderung membaca warna paling dominan pada kulit pisang. Hasil pengujianannya dapat di lihat pada gambar 15 berikut.



Gambar 15 pengujian dengan kategori matang dan sangat matang

4. Penggunaan kamera dengan resolusi yang rendah pada proses *capture* data uji juga mengakibatkan hasil *capture* citra uji kurang maksimal yang kemudian menjadikan beberapa hasil klasifikasi pada sistem tidak akurat.

4. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, telah dibuat sebuah sistem klasifikasi tingkat kematangan buah pisang kepok dengan menggunakan algoritma K-Nearest Neighbors (KNN) berdasarkan fitur warna Hue, Saturation, dan Value (HSV) Sistem ini menggunakan 450 data latih (training) yang terdiri dari 150 citra pada setiap kelas, serta 45 data uji (testing) yang terdiri dari 15 citra pada setiap kelas data uji yang diambil secara langsung (real time). Hasil pengujian pada sistem dengan menggunakan nilai $K=2$ didapatkan persentase akurasi sebesar 60%, nilai $K=4$ didapatkan persentase akurasi sebesar 93%, nilai $K=6$ didapatkan persentase akurasi sebesar 96% dan pengujian nilai $K=8$ didapatkan persentase akurasi sebesar 98%, sedangkan $K=10$ sebesar 96%. Dari hasil pengujian tersebut nilai variable $K=8$ memiliki persentase akurasi tertinggi sebesar 98%.

REFERENSI

- [1] S. P. Adenugraha, V. Arinal, and D. I. Mulyana, "Klasifikasi Kematangan Buah Pisang Ambon Menggunakan Metode KNN dan PCA Berdasarkan Citra RGB dan HSV," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 6, no. 1, p. 9, 2022.
- [2] Rifki Kosasih, "Klasifikasi Tingkat Kematangan Pisang Berdasarkan Ekstraksi Fitur Tekstur dan Algoritme KNN," *J. Nas. Tek. Elektro dan Teknol. Inf.*, vol. 10, no. 4, pp. 383–388, 2021.
- [3] M. Husnul Khotimah, Nur Nafi'yah, "Klasifikasi Kematangan Buah Mangga Berdasarkan Citra HSV dengan KNN," *J. Elektron. List. dan Teknol. Inf. Terap.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2019.
- [4] D. S. P. Akmal Ilmi, Muhammad Hanif Razka, Dwi Setyo Wiratomo, "Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Apel Berdasarkan Fitur Warna Menggunakan Algoritma K-Nearest Neighbordan Ekstraksi Warna HSV," *Senamika*, vol. 2, no. 2, pp. 176–182, 2021.
- [5] K. I. Zainul Hakim, Sri Rahayu, "Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Pisang Kepok Menggunakan Algoritma Naive Bayes," *Acad. J. Comput. Sci. Res.*, vol. 4, no. 1, pp. 8–11, 2022.
- [6] M. R. Sugiyono, "Pemodelan Pengolahan Citra untuk Klasifikasi Jenis Buah Pisang Menggunakan Metode KNN," *J. Pendidik. dan Konseling*, vol. 4, no. 5, pp. 823–833, 2022.