

KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN BUAH PAPRIKA MENGUNAKAN METODE K-NEAREST NEIGHBOR BERDASARKAN WARNA RGB MELALUI APLIKASI MATLAB

Hafizhiadi Rizki Cahyaputra*¹⁾, Reni Rahmadewi²⁾

1. Universitas Singaperbangsa Karawang, Indonesia
2. Universitas Singaperbangsa Karawang, Indonesia

Article Info

Kata Kunci: Citra; Pengolahan Citra Digital; *K-Nearest Neighbor*; MATLAB

Keywords: *Citra; Digital Image Processing; K-Nearest Neighbor; MATLAB*

Article history:

Received 22 November 2023

Revised 6 December 2023

Accepted 20 December 2023

Available online 1 March 2024

DOI :

<https://doi.org/10.29100/jipi.v9i1.4440>

* Corresponding author.

Hafizhiadi Rizki Cahyaputra

E-mail address:

hafiz.hiadi19063@student.unsika.ac.id

ABSTRAK

Paprika adalah satu dari berbagai macam jenis sayuran yang dimana buahnya memiliki beragam manfaat. Meskipun paprika belum menjadi bagian dari konsumsi sehari-hari, namun potensi pasarnya masih sangat besar. Tantangan utama yang sering dihadapi oleh para petani dalam menghasilkan paprika adalah memastikan bahwa paprika yang dipanen dapat diterima dengan baik oleh konsumen. Oleh karena itu, diperlukan penggunaan sistem sortasi untuk memilah paprika yang sesuai dengan standar tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan/mensortasi tingkat kematangan buah paprika menggunakan metode *K-Nearest Neighbor* (KNN) melalui aplikasi MATLAB. Dalam penelitian ini, digunakan dataset citra buah paprika yang telah diproses dan dibagi menjadi dataset latihan dan dataset uji. Dataset ini terdiri dari empat kelas kematangan: mentah, setengah matang, hampir matang, dan matang. Sistem klasifikasi kematangan buah paprika dikembangkan dengan mengimplementasikan metode KNN untuk mendeteksi tingkat kematangan berdasarkan analisis warna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan memiliki tingkat akurasi yang memuaskan, dengan tingkat akurasi tertinggi mencapai 90% ketika menggunakan nilai $k=5$. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi alat bantu yang berguna bagi petani dalam menentukan kualitas paprika yang terbaik untuk dikonsumsi.

ABSTRACT

Paprika is one of various types of vegetables where the fruit has various benefits. Even though paprika is not yet part of daily consumption, its market potential is still very large. The main challenge that is often faced by farmers in producing paprika is ensuring that the peppers that are harvested are well received by consumers. Therefore, it is necessary to use a sorting system to sort paprika according to these standards. This study aims to classify/sort the maturity level of paprika using the K-Nearest Neighbor (KNN) method through the MATLAB application. In this study, a pre-processed paprika image dataset was used and divided into training datasets and test datasets. This dataset consists of four ripeness classes: unripe, medium ripe, nearly ripe, and overcooked. The ripeness classification system for paprika was developed by implementing the KNN method to detect the level of ripeness based on color analysis. The test results show that the developed system has a satisfactory level of accuracy, with the highest accuracy reaching 90% when using a value of $k = 5$. This research is expected to be a useful tool for farmers in determining the best quality of paprika for consumption.

I. PENDAHULUAN

CAPSICUM ANNUUM VAR-GROSSUM atau biasa yang sering kita sebut dengan paprika adalah satu dari berbagai macam jenis sayuran yang dimana buahnya memiliki beragam manfaat. Biasanya, paprika digunakan sebagai hiasan atau tambahan dalam salad. Namun, paprika juga dapat menjadi bahan makanan utama karena mengandung nutrisi yang tinggi. Dalam setiap 100 gram buah paprika hijau segar, terdapat 0,90 gram protein, 0,30 gram lemak, 4,40 gram karbohidrat, 22.000 IU vitamin A, 540,00 mg vitamin B1, dan 160,00 mg vitamin C [1].

Meskipun paprika belum menjadi bagian dari konsumsi sehari-hari, namun potensi pasarnya masih sangat besar karena di beberapa pasar swalayan, hotel, dan perusahaan catering masih banyak yang membutuhkannya. Hal ini membuat para petani menjadi termotivasi untuk selalu mengembangkan budidaya paprika agar pasokan di pasar terus terjaga dan terpenuhi.

Tantangan utama yang sering dihadapi oleh para petani dalam menghasilkan paprika adalah memastikan bahwa paprika yang dipanen dapat diterima dengan baik oleh konsumen. Misalnya, paprika yang akan dijual harus dipastikan terlebih dahulu apakah sudah memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan oleh konsumen. Oleh karena itu, diperlukan penggunaan sistem sortasi untuk memilah paprika yang sesuai dengan standar tersebut.

Proses sortasi melibatkan pemilahan fraksi berdasarkan ciri fisiknya, seperti kadar air, ukuran, berat, bentuk, tekstur, warna, serta adanya benda asing atau kotoran. Selain itu, sortasi juga mempertimbangkan komposisi bahan, aroma, dan rasa yang mungkin ada, serta kondisi biologisnya seperti jenis serangga yang merusak, banyak sedikitnya mikroba, dan kemampuan khusus benih untuk tumbuh dan berkembang. Secara umum, tujuan dari sortasi adalah untuk mengklasifikasikan komoditas tertentu berdasarkan kualitas yang sejenis terhadap komoditas tersebut [2].

Kualitas paprika ditentukan oleh berbagai faktor, termasuk tingkat kematangan buah yang dapat dilihat dari warnanya. Biasanya, sortasi paprika dapat dilakukan melalui dua macam metode, yaitu dengan cara manual yang menggunakan semua panca indera yang dimiliki manusia, dan dengan cara mekanis melalui bantuan mesin ataupun alat buatan manusia. Ketika melakukan sortasi manual, buah paprika dipilah berdasarkan tingkat kerusakan dan warna yang dimiliki oleh buah, sementara sortasi mekanis lebih berfokus pada ukuran dan berat buah. Namun, masih terdapat adanya kelemahan jika melakukan sortasi secara manual, seperti tingkat keseragaman barang yang kurang konsisten dan masih membutuhkan banyak sekali tenaga kerja. Untuk memecahkan masalah tersebut, diciptakannya sebuah inovasi alat sortasi yang dapat dikontrol untuk menghasilkan produk yang lebih baik dengan tingkat keseragaman berdasarkan warna.

Pada saat ini, perkembangan teknologi informasi telah membawa kemajuan dalam pengolahan citra, yang telah menjadi subjek penelitian oleh banyak ahli. Penerapan teknik ini menjadikan kita terbiasa untuk mengevaluasi, menyimpulkan, serta memperoleh informasi dari citra digital. Salah satu contoh dari citra digital adalah foto-foto yang tersimpan di dalam file gambar seperti foto-foto yang berformat png, jpg, jpeg, dan format lainnya pada komputer [3]. Sudah banyak manfaat dari diterapkannya teknik pengolahan citra ini seperti halnya pengukuran parameter benang yang sebelumnya hanya dapat dinilai secara visual, kini dapat diukur secara [4].

Salah satu teknologi yang dimanfaatkan dalam pengolahan citra adalah pemrosesan citra (*image processing*). Teknologi ini melibatkan pengolahan atau pemrosesan sinyal menggunakan gambar sebagai *input* dan menghasilkan gambar baru dengan menerapkan teknik khusus. Pemrosesan citra biasanya dilakukan untuk mengurangi tingkat kesalahan pada saat pengiriman dan proses pengakuisian data sinyal gambar. Tujuan utamanya adalah memperbaiki kualitas visual gambar agar memudahkan manusia untuk diinterpretasikan. Proses ini melibatkan analisis dan manipulasi gambar [5]. Banyak sekali manfaat yang dapat diterapkan dalam berbagai bidang seperti industri, kedokteran, *computer*, dan sebagainya [6]. Sebagai gambaran, teknologi ini dapat digunakan dalam penelitian dan pengembangan aplikasi untuk melakukan sortasi buah paprika.

Dalam penelitian ini digunakan algoritma *K-Nearest Neighbor* (KNN), KNN adalah salah satu metode kecerdasan buatan yang biasanya digunakan untuk mengklasifikasi suatu objek sesuai dengan data pembelajaran yang mempunyai jarak paling dekat dengan objek. KNN didasarkan pada prinsip "belajar dengan analogi" di mana data pembelajaran dijelaskan menggunakan atribut numerik dalam ruang berdimensi n . Setiap data pembelajaran direpresentasikan sebagai titik dalam ruang berdimensi n , yang ditandai dengan c [7].

Beberapa penelitian sebelumnya mengenai KNN telah dilakukan antara lain, Zufachmi melakukan identifikasi menggunakan algoritma KNN Untuk melihat klasifikasi tingkat dehidrasi manusia melalui warna urin, dimana hasil akurasi yang diperoleh sebesar 86,67% [8]. Dadang melakukan identifikasi menggunakan algoritma KNN untuk mengidentifikasi burung jalak bali melalui motif dan warna dengan ekstraksi ciri rgb dan KNN dengan hasil akurasi sebesar 98,50% [9]. Hasym melakukan identifikasi jenis-jenis ikan cupang menggunakan algoritma KNN dengan 3 macam jenis ikan cupang dan hasil akurasi pengujiannya sebesar 93,99% [10]. Sandri juga melakukan identifikasi terhadap penyakit pada tanaman kopi arabika menggunakan KNN, yang dimana hasil akurasi sebesar 94% [11].

Berdasarkan hal tersebut penulis terinspirasi untuk menciptakan sebuah aplikasi pengolahan citra menggunakan metode *image processing* guna menentukan tingkat kematangan paprika. Aplikasi ini akan dikembangkan dengan menggunakan platform Matlab. Matlab sendiri adalah sebuah platform khusus yang digunakan untuk melakukan analisis dan perhitungan numerik dan juga sebagai bahasa pemrograman matematika tingkat lanjut berdasarkan dasar pemikiran dengan menggunakan bentuk dan sifat matriks. [12]. Diharapkan bahwa aplikasi ini dapat menjadi alat bantu yang berguna bagi para petani untuk menentukan paprika yang terbaik dari segi kesegaran dan kesehatan,

sehingga dapat disajikan kepada masyarakat dengan kualitas yang terjamin.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Tahapan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan mengikuti beberapa tahapan umum yang biasanya sering dilakukan dalam penelitian. Tahap pertama melibatkan studi literatur untuk mengumpulkan referensi yang relevan dengan masalah penelitian dan menjadi landasan teori. Studi literatur dilakukan dengan membaca beberapa jurnal dan artikel serta mencari beberapa sumber informasi melalui internet.

Setelah dirasa cukup melakukan studi literatur, peneliti mulai melakukan identifikasi masalah yang mau diteliti sebagai objek penelitian. Selanjutnya, data dikumpulkan menggunakan dataset publik. Dataset publik ini diperoleh dengan mengunduh gambar-gambar citra buah paprika terkait dari sumber seperti Google. Proses selanjutnya adalah membuat dataset dengan melakukan *preprocessing*, di mana latar belakang gambar diubah menjadi hitam. Dari 40 citra yang ada, proses *preprocessing* menghasilkan 2 dataset, yaitu dataset latihan (*training*) dan dataset uji (*testing*). Dataset ini terdiri dari 20 citra untuk latihan dan 20 citra untuk pengujian, dan diklasifikasikan ke dalam 4 kelas berdasarkan tingkat kematangan: mentah, setengah matang, hampir matang, dan matang.

Setelah semua data citra buah paprika terkumpul, peneliti membuat sistem menggunakan MATLAB dengan menerapkan metode *K-Nearest Neighbor* (KNN) untuk melakukan klasifikasi tingkatan kematangan buah paprika berdasarkan deteksi warna. Sistem ini kemudian diuji untuk mengukur tingkat keberhasilannya. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berjalan dengan baik sesuai dengan apa yang diinginkan dan mempunyai tingkat akurasi yang memuaskan.

Tahap terakhir adalah menyimpulkan hasil penelitian termasuk rangkuman dari hasil akhir penelitian dan pengujian sistem. Ini mencakup evaluasi akurasi sistem klasifikasi yang dikembangkan dan hasil evaluasi metode yang digunakan.

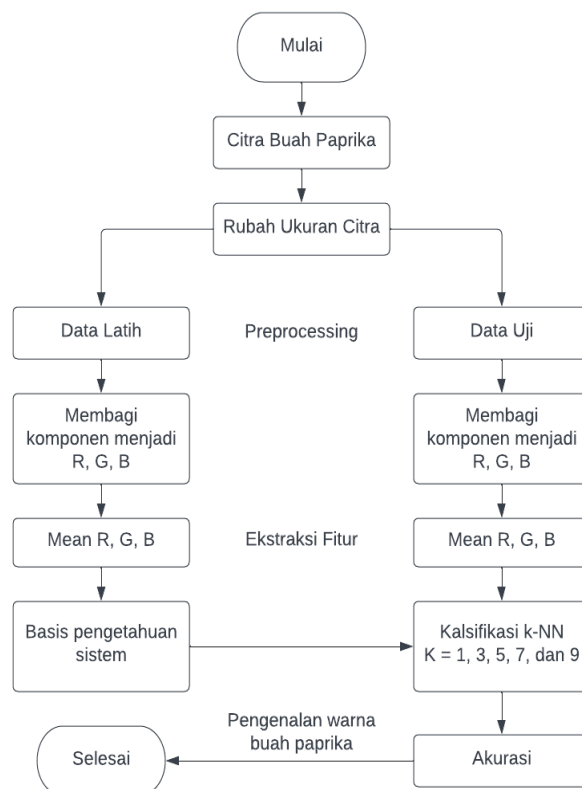
B. Tahapan Pembuatan Sistem

Sistem yang dibuat pada penelitian ini menggunakan MATLAB karena MATLAB merupakan suatu sistem interaktif yang memanipulasi data dalam bentuk *array*, sehingga pengguna tidak perlu khawatir dengan masalah dimensi data [13].

Dalam merancang sistem menggunakan MATLAB, terdapat tiga tahapan utama, yaitu tahap pelatihan, pengujian, dan desain antarmuka grafis (GUI). Pada tahap pelatihan, langkah-langkah yang dilakukan meliputi membaca data latih citra, melakukan segmentasi citra menggunakan metode *thresholding*, melakukan operasi morfologi dan *filling holes* untuk menyempurnakan hasil segmentasi, serta mengekstraksi fitur warna (RGB).

Hasil ekstraksi fitur kemudian dikonversi menjadi beberapa kelas. Pada tahap pengujian, langkah-langkahnya mencakup membaca data uji citra, melakukan segmentasi citra menggunakan metode *thresholding*, melakukan operasi morfologi dan *filling holes* untuk menyempurnakan hasil segmentasi, serta mengekstraksi fitur warna (RGB).

Hasil ekstraksi fitur juga dikonversi menjadi beberapa kelas, diikuti dengan menyesuaikan klasifikasi sesuai dengan tetangga terdekat dan memvisualisasikan tampilan data pada setiap kelas. Selanjutnya, pada tahap desain GUI, sebuah antarmuka grafis pengguna (GUI) dibuat dengan desain yang sesuai dengan gambar yang diberikan.



Gambar. 1. Tahapan Pembuatan Sistem

Gambar 1 menggambarkan rangkaian tahapan pembuatan sistem untuk mengklasifikasikan buah paprika berdasarkan tingkat kematangannya. Tahap pertama adalah memasukkan citra buah paprika ke dalam program yang sudah dibuat dengan ukuran yang telah ditentukan. Tahap selanjutnya melibatkan pra-pemrosesan data latih dan data uji, di mana citra diubah menjadi citra skala abu-abu dan dikonversi menjadi citra hitam putih atau biner. Kemudian, melakukan pemisahan objek dengan latar belakang menggunakan segmentasi *thresholding*.

Setelah berhasil memisahkan objek dengan latar belakang, langkah berikutnya adalah menghitung fitur ekstraksi *Red, Green, Blue* (RGB) dan luas objek yang telah disegmentasi. Hasil ekstraksi fitur ini kemudian digunakan untuk melakukan klasifikasi menggunakan metode *K-Nearest Neighbor* (KNN), dengan menyesuaikannya terhadap data latih yang ada. Dengan menggunakan metode KNN proses ini menghasilkan klasifikasi dengan menyesuaikan dengan tingkat kematangan dari buah paprika.

Metode *K-Nearest Neighbor* (KNN) adalah salah satu metode kecerdasan buatan yang biasanya digunakan untuk mengklasifikasikan suatu objek sesuai dengan data pembelajaran yang mempunyai jarak paling dekat dengan objek. Untuk menghitung jarak dalam metode menggunakan rumus *Euclidean Distance* [14]. Metode ini bisa terbilang sederhana namun memberikan hasil klasifikasi yang akurat. Rumus *Euclidean Distance* digunakan untuk mengukur jarak antara objek yang akan diklasifikasikan dengan objek pada data latih:

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

Keterangan:

d: jarak kedekatan

x: data *training*

y: data *testing*





n: jumlah atribut antara 1 s.d n

i: atribut individu antara 1 s.d n

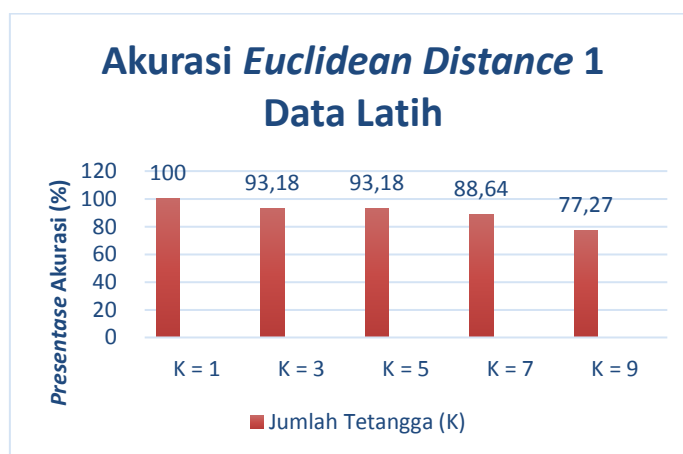
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, dilakukan pengembangan sistem terhadap buah paprika untuk melakukan klasifikasi berdasarkan tingkat kematangannya. Algoritma yang digunakan adalah *K-Nearest Neighbor*. Untuk mempermudah penelitian ini, digunakan perangkat lunak MATLAB versi R2016a untuk membuat dan mendesain sistem klasifikasi kematangan buah paprika. Ada beberapa tingkatan kematangan yang diteliti yaitu mencakup paprika yang belum matang, setengah matang, hampir matang, dan matang. Berikut ini adalah contoh tingkat kematangan paprika yang digunakan dalam penelitian ini:

TABEL I
 KELAS BUAH PAPIKA

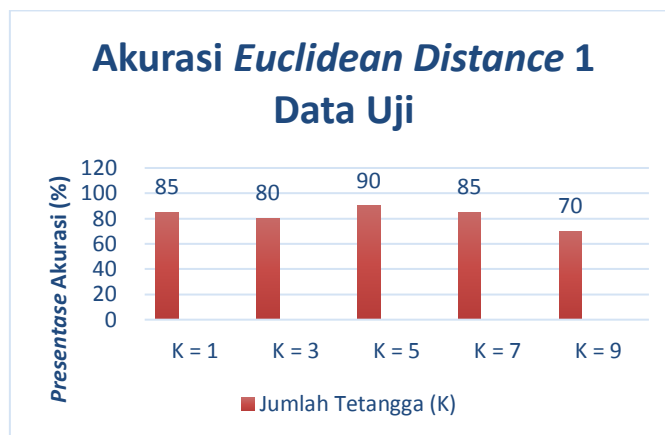
No.	Kelas	Definisi ^a	Gambar
1.	Mentah	Citra buah paprika mentah	
2.	Setengah Matang	Citra buah paprika setengah matang	
3.	Hampir Matang	Citra buah paprika hampir matang	
4.	Matang	Citra buah paprika matang	

Selanjutnya, dilakukan serangkaian pengujian yang terdiri dari 5 percobaan dengan menggunakan nilai $k = 1$, lalu $k = 3$, kemudian $k = 5$, selanjutnya $k = 7$, dan yang terakhir $k = 9$. Pengujian ini dilakukan berdasarkan data latih yang telah disiapkan. Berikut ini adalah hasil dari pengujian yang dilakukan:



Gambar 2. Perhitungan Akurasi Data Latih Menggunakan *Euclidean Distance*

Berdasarkan Gambar 2, dapat dilihat tingkat akurasi paling tinggi ketika pengujian menggunakan $k = 1$, dengan tingkat akurasi mencapai 100%. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Shinta Aprilisa dan Sukemi yang berjudul *Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Tomat Berdasarkan Fitur Warna Menggunakan K-Nearest Neighbor* menghasilkan nilai akurasi tertinggi pengujian data latih menggunakan $k = 1$ dengan nilai akurasi 100% sistem layak digunakan [15]. Sehingga, dalam penelitian ini menunjukkan bahwa sistem layak digunakan untuk pengujian selanjutnya menggunakan data uji. Selanjutnya, Gambar 3 menunjukkan hasil akurasi dari pengujian menggunakan data uji:



Gambar. 3. Hasil Akurasi pada Euclidean Distance






Berdasarkan Gambar 3, dapat dilihat akurasi maksimum mencapai 90% dicapai ketika menggunakan $k = 5$. Tingkat akurasi dapat dijelaskan melalui persamaan berikut ini:

$$\text{Tingkat Akurasi} = \frac{\text{Jumlah paprika dengan benar}}{\text{Jumlah total paprika}} \times 100\% \quad (2)$$














$$\text{Akurasi} = \frac{18}{20} \times 100\% = 90\%$$

Setelah melakukan beberapa kali pengujian dengan menggunakan nilai $k = 5$ dan 20 citra dari data uji, ditemukan bahwa terdapat 2 data yang menghasilkan *output* yang terdapat memiliki kelainan atau ketidaksesuaian terhadap target yang diinginkan, sedangkan sisanya sebanyak 18 data memiliki kesesuaian dengan target yang diinginkan. Oleh karena itu, tingkat keakuratan algoritma KNN adalah 90%. Informasi mengenai pengujian dengan nilai $k = 5$ disajikan dalam Tabel 2.



TABEL II
 DATA HASIL PENGUJIAN

Gambar	R	G	B	Target	Hasil
	0,9023	0,14742	0,12855	Matang	Matang
	0,73202	0,27897	0,16722	Matang	Matang
	0,8827	0,27261	0,26565	Matang	Matang
	0,34418	0,080873	0,08016	Matang	Matang
	0,23531	0,11479	0,089158	Matang	Matang

TABEL II
 DATA HASIL PENGUJIAN

Gambar	R	G	B	Target	Hasil
	0,26074	0,47378	0,048257	Mentah	Mentah
	0,47605	0,57402	0,2071	Mentah	Mentah
	0,4088	0,48664	0,15495	Mentah	Mentah
	0,1855	0,23028	0,083523	Mentah	Mentah
	0,17489	0,24431	0,11469	Mentah	Mentah
	0,82315	0,66225	0,080997	Setengah Matang	Setengah Matang
	0,98098	0,8317	0,2685	Setengah Matang	Setengah Matang
	0,88908	0,62266	0,027656	Setengah Matang	Setengah Matang
	0,31318	0,24009	0,026337	Setengah Matang	Hampir Matang
	0,33725	0,25006	0,030383	Setengah Matang	Hampir Matang
	0,83671	0,39772	0,031612	Hampir Matang	Hampir Matang
	0,9386	0,531	0,17208	Hampir Matang	Hampir Matang
	0,80599	0,54007	0,15274	Hampir Matang	Hampir Matang

TABEL I
 KELAS BUAH PAPRIKA

Gambar	R	G	B	Target	Hasil
	0,2853	0,12976	0,026964	Hampir Matang	Hampir Matang
	0,3966	0,21692	0,046829	Hampir Matang	Hampir Matang

Berdasarkan informasi yang tertera dalam tabel 2, Pengujian algoritma K-Nearest Neighbors (KNN) pada data uji 20 citra buah paprika dengan nilai $k = 5$ menghasilkan 18 citra dengan klasifikasi yang tepat dan sesuai dengan target yang diinginkan. Artinya, algoritma KNN berhasil mengenali dengan benar bahwa 18 citra tersebut termasuk dalam kelas matang, hampir matang, dan mentah yang sesuai dengan data target. Namun, terdapat 2 citra buah paprika yang menghasilkan output yang tidak tepat atau tidak sesuai dengan target yang diinginkan. Kedua data citra ini merupakan citra buah paprika yang seharusnya termasuk ke dalam kelas setengah matang namun terklasifikasi hampir matang. Hal ini bisa terjadi karena mulai dari adanya kemiripan warna antara kelas setengah matang dengan yang hampir matang, kurang banyaknya dataset yang dikumpulkan, dan juga kurangnya kualitas dataset yang digunakan.

Hasil tersebut memiliki kemiripan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Shinta Aprilisa dan Sukemi yang berjudul Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Tomat Berdasarkan Fitur Warna Menggunakan K-Nearest Neighbor yang menunjukkan citra buah tomat kelas matang memiliki kemiripan warna dengan citra buah tomat kelas busuk [15].

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan dari beberapa pengujian yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa mengklasifikasikan buah paprika berdasarkan tingkat kematangannya menggunakan metode *K-Nearest Neighbor* berdasarkan fitur warna dengan menggunakan 20 citra dari data uji, ditemukan akurasi terbesar yaitu mencapai 90% pada saat penggunaan nilai k sebesar 5.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Prihmantoro and Y. H. Indriani, *Paprika : hidroponik dan non hidroponik*. Jakarta: Penebar Swadaya, 1995.
- [2] A. Anugrahandy, B. D. Argo, and B. Susilo, "Perancangan Alat Sortasi Otomatis Buah Apel Manalagi (*Malus sylvestris* Mill) Menggunakan Mikrokontroler AVR ATmega 16 Design of Automated Sorting Device of Manalagi Apple using AVR ATmega 16 Microcontroller," *J. Ketnikan Pertan. dan Biosist.*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2013.
- [3] E. Fernando Ade Pratama, K. Khairil, and J. Jumadi, "Implementasi Metode K-Means Clustering Pada Segmentasi Citra Digital," *J. Media Infotama*, vol. 18, no. 2, pp. 291–301, 2022.
- [4] A. Wijayono and V. G. V. Putra, "PENERAPAN TEKNOLOGI PENGOLAH CITRA DIGITAL DAN KOMPUTASI PADA PENGUKURAN DAN PENGUJIAN BERBAGAI PARAMETER BENANG".
- [5] A. D. Harisna, "Image Processing," 2009. <https://ndoware.com/image-processing.html> (accessed Jul. 13, 2023).
- [6] Anonymous, "Apa Itu Image Processing," 2019. <https://www.immersa-lab.com/2018/03/apa-itu-image-processing.html> (accessed Jul. 13, 2023).
- [7] I. M. A. Swantika, B. Kanata, and I. M. B. Suksmadana, "Perancangan Sistem Untuk Mengetahui Kualitas Biji Kopi Berdasarkan Warna Dengan K-Nearest Neighbor," *J. Bakti Nusa*, vol. 1, no. 2, pp. 25–36, 2020.
- [8] Z. Zulfachmi, A. F. Syahputra, B. Indra Prasetyo, and A. Elsa Shafira, "Klasifikasi Tingkat Dehidrasi Berdasarkan Warna Urin Menggunakan Metode KNN," *J. Bangkit Indones.*, vol. 12, no. 1, pp. 43–48, 2023, doi: 10.52771/bangkitindonesia.v12i1.228.
- [9] D. Iskandar Mulyana, A. Bustomi Zuhari, and M. Betty Yel, "Klasifikasi Citra Burung Jalak Bali Dengan Menggunakan Algoritma K-Nearest Neighbor (KNN)," *J. Tek. Elektro dan Komputasi*, vol. 5, pp. 57–67, 2023.
- [10] I. E. Hasym and I. Susilawati, "KONSTELASI: Konvergensi Teknologi dan Sistem Informasi Klasifikasi Jenis Ikan Cupang Menggunakan Algoritma Principal Component Analysis (PCA) Dan K-Nearest Neighbors (KNN)," pp. 168–179.
- [11] Sandri, G. A. . Pongdatu, and J. Rusman, "Klasifikasi Penyakit Pada Tanaman Kopi Arabika Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor (Knn) Berbasis Citra," *STMIK Indones. Padang*, vol. 8, no. 2, p. 121, 2019, [Online]. Available: [ijcs.stmikindonesia.ac.id](https://www.stmikindonesia.ac.id)
- [12] M. Isnaini and M. S. Dewy, "Pemanfaatan Matlab Simulink Sebagai Media Pembelajaran Praktikum Secara Daring," *J. Teknol. Inf. Komun. Dalam Pendidik.*, vol. 8, no. 2, p. 169, 2021, doi: 10.24114/jtikp.v8i2.31386.
- [13] L. Indriyani, W. Susanto, and D. Riana, "Aplikasi Matlab Pada Pengukuran Diameter Buah Jeruk Keprok," *IJCIT (Indonesian J. Comput. Inf. Technol.)*, vol. 2, no. 1, pp. 46–52, 2017.
- [14] K. S. Ferdiana, R. E. Pawening, and R. Dijaya, "Otomatisasi klasifikasi kematangan buah mengkudu berdasarkan warna dan tekstur," *J. Ilm. Teknol. Sist. Inf.*, vol. 3, no. 1, pp. 17–23, 2017.
- [15] M. K. Neighbour and S. Aprilisa, "Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Tomat Berdasarkan Fitur Warna," *Pros. Annu. Res. Semin. 2019*, vol. 5, no. 1, pp. 978–979, 2019.