



AGROPROSS
National Conference
Proceedings of Agriculture

Prosiding
Seminar dan Bimbingan Teknis Pertanian Politeknik Negeri Jember 2024
Peningkatan Ketahanan Pangan Melalui Adaptasi Perubahan Iklim
Untuk Pertanian Berkelanjutan
13 – 14 Juni 2024

Publisher:
Agropross, National Conference Proceedings of Agriculture
E-ISSN: 2964-0172

Rancangan Perangkat Lunak Berbasis Image Processing Sebagai Grading Tingkat Kematangan Buah Pisang Cavendish (*Musa cavendishii*)

*Image Processing Based Software Design for Grading the Level of Ripeness of Cavendish Bananas (*Musa cavendishii*)*

Author(s): Riza Maula Alfarisi ^{(1)*}; Ahmad Thoriq⁽¹⁾; Drupadi Ciptaningtyas⁽¹⁾; Lukito Hasta Pratopo⁽¹⁾

⁽¹⁾ Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran
* Corresponding author: riza19002@mail.unpad.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pembuatan rancangan perangkat lunak pengolahan citra yang dapat memprediksi tingkat kematangan buah pisang cavendish secara non-destruktif dan objektif. Pisang cavendish adalah salah satu jenis pisang yang memiliki nilai komersial tinggi di pasar internasional. Saat ini, proses penentuan tingkat kematangan buah pisang masih dilakukan secara manual dan bersifat subjektif, serta melibatkan aktivitas destruktif yang dapat mempengaruhi kualitas buah. Dalam penelitian ini, digunakan metode pengolahan citra berbasis transformasi ruang warna HSV dengan metode Euclidean Distance untuk mendeteksi tingkat kematangan buah pisang cavendish. Perangkat lunak yang dikembangkan dapat mengklasifikasikan tingkat kematangan buah pisang cavendish pada skala 1 hingga 7 dengan akurasi sebesar 80,95% berdasarkan data citra uji sebanyak 21 sampel buah. Dengan pengembangan perangkat lunak ini, diharapkan dapat meminimalkan waktu dan aktivitas destruktif dalam proses penentuan tingkat kematangan buah pisang cavendish, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dalam proses sortasi dan menjaga kualitas buah untuk pasar nasional maupun internasional

Kata Kunci:

Pengolahan citra;
perangkat lunak pisang;
cavendish;
tingkat kematangan;

Keywords:

Cavendish banana;
Image processing;
Ripeness level;
Software

ABSTRACT

This research aims to make a design for image processing software that can predict the ripeness level of cavendish banana fruit non-destructively and objectively. Cavendish banana is one type of banana that has high commercial value in the international market. Currently, the process of determining the ripeness level of banana fruit is still done manually and is subjective, and involves destructive activities that can affect the quality of the fruit. In this research, an image processing method based on HSV color space transformation with Euclidean Distance method is used to detect the maturity level of cavendish banana fruit. The software developed can classify the ripeness level of cavendish banana fruit on a scale of 1 to 7 with an accuracy of 80.95% based on test image data of 21 fruit samples. With the development of this software, it is expected to minimize time and destructive activities in the process of maturity determination of cavendish banana fruit, thereby increasing efficiency in the sorting process and maintaining fruit quality for national and international markets.



PENDAHULUAN

Pisang adalah buah yang telah lama dikenal dan digemari oleh berbagai kalangan masyarakat di Indonesia. Berbagai jenis pisang yang ditanam memiliki karakteristik dan penggunaan yang berbeda (Megawati & Lutfiyatul, 2016). Produksi pisang di Indonesia merupakan komoditas hortikultura terbesar dengan total produksi 8,74 juta ton pada tahun 2021, dengan Provinsi Jawa Timur sebagai daerah penghasil pisang terbesar, menghasilkan 2,05 juta ton per tahun. Buah pisang di Indonesia tidak hanya memenuhi kebutuhan domestik, tetapi juga diekspor ke pasar internasional. Pasar ekspor utama pisang Indonesia meliputi Jepang, Timur Tengah, Malaysia, Korea, Belanda, Tiongkok, dan Australia, dengan nilai ekspor terbesar ke Jepang sebesar US\$ 1,348 juta pada tahun 2020 (Badan Pusat Statistik, 2022). Tingkat konsumsi pisang di Indonesia tercatat sebanyak 2,42 juta ton pada tahun 2022 menurut Badan Pusat Statistik Indonesia (BPS). Konsumsi pisang global juga tinggi, mencapai 18,956 juta ton pada tahun 2022 (FAO, 2022). Salah satu jenis pisang yang populer adalah pisang cavendish (*Musa cavendishii*). Pisang cavendish memiliki nilai komersial yang tinggi di dunia selain jenis pisang baby banana dan monkey banana (Agus et al., 2019). Jenis pisang ini termasuk buah klimaterik yang memiliki umur simpan pendek (Westri, 2018). Pisang cavendish kaya akan nutrisi, merupakan sumber karbohidrat, vitamin B, vitamin C, dan mineral lainnya. Kandungan karbohidrat terbesar pada pisang adalah pati yang akan diubah menjadi sukrosa, glukosa, dan fruktosa saat matang. Pisang cavendish juga memiliki keunggulan pada kandungan serat pangan yang tinggi, yaitu sebesar 2,26% dari 100 gram buah (Mustakin, 2021).

Sebagai buah klimaterik, pisang tetap mengalami proses pematangan

setelah dipanen, ditandai dengan peningkatan aktivitas respirasi dan metabolisme. Selama proses pascapanen, komposisi kimia pisang berubah akibat aktivitas metabolik, yaitu reaksi enzimatik dan respirasi. Peningkatan laju respirasi pada buah klimaterik berdampak pada perubahan tekstur daging buah dan warna kulit, serta pembentukan rasa dan aroma dari pati menjadi gula. Aktivitas fisiologis dan kimiawi pada buah pisang mempengaruhi perubahan karakteristik selama proses pematangan (Maulia et al., 2014).

Penanganan pascapanen berperan penting dalam memastikan kualitas buah pisang yang tinggi untuk pasar nasional dan internasional agar harga jual tetap kompetitif. Pemerintah melalui Badan Standarisasi Nasional telah menetapkan standar untuk buah pisang dalam SNI 7422:2009. Klasifikasi kematangan buah pisang dalam standar ini melihat warna dan bentuk buah. Proses penilaian kematangan pisang cavendish biasanya dilakukan secara manual dengan mengamati ciri fisik buah seperti ukuran, bentuk, dan warna kulit, berdasarkan pengalaman sehari-hari sehingga bersifat subjektif dan tidak konsisten. Hal ini dapat menyebabkan ketidakseragaman hasil pengamatan antar penilai. Keterbatasan indera manusia menjadi faktor dalam pengamatan tingkat kematangan. Analisis kimiawi seperti total padatan terlarut juga diperlukan untuk memastikan tingkat kematangan, namun membutuhkan penghancuran buah. Oleh karena itu, diperlukan metode non-destruktif, akurat, dan objektif untuk menentukan tingkat kematangan.

Salah satu metode yang dapat digunakan adalah teknologi pengolahan citra atau image processing. Pengolahan citra adalah metode untuk mengolah gambar suatu objek dengan beberapa tahapan manipulasi untuk menghasilkan data citra yang diperlukan dalam

memperoleh informasi tertentu (Indarto & Murinto, 2017). Pengolahan citra dapat menghasilkan output parameter data seperti indeks warna RGB, HSI, dan luas area spesifik bagian citra yang dapat digunakan untuk memprediksi tingkat kematangan atau kualitas buah. Penggunaan metode pengolahan citra pada penelitian kualitas internal buah tomat terbukti menghasilkan data yang setara dengan alat ukur colorimeter (Li et al., 2018). Pengembangan perangkat lunak diharapkan memudahkan proses sortasi sehingga lebih efektif dan menghemat biaya tanpa melibatkan penghancuran buah.

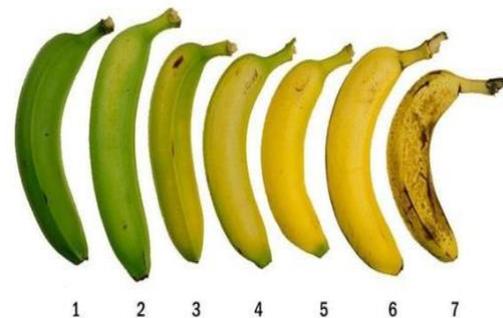
Tujuan penelitian ini adalah mengembangkan perangkat lunak pengolahan citra untuk memprediksi tingkat kematangan buah pisang. Proses prediksi karakteristik kematangan buah pisang cavendish dilakukan berdasarkan tampilan visual menggunakan sistem pengolahan citra yang telah dibuat.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Teknik Biosistem (SMMP), Fakultas Teknologi Industri Pertanian (FTIP), Universitas Padjadjaran pada bulan November 2023 hingga Maret 2024. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah kamera CCD merek CASIO EX-Z120 untuk pengambilan citra, laptop Lenovo Ideapad Slim 3 15ALC6 sebagai alat bantu dalam pengolahan data penelitian dan pembuatan perangkat lunak (*software*), *Ministudio Photobox* merek Puluz 60 cm sebagai alat penunjang pengambilan citra.

Dalam penelitian ini, sampel yang digunakan adalah 21 buah pisang cavendish. Sampel tersebut dibagi menjadi 7 kelompok, masing-masing terdiri dari 3 buah, berdasarkan tingkat

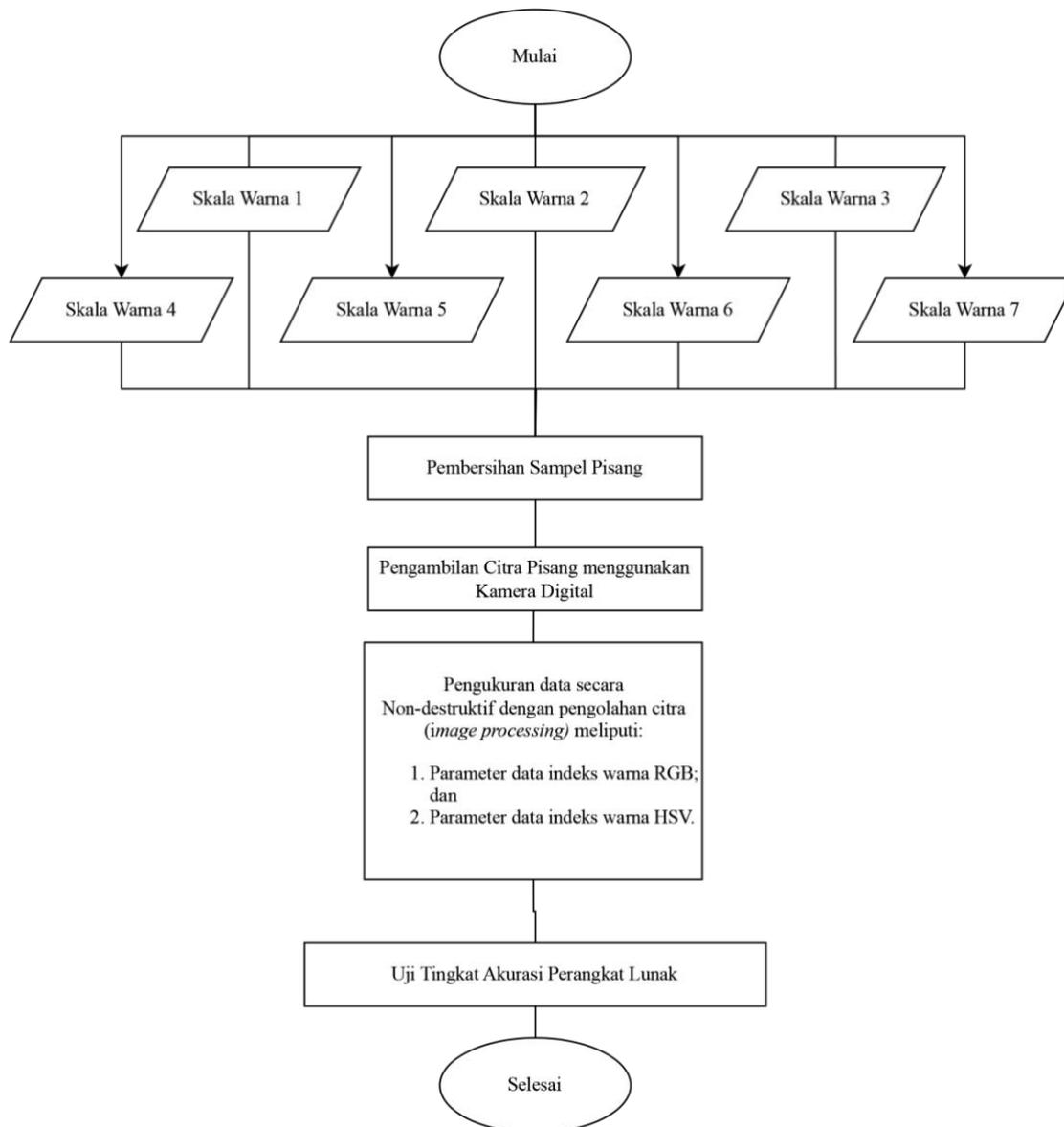
kematangan yang mengacu pada skala warna. Skala warna yang digunakan berkisar dari 1 hingga 7. Pisang dibersihkan terlebih dahulu sebelum pengambilan citra. Sebelum citra diambil, kulit pisang harus mencapai skala warna yang sesuai dengan tujuh kelompok yang telah ditentukan. Oleh karena itu, pisang ditempatkan pada suhu ruang sekitar 27°C selama beberapa hari hingga mencapai skala warna yang sesuai. Penentuan skala warna mengacu pada *ripeness chart* kematangan pisang yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Ripeness Chart* Pisang Cavendish (Sumber: Mutmainnah, 2022)

Perangkat lunak yang digunakan dalam pelaksanaan dan pengembangan sistem deteksi tingkat kematangan pada penelitian ini meliputi sistem operasi Windows 10 Pro 64-bit, Anaconda Navigator 2.5.2, IBM SPSS Statistics 25, dan Spyder IDE yang dilengkapi dengan IPython 8.12.0.

Tahapan penelitian dimulai dengan persiapan sampel, pengelompokan sampel berdasarkan skala warna, pembersihan sampel, pengambilan citra, pengolahan citra, pengukuran nondestruktif melalui pengolahan data citra. Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.

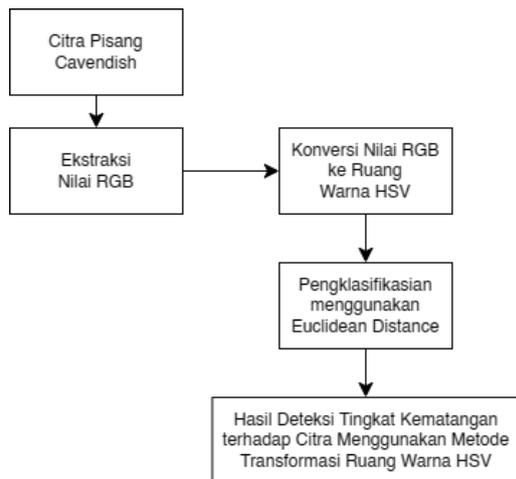


Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Implementasi deteksi tingkat kematangan buah pisang cavendish menggunakan transformasi ruang warna HSV melalui Spyder IPython 8.12.0 memiliki beberapa tahapan utama, yaitu: proses input citra buah pisang cavendish, ekstraksi citra menggunakan ruang warna HSV, deteksi atau klasifikasi skala tingkat kematangan melalui perhitungan Euclidean distance, dan hasil deteksi citra menggunakan ruang warna HSV.

Diagram perencanaan sistem deteksi tingkat kematangan pisang cavendish dapat dilihat pada Gambar 3.

Data yang diperoleh dari penelitian ini mencakup hasil pengolahan citra (pengukuran nondestruktif) berupa indeks warna RGB dan HSV dari buah pisang cavendish. Data dari pengolahan citra khususnya nilai HSV nantinya akan dilakukan perhitungan menggunakan *euclidean distance* untuk menentukan tingkat kematangan buah pisang.



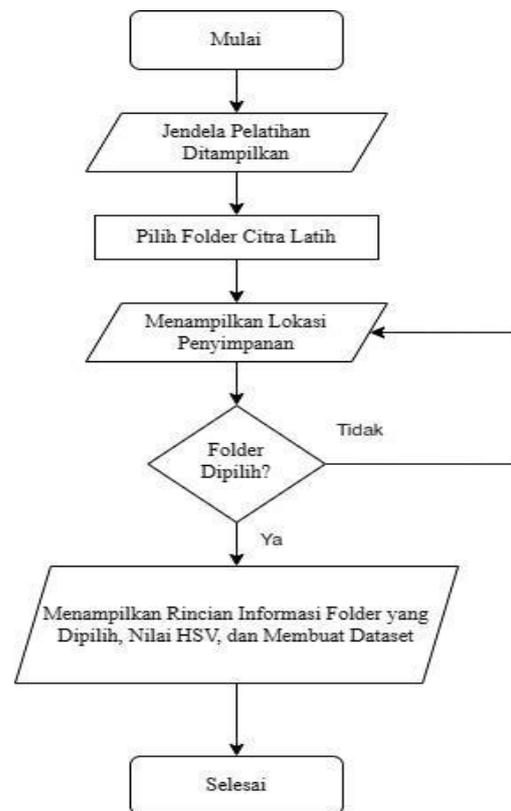
Gambar 3. Diagram Perencanaan Sistem Perangkat Lunak

Perhitungan *euclidean distance* menggunakan data HSV (transformasi ruang warna HSV) merupakan proses yang perlu dilewati oleh aplikasi dalam menentukan tingkat kematangan buah pisang cavendish, berikut adalah rumus dari *euclidean distance* yang ditunjukkan pada persamaan 1:

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

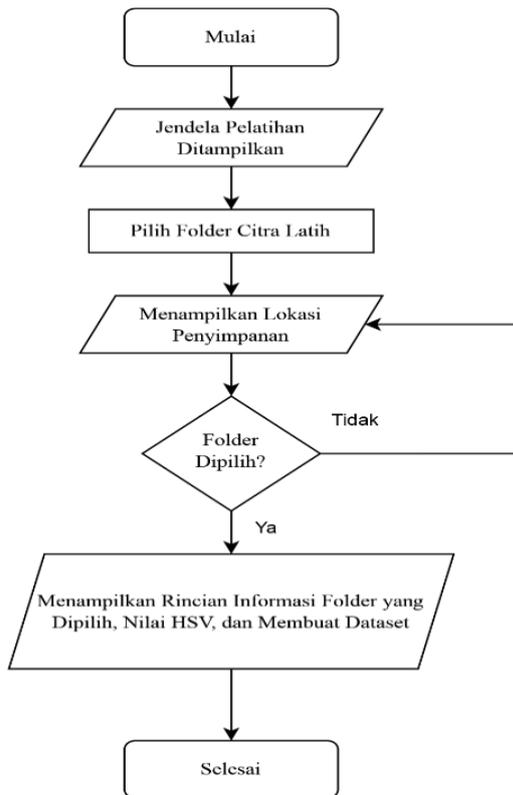
Perhitungan *Euclidean Distance* mendeskripsikan tingkat kesamaan antara dua atau lebih melalui perolehan nilai jarak diantara dua objek, dimana jika jarak semakin dekat maka menunjukkan objek dengan kelompok yang sama (Syahriansya et al., 2023).

Terdapat beberapa *flowchart* yang dibuat untuk memudahkan pembuatan dalam merancang perangkat lunak. *Flowchart* jendela utama merupakan gambaran alur proses saat pengguna mengakses jendela utama (*home*). Berikut adalah rancangan dari *flowchart* jendela utama yang ditunjukkan pada Gambar 4.



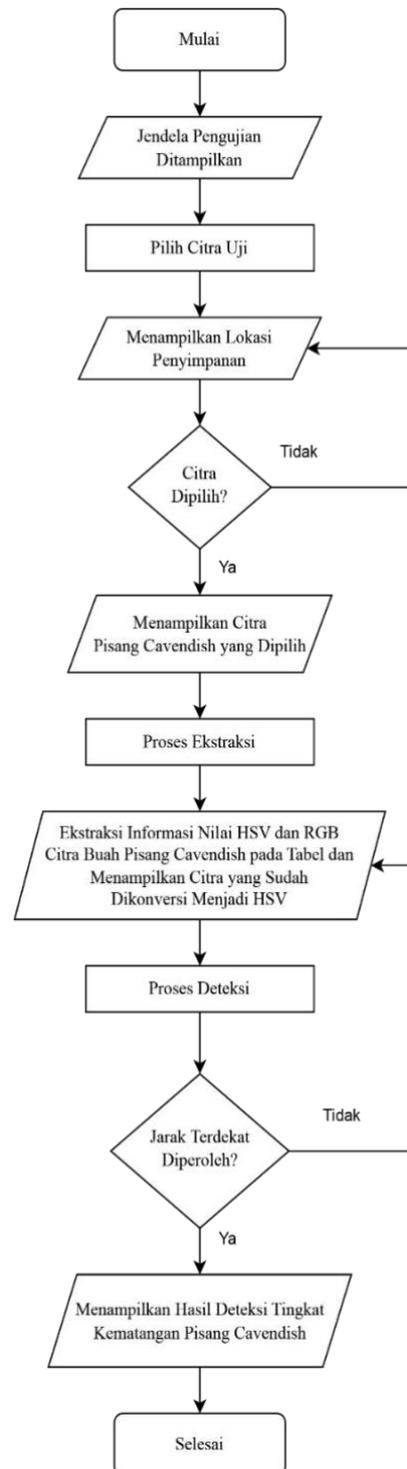
Gambar 4. *Flowchart* Jendela Utama

Flowchart jendela pelatihan merupakan gambaran alur proses saat pengguna melakukan pelatihan pada citra latih buah pisang cavendish yang akan dijadikan dalam bentuk dataset. Berikut adalah rancangan *flowchart* dari jendela pelatihan yang ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Flowchart Jendela Pelatihan

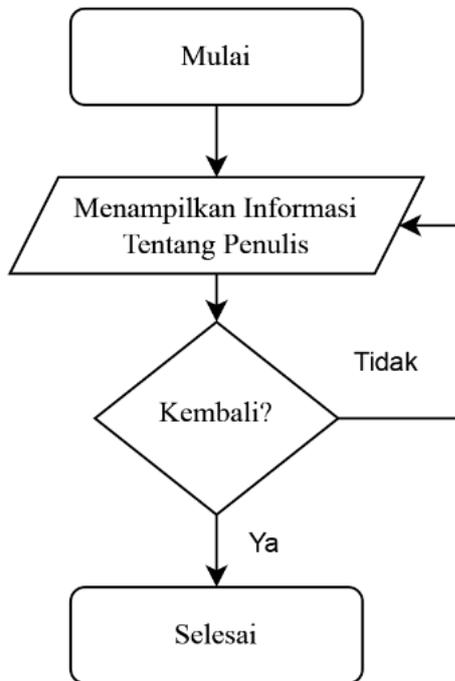
Flowchart jendela pengujian merupakan gambaran alur proses saat pengguna melakukan pengujian untuk deteksi tingkat kematangan pada citra uji buah pisang cavendish dengan metode transformasi ruang warna dan perhitungan *euclidean distance* terhadap citra latih yang ada di dataset. Berikut adalah rancangan flowchart dari jendela pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Flowchart Jendela Pengujian

Flowchart jendela tentang penulis merupakan gambaran alur proses saat pengguna mengakses informasi tentang penulis. Berikut

adalah rancangan *flowchart* dari jendela tentang penulis yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. *Flowchart* Tentang Penulis

Modul python yang digunakan dalam pembuatan aplikasi adalah sebagai berikut:

- a. Modul OS: modul OS di python menyediakan fungsi untuk membuat dan menghapus direktori (folder), mengambil isinya, mengubah, dan mengidentifikasi direktori saat ini (Fadjar, 2013). Dalam penelitian ini, penulis melakukan penerapan modul OS dalam banyak bagian, salah satunya untuk melakukan *management* pada file citra;
- b. Modul tkinter: modul tkinter di python menyediakan banyak fitur yang mendukung dalam pengembangan *Graphical User Interface* (GUI). Modul ini merupakan pustaka *default* Python yang dikembangkan dari *toolkit Tk* atau *Tool Command Language* (TCL) (Hamzan, 2021). Dalam penelitian ini, penulis

menerapkan penggunaan modul tkinter di banyak bagian, terutama pada bagian menu utama, menu pelatihan, menu pengujian, dan menu tentang penulis.

- c. Modul cv2: modul cv2 atau OpenCV merupakan pustaka untuk pengolahan citra yang bersifat *open source*, OpenCV berfokus pada pengembangan *computer vision*. *Computer vision* merupakan analisis citra dan video secara otomatis dengan komputer untuk mendapatkan pemahaman keadaan lingkungan sekitar (Howe, 2014). Dalam penelitian ini, penulis banyak menggunakan fungsi-fungsi yang disediakan OpenCV karena berfokus pada proses pengolahan citra yang banyak terlibat pada seluruh alur proses sistem perangkat lunak bekerja.
- d. Modul pandas: modul pandas merupakan kependekan dari *Python Data Analysis Library*. Modul pandas merupakan salah satu modul yang penting dalam melakukan pengolahan dan melakukan analisa data menggunakan python (Widiyanto, 2021). Dalam penelitian ini penulis memanfaatkan modul pandas, salah satunya adalah fungsi *DataFrame* untuk memudahkan pengguna perangkat lunak dalam melihat data secara terstruktur, terutama dalam sebuah tabel.
- e. Modul numpy: modul numpy merupakan *library* python yang berfokus pada *scientific computing*. Numpy berperan juga dalam memudahkan penyelesaian operasi seperti Aljabar linier, terutama operasi pada vector (1-d *array*) dan matrik (2-d *array*) (Pulut & Prayitno, 2020). Dalam penelitian ini penulis memanfaatkan modul numpy karena parameter pengolahan citra seperti

RGB dan HSV melibatkan perhitungan matriks, terutama pada saat melakukan transformasi ruang warna.

- f. Modul math: modul math di python menyediakan fungsi ataupun *method* yang dapat berguna dalam penanganan

yang memerlukan hal matematis seperti trigonometri, logaritma, dll (Widiyanto, 2021). Dalam penelitian ini, penulis menggunakan modul math dalam perhitungan *euclidean distance* dan lainnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini melakukan deteksi tingkat kematangan citra buah pisang cavendish dengan menggunakan 7 skala, mulai dari skala 1 – 7. Dataset yang digunakan terdiri dari 70% data latih dan 30% data uji. Sehingga jumlah data latih sebanyak 49 citra dan jumlah data uji sebanyak 21 citra. Penerapan algoritma *Euclidean Distance* untuk melakukan deteksi tingkat kematangan berdasarkan fitur warna HSV pada citra buah pisang cavendish ini didukung berdasarkan hasil penelitian Nuraini (2022) yang menyebutkan bahwa tahap identifikasi dengan menggunakan *euclidean distance* bermanfaat dalam hal mendapatkan kemiripan objek melalui perhitungan nilai jarak dari *euclidean*.

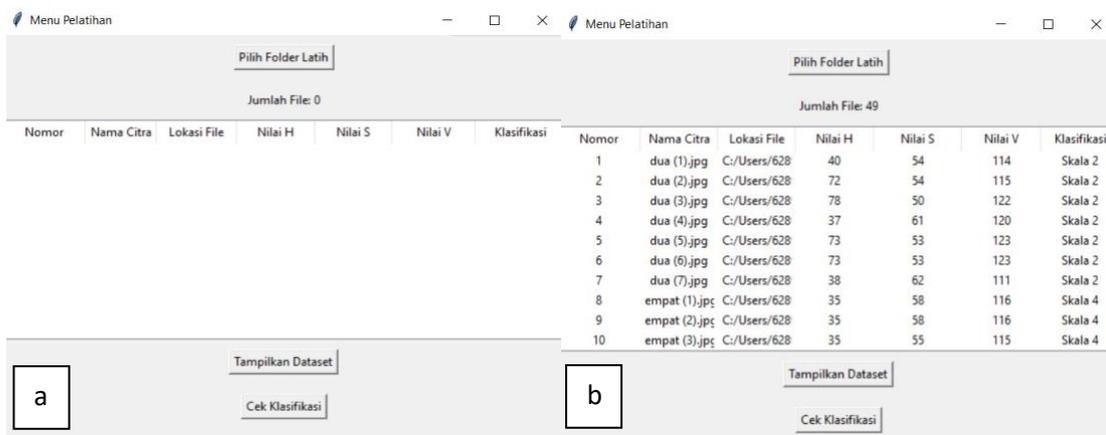
Algoritma yang digunakan melakukan perhitungan nilai tingkat kesamaan antara dua atau lebih objek berdasarkan perhitungan nilai jarak dari *euclidean*, untuk menentukan apakah objek tersebut masuk dalam kelas yang mana berdasarkan nilai yang didapatkan. Sistem deteksi tingkat kematangan diimplementasikan dalam perangkat lunak menggunakan bahasa pemrograman python, dimana akan diterapkan transformasi ruang warna HSV dan tahap deteksi menggunakan algoritma *Euclidean Distance* berdasarkan ekstraksi fitur warna HSV. Berikut adalah rincian terkait data citra latih dan data citra uji buah pisang cavendish pada penelitian ini yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. (a) Citra Latih Pisang Cavendish dan (b) Citra Uji Pisang Cavendish

Langkah awal dalam identifikasi citra buah pisang cavendish yaitu melakukan pembuatan dataset dari 49 citra buah pisang cavendish yang terdiri dari 7 kelompok dengan masing-masing 3 citra tiap skala. Pembuatan dataset

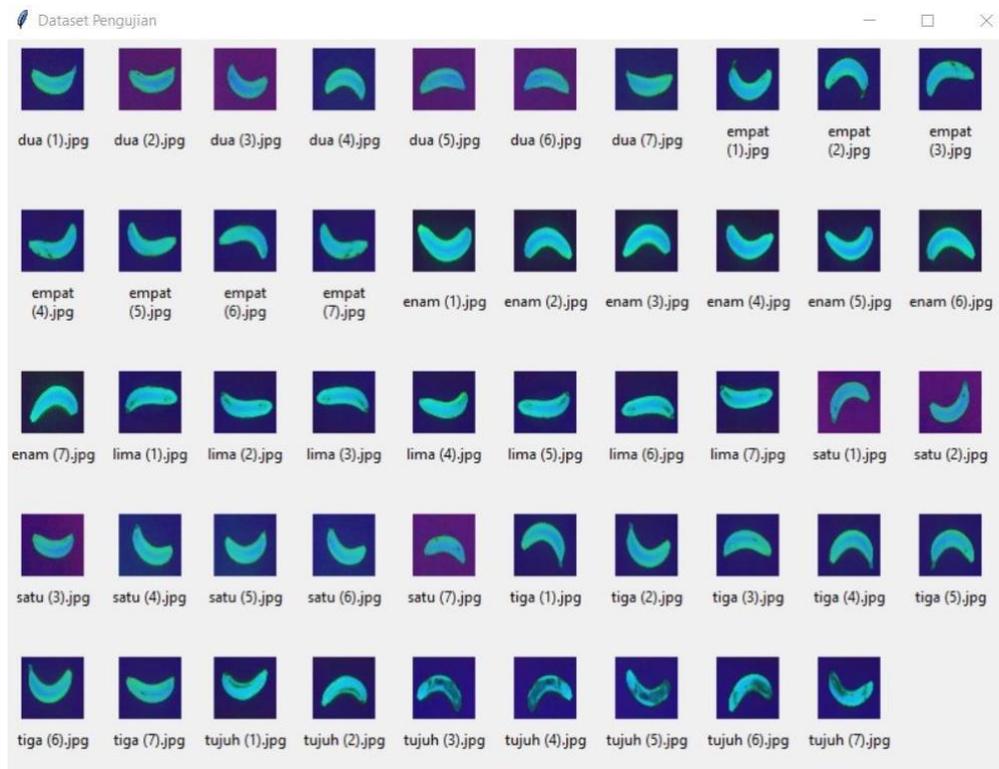
merupakan tahap pelatihan dalam perangkat lunak untuk melakukan klasifikasi oleh sistem yang telah dibuat. Tampilan jendela pelatihan ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. (a) Tampilan Jendela Pengujian dan (b) Citra Latih Diunggah

Citra latih kemudian akan dilakukan konversi citra RGB menjadi citra HSV. Ini dilakukan sebagai bentuk representasi warna secara digital lalu untuk melakukan ekstraksi informasi

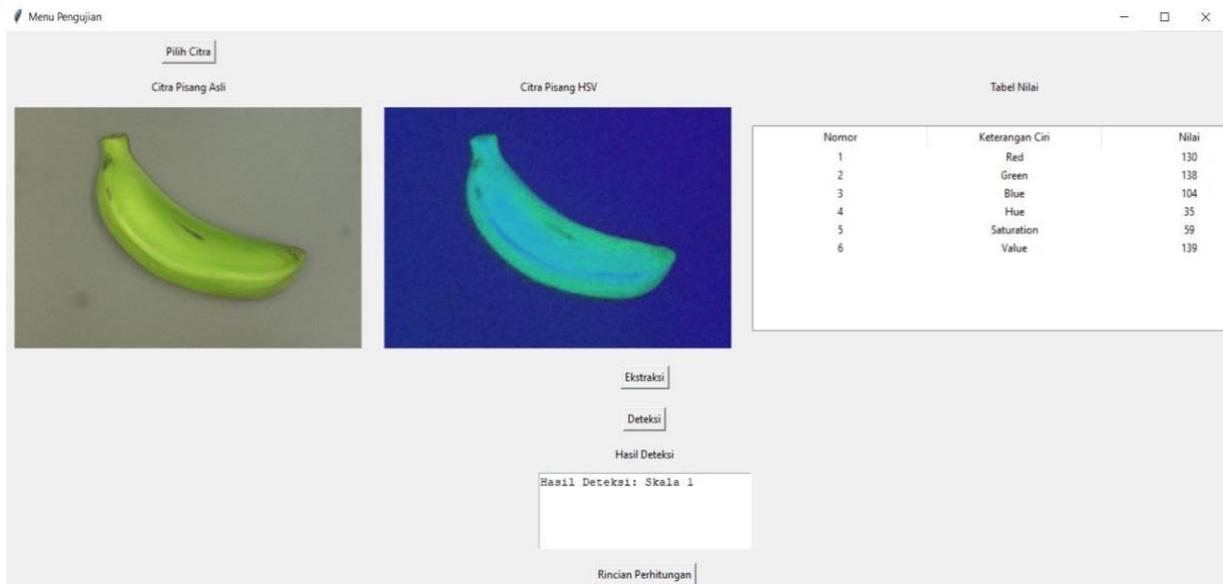
nilai HSV dari tiap citra latih yang akan dijadikan dataset. Pada tahap ini, hasil transformasi citra RGB menjadi HSV menggunakan *library* python openCV ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Citra Latih dalam Format HSV

Pada Gambar 10, terlihat hasil transformasi ruang warna citra dari RGB ke dalam citra HSV terhadap 49 sampel citra latih buah pisang cavendish. Setelah informasi nilai HSV citra latih diperoleh

seperti yang terlihat pada Gambar 4, tahapan selanjutnya adalah melakukan pengujian terhadap 21 sampel buah pisang cavendish sebagai citra uji. Proses pengujian ditunjukkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Pengujian Sampel Buah Pisang Cavendish

Pada Gambar 11, terlihat bahwa proses pengujian dilakukan dengan memilih citra uji yang akan dideteksi tingkat kematangannya. Sistem perangkat lunak akan melakukan konversi ruang warna citra uji ke dari RGB ke dalam format ruang warna HSV, lalu melakukan ekstraksi nilai RGB dan juga perolehan nilai HSV yang nantinya akan dijadikan sebagai perhitungan dalam *Euclidean Distance* sebagai metode deteksi tingkat kematangan. Pendekatan ini melakukan pencocokkan citra dengan data-data yang telah diperoleh pada pola pelatihan yang dilakukan sebelumnya dengan memperhitungkan

tingkat kemiripan. Perhitungan jarak melibatkan dataset (citra latihan) yang sudah dibuat pada menu pelatihan dan citra uji yang dipilih pada menu pengujian. Sebagai contoh, pada Gambar 7, citra yang dilakukan pengujian merupakan pisang cavendish dengan skala 1, sistem berhasil mendeteksi bahwa pisang tersebut adalah pisang cavendish dengan tingkat kematangan skala 1. Untuk rincian perhitungan yang diperoleh antara citra uji dengan citra latihan lainnya ditunjukkan pada Gambar 12.

Nama File	Nilai Jarak	Klasifikasi
lima (7).jpg	28.0178514522438	Skala 5
satu (1).jpg	42.67317658670374	Skala 1
satu (2).jpg	42.67317658670374	Skala 1
satu (3).jpg	38.84584919911006	Skala 1
satu (4).jpg	16.64331697709324	Skala 1
satu (5).jpg	16.1245154965971	Skala 1
satu (6).jpg	9.273618495495704	Skala 1
satu (7).jpg	44.46346815083142	Skala 1
tiga (1).jpg	23.08679276123039	Skala 3
tiga (2).jpg	23.08679276123039	Skala 3

Gambar 12. Nilai Jarak Antara Citra Uji dengan Citra Latih

Tahapan selanjutnya adalah melakukan pengujian sistem dari perangkat lunak, hal ini dilakukan agar tingkat akurasi dari sistem dapat dikembangkan. Pengujian yang dilakukan adalah dengan melakukan uji akurasi dengan membandingkan hasil deteksi tingkat kematangan yang

dilakukan oleh sistem dengan fakta yang ada. Berikut adalah hasil pengujian yang dilakukan terhadap 21 sampel buah pisang cavendish sebagai citra uji dengan menggunakan 49 sampel buah pisang sebagai dataset atau citra latih, hasil keseluruhan pengujian ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Citra Uji Buah Pisang Cavendish

No	Nama Citra	Tingkat Kematangan	Hasil Deteksi	Keterangan
1	satu (1).jpg	Skala 1	Skala 1	Benar
2	satu (2).jpg	Skala 1	Skala 1	Benar
3	satu (3).jpg	Skala 1	Skala 1	Benar
4	dua (1).jpg	Skala 2	Skala 2	Benar
5	dua (2).jpg	Skala 2	Skala 2	Benar
6	dua (3).jpg	Skala 2	Skala 2	Benar
7	tiga (1).jpg	Skala 3	Skala 3	Salah
8	tiga (2).jpg	Skala 3	Skala 3	Benar
9	tiga (3).jpg	Skala 3	Skala 3	Salah
10	empat (1).jpg	Skala 4	Skala 4	Benar
11	empat (2).jpg	Skala 4	Skala 4	Benar
12	empat (3).jpg	Skala 4	Skala 4	Benar
13	lima (1).jpg	Skala 5	Skala 5	Benar

14	lima (2).jpg	Skala 5	Skala 5	Benar
15	lima (3).jpg	Skala 5	Skala 5	Benar
16	enam (1).jpg	Skala 6	Skala 6	Benar
17	enam (2).jpg	Skala 6	Skala 6	Benar
18	enam (3).jpg	Skala 6	Skala 6	Benar
19	tujuh (1).jpg	Skala 7	Skala 7	Benar
20	tujuh (2).jpg	Skala 7	Skala 7	Salah
21	tujuh (3).jpg	Skala 7	Skala 7	Salah

Pada Tabel 1, terlihat bahwa terdapat 4 citra yang salah ketika dilakukan deteksi oleh sistem. Berdasarkan hasil tersebut, maka perhitungan tingkat akurasi untuk sistem perangkat lunak pengolahan citra sebagai deteksi tingkat kematangan buah pisang cavendish adalah sebagai berikut:

$$Akurasi = \frac{\text{Jumlah Data Deteksi Benar}}{\text{Jumlah Data Uji Total}} \times 100\%$$

$$Akurasi = \frac{17}{21} \times 100\% = 80,95\%$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan tingkat akurasi, diperoleh nilai akurasi dari sistem perangkat lunak yang digunakan adalah sebesar 80,95% terhadap 21 citra uji buah pisang cavendish.

Indeks warna Merah (R) berdasarkan hasil pengolahan citra dari program pengolahan citra, pisang cavendish skala warna 1 memiliki indeks warna merah dengan nilai rata-rata 125,7 dengan rentang dari 121 sampai 130. Buah pisang cavendish skala warna 2 memiliki indeks warna merah yang berkisar antara 105 sampai 111 dengan nilai rata-rata 107,3. Buah pisang cavendish skala warna 3 memiliki indeks

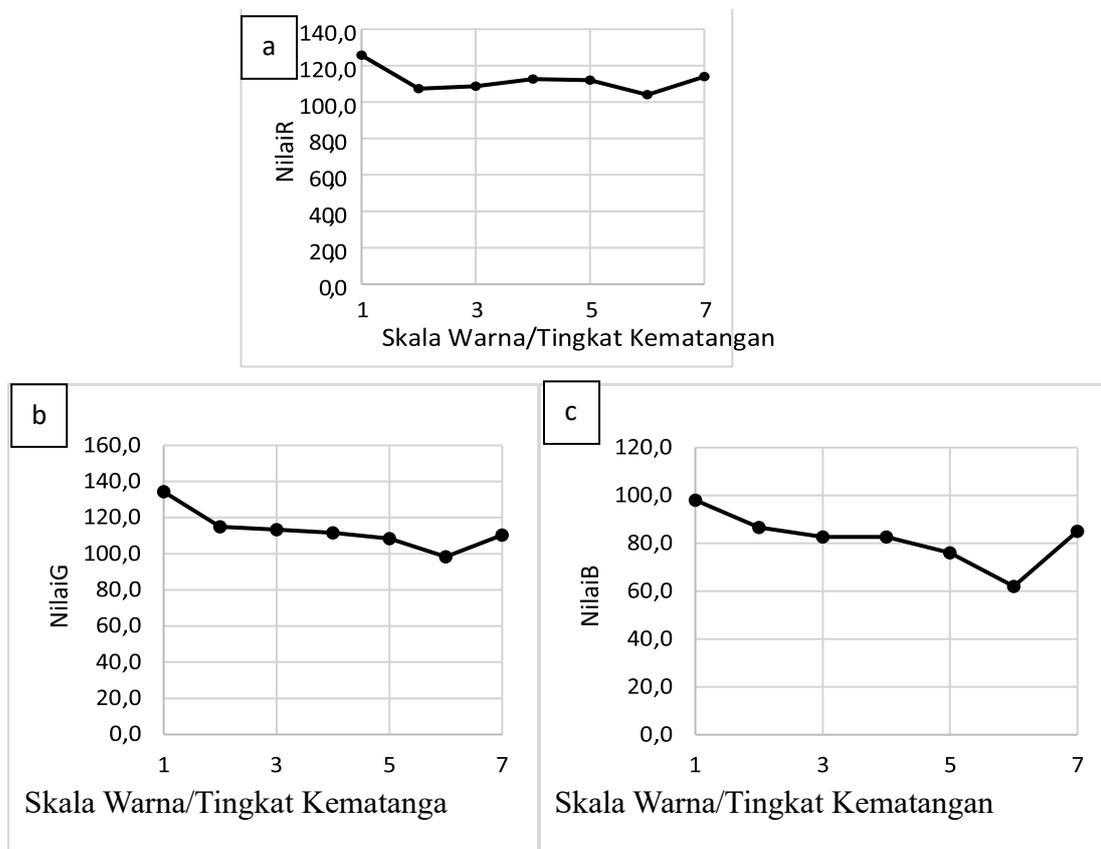
warna merah yang berkisar antara 105 sampai 112 dengan nilai rata-rata 108,7. Buah pisang cavendish skala warna 4 memiliki indeks warna merah yang berkisar antara 111 sampai 114 dengan nilai rata-rata 112,7. Buah pisang cavendish skala warna 5 memiliki indeks warna merah yang berkisar antara 109 sampai 114 dengan nilai rata-rata 112. Buah pisang cavendish skala warna 5 memiliki indeks warna merah yang berkisar antara 100 sampai 109 dengan nilai rata-rata 104. Buah pisang cavendish skala warna 7 memiliki indeks warna merah yang berkisar antara 109 sampai 121 dengan nilai rata-rata 114.

Indeks warna Hijau (G) berdasarkan hasil pengolahan citra dari program pengolahan citra, pisang cavendish skala warna 1 memiliki indeks warna hijau dengan nilai rata-rata 134,3 dengan rentang dari 130 sampai 138. Buah pisang cavendish skala warna 2 memiliki indeks warna hijau yang berkisar antara 112 sampai 119 dengan nilai rata-rata 115. Buah pisang cavendish skala warna 3 memiliki indeks warna hijau yang berkisar antara 110 sampai 116 dengan nilai rata-rata 113,3. Buah pisang cavendish skala warna 4 memiliki indeks warna hijau yang berkisar antara

110 sampai 114 dengan nilai rata-rata 111,7. Buah pisang cavendish skala warna 5 memiliki indeks warna hijau yang berkisar antara 106 sampai 110 dengan nilai rata-rata 108,3. Buah pisang cavendish skala warna 6 memiliki indeks warna hijau yang berkisar antara 96 sampai 102 dengan nilai rata-rata 98,3. Buah pisang cavendish skala warna 7 memiliki indeks warna hijau yang berkisar antara 104 sampai 119 dengan nilai rata-rata 110,3.

Indeks warna Biru (B) berdasarkan hasil pengolahan citra dari program pengolahan citra, pisang cavendish skala warna 1 memiliki indeks warna biru dengan nilai rata-rata 98 dengan rentang dari 90 sampai 104. Buah pisang cavendish skala warna 2 memiliki indeks warna biru yang berkisar antara 84

sampai 91 dengan nilai rata-rata 86,7. Buah pisang cavendish skala warna 3 memiliki indeks warna hijau yang berkisar antara 78 sampai 90 dengan nilai rata-rata 82,7. Buah pisang cavendish skala warna 4 memiliki indeks warna hijau yang berkisar antara 80 sampai 86 dengan nilai rata-rata 82,7. Buah pisang cavendish skala warna 5 memiliki indeks warna hijau yang berkisar antara 73 sampai 78 dengan nilai rata-rata 76. Buah pisang cavendish skala warna 6 memiliki indeks warna hijau yang berkisar antara 59 sampai 64 dengan nilai rata-rata 62. Buah pisang cavendish skala warna 7 memiliki indeks warna hijau yang berkisar antara 78 sampai 94 dengan nilai rata-rata 85. Grafik nilai R (*Red*), G (*Green*), dan B (*Blue*) ditunjukkan pada Gambar 13.



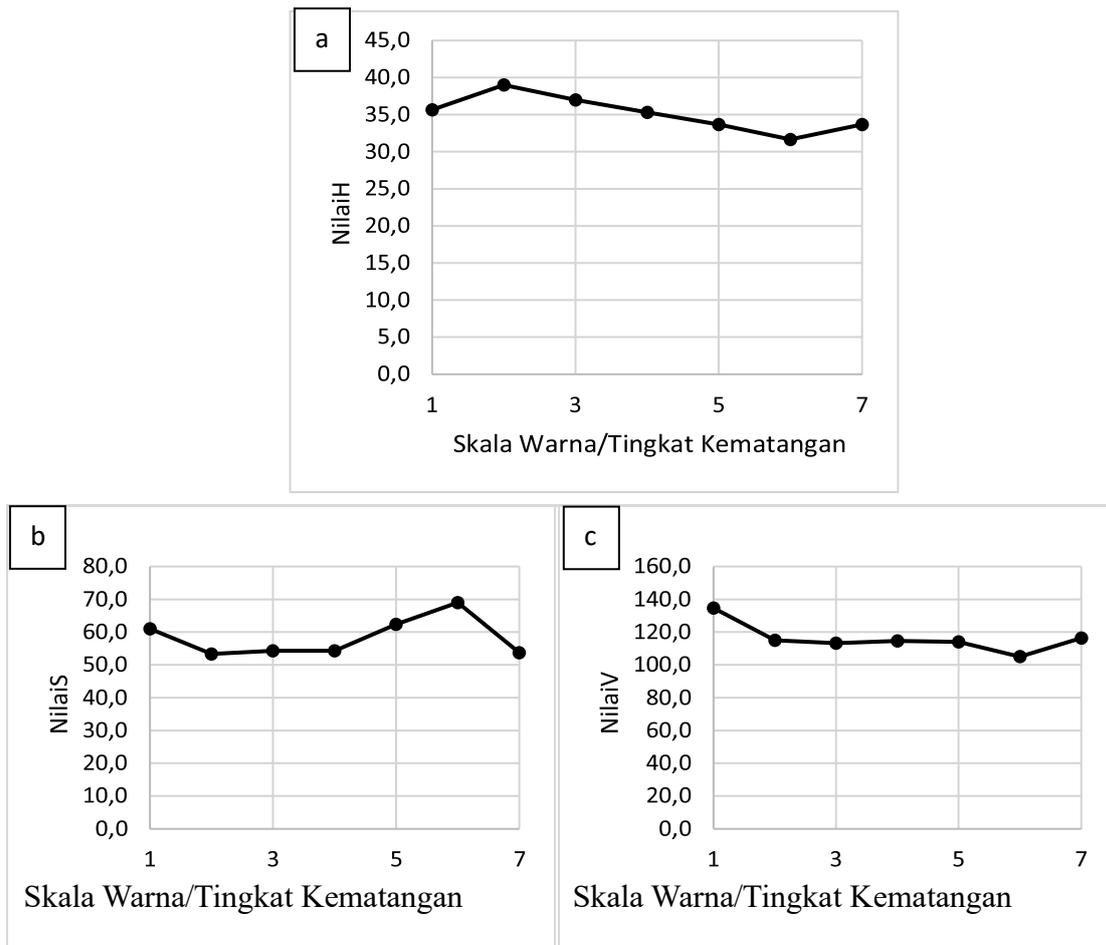
Gambar 13. (a) Grafik Nilai Red; (b) Grafik Nilai Green; dan (c) Grafik Nilai Blue

Nilai *Hue* (H) berdasarkan hasil pengolahan citra dari program pengolahan citra, pisang cavendish skala warna 1 memiliki rata-rata nilai *hue* sebesar 35,7 dengan rentang dari 35 sampai 37. Buah pisang cavendish skala warna 2 memiliki nilai *hue* yang sama, yaitu sebesar 39 dengan nilai rata-rata 39. Buah pisang cavendish skala warna 3 memiliki nilai *hue* yang sama, yaitu sebesar 37 dengan nilai rata-rata 37. Buah pisang cavendish skala warna 4 memiliki nilai *hue* yang berkisar antara 34 sampai 36 dengan nilai rata-rata 35,3. Buah pisang cavendish skala warna 5 memiliki nilai *hue* yang berkisar antara 33 sampai 34 dengan nilai rata-rata 33,7. Buah pisang cavendish skala warna 6 memiliki nilai *hue* yang berkisar antara 31 sampai 32 dengan nilai rata-rata 31,7. Buah pisang cavendish skala warna 7 memiliki nilai *hue* yang berkisar antara 33 sampai 34 dengan nilai rata-rata 33,7.

Nilai *Saturation* (S) berdasarkan hasil pengolahan citra dari program pengolahan citra, pisang cavendish skala warna 1 memiliki rata-rata nilai *saturation* sebesar 61 dengan rentang dari 56 sampai 68. Buah pisang cavendish skala warna 2 memiliki nilai *saturation* yang berkisar antara 52 sampai 55 dengan nilai rata-rata 53,3. Buah pisang cavendish skala warna 3 memiliki nilai *saturation* yang berkisar antara 44 sampai 58 dengan nilai rata-rata 54,3. Buah pisang cavendish skala warna 4 memiliki nilai *saturation* yang berkisar antara 51 sampai 56 dengan nilai rata-rata 54,3. Buah pisang cavendish skala warna 5

memiliki nilai *saturation* yang berkisar antara 60 sampai 64 dengan nilai rata-rata 62,3. Buah pisang cavendish skala warna 6 memiliki nilai *saturation* yang berkisar antara 60 sampai 74 dengan nilai rata-rata 69. Buah pisang cavendish skala warna 7 memiliki nilai *saturation* yang berkisar antara 52 sampai 57 dengan nilai rata-rata 53,7.

Nilai *Value* (V) berdasarkan hasil pengolahan citra dari program pengolahan citra, pisang cavendish skala warna 1 memiliki rata-rata nilai *value* sebesar 134,7 dengan rentang dari 130 sampai 139. Buah pisang cavendish skala warna 2 memiliki nilai *value* yang berkisar antara 112 sampai 119 dengan nilai rata-rata 115. Buah pisang cavendish skala warna 3 memiliki nilai *value* yang berkisar antara 110 sampai 116 dengan nilai rata-rata 113,3. Buah pisang cavendish skala warna 4 memiliki nilai *value* yang berkisar antara 113 sampai 116 dengan nilai rata-rata 114,7. Buah pisang cavendish skala warna 5 memiliki nilai *value* yang berkisar antara 111 sampai 116 dengan nilai rata-rata 114. Buah pisang cavendish skala warna 6 memiliki nilai *value* yang berkisar antara 101 sampai 110 dengan nilai rata-rata 105. Buah pisang cavendish skala warna 7 memiliki nilai *value* yang berkisar antara 111 sampai 124 dengan nilai rata-rata 116,3. Grafik nilai H (*Hue*), S (*Saturation*), dan V (*Value*) ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 14. (a) Grafik nilai H (*Hue*); (b) Grafik nilai S (*Saturation*); dan (c) Grafik nilai V (*Value*)

Perangkat lunak yang dibuat memiliki tingkat akurasi 80,95% yang menunjukkan bahwa perangkat lunak ini memiliki tingkat keandalan yang tinggi. Akurasi ini didukung oleh penelitian lain yang menegaskan bahwa tingkat akurasi yang diperoleh pada penelitian ini berada dalam kisaran yang sangat baik untuk aplikasi praktis, hal ini ditegaskan pada penelitian Lee et al. (2014), penggunaan analisis citra digital dapat mencapai akurasi deteksi kematangan sekitar 75 – 85% pada berbagai jenis buah, termasuk pisang. Dengan demikian, akurasi 80,95% yang diperoleh dari perangkat lunak ini sudah berada di dalam kisaran yang sangat baik dan kompetitif dengan

metode lain yang digunakan dalam penelitian sebelumnya.

KESIMPULAN

Penelitian ini melakukan implementasi algoritma *Euclidean Distance* dan juga transformasi ruang warna HSV pada deteksi tingkat kematangan buah pisang cavendish berdasarkan citra pada fitur warna kulit buah pisang cavendish. Berdasarkan hasil pengujian dari 21 sampel buah pisang cavendish, akurasi prediksi pada perangkat lunak pengolahan citra yang dikembangkan diperoleh sebesar 80,95%. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa perangkat lunak yang dikembangkan

dapat melakukan deteksi tingkat kematangan buah pisang cavendish dengan baik. Pengujian akurasi yang telah dilakukan pada perangkat lunak deteksi tingkat kematangan buah mendapatkan hasil yang baik dalam melakukan penentuan tingkat kematangan. Keunggulan utama dari perangkat lunak ini adalah kemampuan untuk melakukan deteksi dalam waktu yang cepat dan akurat tanpa melibatkan aktivitas yang merusak buah, harapannya dapat digunakan dalam skala besar oleh produsen dan distributor. Dengan akurasi mendekati 81%, perangkat lunak ini dapat membantu mengurangi pemborosan dan memastikan konsumen menerima buah dalam kondisi optimal. Namun, terdapat beberapa perbaikan untuk penelitian selanjutnya, antara lain dengan melakukan perbandingan menggunakan algoritma lain, penambahan jumlah data citra untuk pembuatan dataset dan juga data citra untuk pengujian buah pisang cavendish agar hasil deteksi tingkat kematangan lebih baik, sistem perlu dikembangkan lebih optimal untuk skala yang lebih banyak dalam tahapan pengujian melalui modifikasi proses deteksi tingkat kematangan buah pisang cavendish agar proses deteksi dapat dilakukan secara massal atau *bulk*. Dalam pengambilan citra buah pisang cavendish juga perlu dilakukan lebih teliti dari segi pencahayaan dan fokus kamera, agar citra yang diperoleh dalam kondisi yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Agus, M. J., Widodo, W. D., & Ketty Suketi, dan. (2019). Pengelolaan

Perkebunan Pisang Cavendish Komersial di Lampung Tengah, Lampung Management of Cavendish Banana Plantations at Plantation Group 3, Central Lampung, Lampung. *Jurnal Bul. Agrohorti*, 7(1), 16–24.

Badan Pusat Statistik. (2022). Data Produksi dan Konsumsi Buah Pisang Tahun 2022 Indonesia. <https://www.bps.go.id/>.

Badan Standardisasi Nasional. (2009). *Standar Mutu Pisang (SNI 7422:2009)*. Art. SNI 7422:2009.

Fadjar, R. S. (2013). *Pemrograman Python Dasar*. POSS - UPI.

FAO. (2022). *Banana Market Review 2022*.

Hamzan, W. (2021). *Klasifikasi Citra Dengan Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation Menggunakan PYTHON GUI* (1st ed.). Turida Publisher.

Howe, K. D. (2014). *A Practical Introduction to Computer Vision with OpenCV*. John Wiley and Sons Ltd.

Indarto, & Murinto. (2017). Deteksi Kematangan Buah Pisang Berdasarkan Fitur Warna Citra Kulit Pisang Menggunakan Metode Transformasi Ruang Warna HIS (Banana Fruit Detection Based on Banana Skin Image Features Using HSI Color Space Transformation Method). *JUITA*, V(1), 15–21.

Lee, W. S., Fransisco, E., & Maria, N. (2014). Application of Digital Image Analysis for Detection of Fruit

- Maturity. *Journal of Food Engineering*.
- Li, B., Lecourt, J., & Bishop, G. (2018). Advances in non-destructive early assessment of fruit ripeness towards defining optimal time of harvest and yield prediction—a review. *Plants Journal*, 7(1). <https://doi.org/10.3390/plants7010003>
- Maulia, A. I., Tamrin, & Zen, M. K. (2014). Pengaruh Media Simpan Pasir dan Biji Plastik dengan Pemberian Air Pendingin terhadap Perubahan Mutu pada Buah Pisang Kepok (*Musa Normalis L.*). *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 3(2), 173–182.
- Megawati, & Lutfiyatul, E. M. (2016). Ekstraksi Pektin dari Kulit Pisang Kepok (*Musa paradisiaca*) Menggunakan Pelarut HCl sebagai Edible Film. *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. <https://doi.org/10.15294/jbat.v4i2.4177>
- Mustakin, F. (2021). *Pengaruh Tingkat Kematangan Pisang Cavendish dan Konsentrasi Agar-agar terhadap Elastisitas dan Mutu Organoleptik Selai Lembaran yang Diperkaya Tepung Cangkang Telur*. Universitas Hasanuddin.
- Mutmainnah. (2022). *Mempelajari Perubahan Warna dan Tekstur Pisang Cavendish (Musa Cavendishii) Berdasarkan Posisi Sisir Selama Penyimpanan*. Universitas Hasanuddin.
- Nuraini, R. (2022). KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer Implementasi Euclidean Distance dan Segmentasi K-Means Clustering Pada Identifikasi Citra Jenis Ikan Nila. *Media Online*, 3(1), 2022–2023. <https://djournals.com/klik>
- Pulut, S., & Prayitno, E. (2020). *Numerical Python: Array*.
- Syahriansya, A. I., Setiawan, A. F., & Orisa, M. (2023). APLIKASI CARI BARBERSHOP DI KOTA MALANG DENGAN MENGGUNAKAN METODE EUCLIDEAN DISTANCE BERBASIS ANDROID. *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, 7(1).
- Westri, R. W. (2018). Study Media Types Storage on Cavendish Banana Quality (*Musa parasidiaca* 'Cavendish'). *Jurnal Rona Teknik Pertanian*, 11(2). Widiyanto, A. (2021). *Modul Dasar Pemrograman*. Universitas Bina Sarana Informatika.