

Klasifikasi Tingkat Kemanisan Buah Kersen Berdasarkan Fitur Warna NTSC Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Berbasis Pengolahan Citra Digital

¹Risvan Rusli, ²Zaky Fachriansyah, ³Muh Ilham, ⁴Andi Baso Kaswar, ⁵Dyah Darma Andayani
Universitas Negeri Makassar

Article Info

Article history:

Received 8 May 2024
Revised 7 Oct 2024
Accepted 26 Oct 2024

Keywords:

Klasifikasi Citra
Kemanisan
NTSC
Jaringan Syaraf Tiruan
Kersen

ABSTRACT

The fruit of the calabura tree (*Muntingia calabura*) is a small red fruit originating from the *Prunus* genus, often found along roadsides. This fruit contains numerous nutrients beneficial for bodily health, serving as a highly potential source of nutrition. Presently, a challenge exists in determining the sweetness level of calabura fruit, relying heavily on manual human assessment. The development of classification utilizing technology is considered a crucial step. Previous research has concentrated on classifying various objects using RGB, HSV, and YCbCr color feature extraction. However, it was observed that RGB, HSV, and YCbCr color features are not universally suitable, particularly for calabura fruits. Hence, this study employs a method of classifying the sweetness level of calabura fruit based on NTSC color features using a Digital Image Processing-based Artificial Neural Network (ANN). This approach leverages color-based image processing features. The research involves several stages, starting from acquiring 300 calabura fruit images with 3 levels of classification to the classification process utilizing Backpropagation in the ANN. Multiple training and testing scenarios were conducted to select feature combinations with the highest accuracy and fastest computational time. Results revealed that the most effective feature used was the NTSC color feature as a skin characteristic parameter. Based on training outcomes using 210 training images, the accuracy reached 100% with a computational time of 1.66 seconds per image. Meanwhile, testing with 90 sample images showed an accuracy of 94% with a computational time of 4.23 seconds per image. Thus, it can be concluded that the employed method successfully classifies the quality of calabura fruit images based on color features and skin characteristics.

Copyright © 2024 Universitas Indraprasta PGRI.
All rights reserved.

Corresponding Author:

Risvan Rusli,
Universitas Negeri Makasar,
Kota Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia.
Email: rivanrusli10@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Kersen adalah buah kecil berwarna merah yang berasal dari jenis *Prunus*, dan pohonnya sering ditemukan di sekitar jalanan. Meskipun awalnya tumbuh liar di pinggir jalan, selokan, atau bahkan di sela-sela rumah, buah kersen, yang memiliki rasa manis seperti ceri, kini banyak dimanfaatkan sebagai tanaman peneduh. Dalam istilah ilmiah, buah kersen dikenal sebagai *Muntingia Calabura* dan termasuk dalam keluarga

yang sama dengan buah Ceri. Kematangan buah kersen sering dapat dikenali melalui perubahan warna kulitnya dan biasanya memerlukan waktu sekitar 2 minggu untuk mencapai kematangan yang sempurna [1]. Buah Kersen memiliki manfaat kesehatan seperti meningkatkan kesehatan jantung, mendukung pemulihan otot, dan memperkuat sistem kekebalan tubuh, serta manfaat lainnya karena buah kersen mempunyai aktivitas antioksidan yang unggul kersen juga memiliki kandungan *asam askorbat (vitamin C)* yang tinggi, *vitamin A*, serta *flavonoid* dan *fenolik*[2]. Dalam setiap 100g berat buah kersen terdapat nutrisi yang cukup banyak, termasuk *air* (76,3 g), *kalsium* (125 mg), *lemak* (2,3 g), *karbohidrat* (17,9 g), *abu* (1,4 g), *fosfor* (94 mg), *protein* (2,1 g), *serat* (6,0 g), dan *energi* 380 kJ/100g [3]. Buah Kersen memiliki ciri-ciri morfologi dengan bentuk bulat, berwarna hijau saat muda dan merah saat matang. Tangkai buah-nya memiliki warna hijau serta panjang sekitar 2.6 cm. Biji kersen memiliki ukuran yang kecil dan terdapat ratusan biji dalam se-buah kersen. Buah ini termasuk tipe buah buni yang berwarna merah kusam saat matang, dengan diameter sekitar 1-1.25 cm, berisi ribuan biji kecil, terkubur dalam daging buah yang lembut. Bobot rata-rata biji kersen adalah 0.079 g buah-1[4].

Seiring dengan peningkatan kematangan, buah kersen tidak hanya mengalami perubahan fisik tetapi juga kimiawi, yang mempengaruhi kandungan vitaminnya. Kandungan *vitamin C* dan *beta-karoten*, yang merupakan prekursor *vitamin A*, cenderung meningkat pada tingkat kematangan tertentu, dan kemudian mulai menurun ketika buah terlalu matang atau mendekati proses pembusukan. Peningkatan kadar kemanisan yang disebabkan oleh peningkatan gula dalam buah kersen berhubungan langsung dengan kematangan dan berpotensi meningkatkan kadar vitamin yang terkandung di dalamnya, khususnya antioksidan penting seperti *vitamin C*. Mengidentifikasi dan mengklasifikasikan tingkat kemanisan buah kersen bukan hanya penting untuk tujuan konsumsi dan pengolahan pangan, tetapi juga untuk mengoptimalkan manfaat kesehatannya.

Dalam rangka mengembangkan pengolahan buah kersen, diperlukan penelitian terkait teknologi yang dapat mendukung hal tersebut. Saat ini, deteksi dan klasifikasi menjadi salah satu topik yang menarik dan banyak digunakan [5]. Salah satu bidang pengetahuan yang bertumbuh dan berkembang sangat pesat saat ini adalah Jaringan Syaraf Tiruan(JST) yang digabungkan dengan pengolahan citra digital. Dengan memanfaatkan teori dan algoritma yang telah ada, dapat diciptakan suatu sistem atau perangkat yang mampu mengidentifikasi jenis objek berdasarkan ciri-cirinya secara *visible* menggunakan teknologi Pengolahan Citra Digital.

Sebuah penelitian terkait buah kersen mengevaluasi tingkat kematangan berdasarkan warna *Hue*, *Intensitas*, dan *Saturation*(HIS). Hasilnya menunjukkan bahwa dengan ekstraksi fitur HIS dan metode *K-Nearest Neighbor*(KNN), akurasi klasifikasinya mencapai 89% [1] sehingga untuk meningkatkan akurasi yang telah diperoleh perlu dilakukan percobaan dengan menggunakan model ruang warna lain pada objek buah Kersen. Selain itu, penelitian sejenis telah dilakukan untuk berbagai buah lain menggunakan kecerdasan buatan dan pengolahan citra digital. Sebagai contoh, penelitian mengenai tingkat kemanisan buah Alpukat dengan fitur warna *Hue*, *Saturation*, dan *Value*(HSV) dan metode *Support Vector Machine*(SVM) mencapai akurasi 100% [6]. Namun, ketika percobaan dilakukan pada objek buah kersen, akurasi yang diperoleh hanya sebesar 78,5%. Selanjutnya terdapat penelitian terhadap buah tomat berdasarkan fitur YCbCr dan menggunakan metode SVM mencapai akurasi 74% secara berurutan[7]. Dengan menggunakan fitur ruang warna yang sama hasil akurasi klasifikasi pada kersen belum memuaskan. Kemudian, dengan menggunakan model ruang Warna lain yaitu RGB Penelitian serupa telah dilakukan pada buah Markisa dan mencapai akurasi 80% [8]. Dalam penelitian lain, terdapat penelitian yang terfokus pada identifikasi tingkat kematangan dan klasifikasi kualitas buah tomat, dengan menambahkan metode *Jaringan Syaraf Tiruan* (JST) dan menggunakan model ruang warna RGB. Hasil penelitian menunjukkan akurasi klasifikasi mencapai 100% dan 95,5% pada objek buah tomat[9],[10]. Meskipun demikian, ketika metode yang sama diaplikasikan pada buah kersen, akurasi klasifikasi pada pelatihan data mencapai 100%, tetapi saat dilakukan pengujian pada data baru, akurasi turun menjadi 87%.

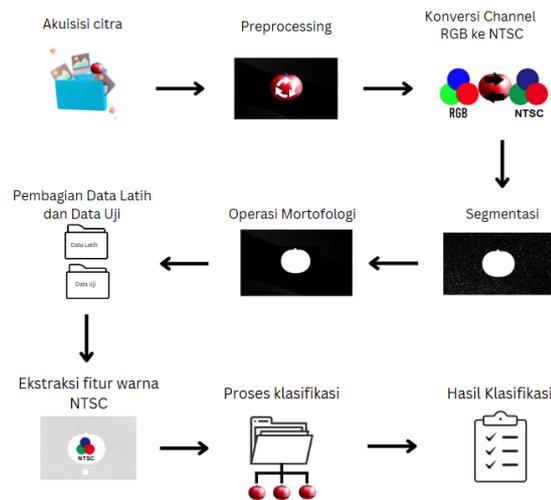
Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya, metode pengklasifikasian JST terbukti dapat meningkatkan nilai akurasi objek yang akan diklasifikasikan. Namun, diperlukan eksplorasi lebih lanjut terhadap model ruang warna yang digunakan. Dalam hal ini, penelitian ini akan menggunakan model ruang warna NTSC atau YIC yang belum digunakan untuk ekstraksi fitur warna pada objek buah kersen. Model ruang warna NTSC adalah sistem yang digunakan untuk merepresentasikan warna dalam transmisi televisi *National Television System Committee* yaitu *YIQ*(*Luminance*, *In-Phase*, *Quadrature*) dimana *Luminance* mewakili kecerahan gambar dan penting untuk kualitas hitam-putih, informasi warna merah-hijau, *In-Phase* mewakili informasi warna merah-hijau dan *Quadrature* mewakili informasi warna biru-kuning pada citra.

Oleh karena itu, penelitian ini dimaksudkan untuk melakukan Klasifikasi Tingkat Kemanisan Buah Kersen Berdasarkan Fitur Warna NTSC Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Berbasis Pengolahan Citra Digital. Dalam penelitian ini terdapat metode yang disarankan oleh peneliti yang terdiri dari 6 tahapan pokok yakni akuisisi citra, *preprocessing*, segmentasi, operasi morfologi, ekstraksi fitur warna NTSC, dan klasifikasi. Metode yang disarankan diharapkan dapat menghasilkan akurasi klasifikasi yang besar dengan waktu komputasi yang singkat. Harapannya, sistem yang dikembangkan dapat menjadi alat bantu bagi masyarakat

dalam menilai tingkat kemanisan buah kersen. Selain itu, diharapkan bahwa metode yang diusulkan dapat menjadi acuan untuk pengembangan teknologi dalam budidaya buah kersen.

2. METODE

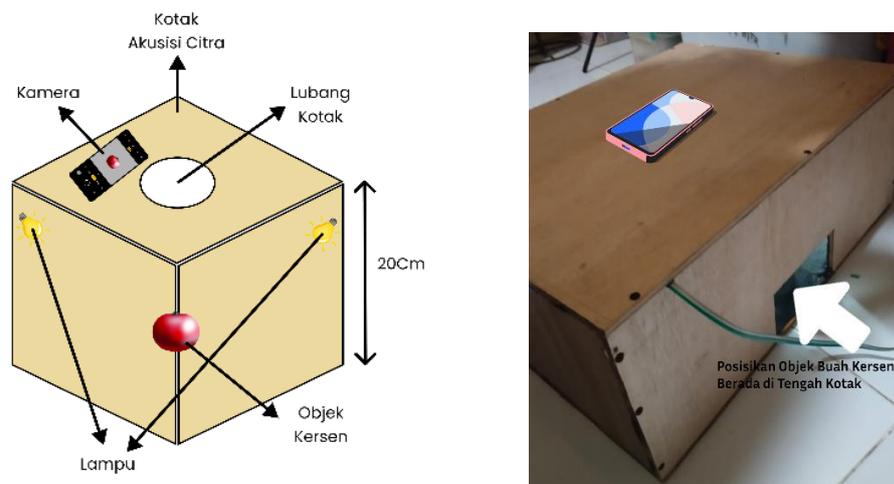
Dalam penelitian ini, digunakan pendekatan yang terdiri dari serangkaian langkah berturut-turut, termasuk langkah pengambilan citra, langkah pra-pemrosesan, konversi channel RGB ke NTSC, proses segmentasi, langkah operasi morfologi, langkah ekstraksi fitur warna NTSC, dan langkah pengklasifikasian. Ilustrasi tahap-tahap ini dapat ditemukan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan-Tahapan Metode Penelitian yang Diusulkan

2.1 Akuisisi Citra

Akuisisi citra merujuk pada langkah pengambilan citra yang digunakan sebagai dataset dalam penelitian. Dalam tahap ini, citra analog diubah menjadi citra digital menggunakan kamera. Ada 300 buah citra kersen yang diakuisisi, dengan 100 buah citra kersen memiliki kemanisan manis yang ditandai dengan kulit buah berwarna merah, 100 buah citra kersen dengan kemanisan sedang yang ditandai dengan kulit buah berwarna orange kekuning-kuningan, dan 100 buah citra kersen dengan kemanisan hambar yang ditandai dengan kulit buah berwarna hijau. Proses akuisisi citra buah kersen dilakukan seperti pada Gambar 2[11].



Gambar 2. Proses Akuisisi Citra

Proses akuisisi citra dilakukan dengan perangkat kamera handphone Samsung Galaxy A14 dengan mode manual. Konfigurasi yang digunakan adalah ISO = 200 dan *Shutter Speed* = 1/180. Kemudian disediakan

latar belakang berupa kain berwarna hitam pada sebuah *box* yang pada bagian atas *box* dibuatkan lubang sehingga kamera bisa mengambil citra kersen di dalamnya, selanjutnya ditetapkan jarak antara citra dengan kamera *smartphone* adalah sekitar 20 cm. Pengaturan tersebut dilakukan sehingga hasil dari akuisisi terhadap citra dapat berada dalam kondisi yang baik dan meminimalisir *noise* yang dapat terjadi serta intensitas cahaya yang dapat berubah secara dinamis.

2.2 Pre-Processing

Setelah proses akuisisi citra berhasil dilakukan, tahap berikutnya adalah preprocessing, dimana data citra kersen yang diperoleh dimasukkan ke dalam sistem. Sistem kemudian akan mengolah citra digital tersebut menjadi citra RGB, dan kemudian mengkonversinya menjadi tiga saluran dari NTSC, yaitu saluran *Luminance* (Y), *In-Phase*(I), dan *Quadrature*(Q). Persamaan yang digunakan untuk mengkonversi ruang warna RGB menjadi NTSC tertera pada Gambar 3.

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.211 & -0.523 & 0.312 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Gambar 3. Konversi warna RGB ke NTSC

Dari ketiga saluran tersebut, akan dipilih salah satu saluran yang sesuai untuk digunakan pada tahap segmentasi. Dalam penelitian ini, channel Y dipilih karena saluran ini mengandung informasi tentang kecerahan (brightness) dari citra, yang penting dalam membedakan objek dari *background*, sehingga memungkinkan informasi kecerahan dari saluran Y dapat menghasilkan kontras yang lebih baik antara objek kersen dan *background* saat prosesnya berlanjut, dibandingkan dengan menggunakan channel lainnya.

2.3 Tahap Segmentasi

Segmentasi dalam proses citra digital adalah langkah penting yang digunakan untuk memisahkan atau mengidentifikasi objek-objek yang berbeda dalam sebuah gambar atau citra. Tujuannya adalah untuk memisahkan area objek dari latar belakang atau *background* dari citra kersen [12]. Segmentasi bertujuan untuk mengidentifikasi batas atau kontur objek, sehingga memungkinkan untuk melakukan analisis lebih lanjut terhadap objek-objek tersebut. Pada penelitian ini, kami menggunakan teknik Otsu untuk tahap segmentasi, yang diperoleh dari tahap *preprocessing*.

Pada tahap segmentasi menggunakan metode Otsu, langkah awal yang dilakukan adalah membaca histogram citra *grayscale*. Histogram ini akan memberikan gambaran tentang sebaran jumlah piksel dengan intensitas yang serupa pada setiap tingkat intensitas, yang berkisar dari 0 hingga 255. Setelah mendapatkan probabilitas untuk setiap tingkat intensitas, langkah selanjutnya adalah mencari nilai kumulatif dan rata-rata kumulatif (k). Dari nilai-nilai ini, dihitung nilai mean intensitas global untuk setiap tingkat keabuan k . Proses berikutnya adalah mencari nilai varian antar kelas, yang melibatkan perhitungan varian berdasarkan tingkat keabuan. Setelah mendapatkan nilai varian untuk setiap tingkat keabuan, nilai-nilai ini diurutkan dan nilai yang paling tinggi dipilih. Kelas yang memiliki nilai varian tertinggi diambil sebagai nilai ambang. Nilai ambang ini digunakan untuk membagi citra *grayscale* menjadi dua area, yang dapat memisahkan bagian objek dari *background*-nya. Proses ini menghasilkan segmentasi citra di mana objek dan *background*-nya terpisah berdasarkan nilai ambang yang telah ditentukan sebelumnya.

2.4 Operasi Morfologi

Operasi Morfologi ialah suatu prosedur yang sering digunakan dalam citra biner yaitu hitam dan putih untuk mengubah struktur dari objek yang ada dalam citra. Dalam operasi morfologi, sebagian piksel di area *background* akan digabungkan menjadi area objek, ataupun sebaliknya.

Dalam penelitian ini, berbagai operasi morfologi digunakan, termasuk teknik *closing*, teknik *dilasi* dan *erosi*, teknik *hole filling* dan *area open* dengan elemen struktur (*strel*) yang memiliki 10 bentuk, salah satunya adalah berbentuk *disk* yang akan digunakan. Dimana *erosi* merupakan proses pengikisan atau pengurangan piksel pada gambar objek. *Dilasi* ialah proses perluasan piksel pada gambar objek. *Closing* adalah kombinasi dilasi yang diikuti oleh *erosi*. *Hole filling* berfungsi untuk menutupi lubang pada objek gambar. Terakhir, *bwareaopen* memiliki fungsi untuk menghilangkan objek pada gambar berdasarkan batasan ukuran yang ditentukan [13]. Dalam penelitian ini, operasi morfologi dimulai dengan melakukan *closing* pada citra hasil dari segmentasi menggunakan *strel disk* berukuran 5 px. Kemudian, citra hasil *closing* dilakukan dilasi dan erosi dengan *strel disk* berukuran 20 px. Setelah itu, dilakukan *hole filling* pada citra hasil *closing* untuk menghasilkan citra *output* dari *hole filling*.

Pada citra hasil *hole filling*, akan dilakukan operasi *bwareaopen* menggunakan parameter 10000, untuk menghapus objek yang memiliki luas ≤ 10000 piksel. Proses ini menghasilkan citra segmentasi yang

akan lebih bersih sekitar objek kersen dan *background*, yang akan diekstraksi fiturnya sebagai parameter dalam proses klasifikasi.

2.5 Ekstraksi fitur Warna NTSC

Proses ekstraksi dilakukan dengan menggunakan fitur warna NTSC, yang dilakukan berdasarkan identifikasi hasil morfologi pada area objek citra kersen. Selanjutnya, pada area yang telah diidentifikasi sebagai objek, dilakukan proses ekstraksi fitur menggunakan komponen *Luminance* (Y), *Chrominance* (I), dan *Chrominance* (Q). Setiap komponen fitur Y, I, dan Q dari citra diekstraksi dan kemudian dihitung nilai rata-ratanya. Hasil dari ekstraksi fitur yang dilakukan berupa nilai mean dari setiap komponen Y, I, dan Q ini akan digunakan sebagai citra input pada Jaringan Syaraf Tiruan (*Neural Network*). Citra dengan nilai-nilai fitur ini digunakan sebagai data latihan dan pengujian dalam Jaringan Syaraf Tiruan untuk proses pelatihan dan pengujian model.

2.6 Tahap Klasifikasi

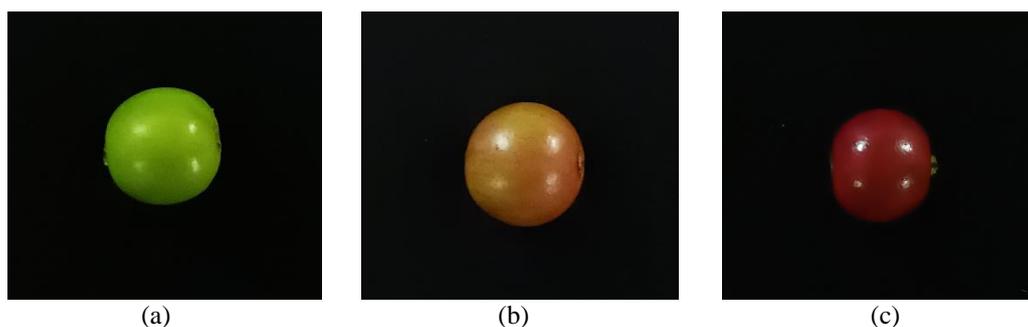
Tahap awal dalam proses klasifikasi tingkat kemanisan kersen adalah membagi data citra menjadi dua dataset: data latih yang terdiri dari 70% dari total dataset dan sisanya akan menjadi data uji, sebesar 30%. Setiap dataset memiliki tiga klaster yang mewakili tingkat kemanisan: hambar, sedang, dan manis. Data latih akan digunakan untuk mengembangkan model klasifikasi yang kemudian akan diuji pada data uji.

Metode klasifikasi yang diterapkan adalah JST dengan algoritma *Feedforward Backpropagation*. Jaringan ini terstruktur dengan beberapa unit *neuron* sebagai bagian dari *input*-an, lalu terdiri dari satu atau lebih lapisan simpul-simpul *neuron* tersembunyi untuk melakukan komputasi, serta satu lapisan dari simpul-simpul *neuron* untuk menghasilkan *output*[14]. Arsitektur JST dalam penelitian ini terdiri dari lapisan input yang memiliki 3 *neuron*, sesuai dengan fitur-fitur yang telah diekstraksi sebelumnya[15]. Selanjutnya, terdapat dua lapisan tersembunyi, masing-masing dengan 10 *neuron* dan 5 *neuron*, yang akan menggunakan fungsi aktivasi *log-sigmoid*. Lapisan output akan menggunakan fungsi aktivasi linear dengan 1 *neuron output*. *Neuron output* ini merepresentasikan kelas hasil klasifikasi dari citra kersen yang diinputkan ke dalam jaringan, memberikan informasi terkait dengan kategori atau label keputusan dari proses klasifikasi.

Dalam proses pelatihan, model memanfaatkan metode *Levenberg-Marquardt*. Evaluasi performa model dilakukan dengan memanfaatkan *Mean Square Error* (RMSE) serta *Misclassification Error* (ME).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

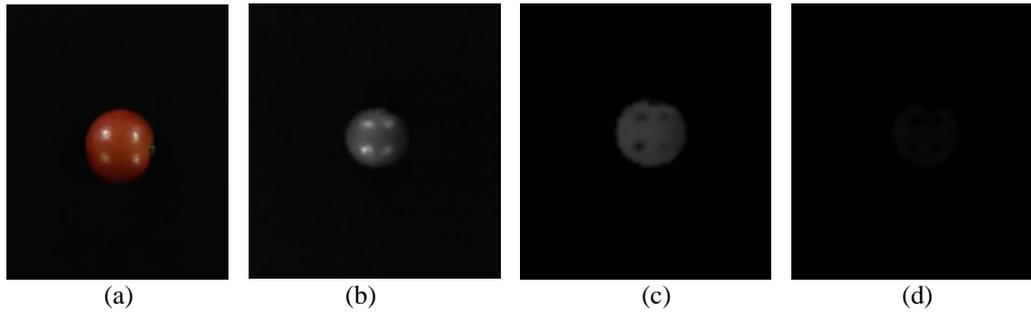
Dalam penelitian ini, 300 dataset citra yang telah diakuisisi dibagi menjadi beberapa *cluster* yaitu citra kersen dengan tingkat kemanisan hambar, sedang, dan manis setiap *cluster*-nya memiliki 100 dataset. Dataset dibagi menjadi 2 yaitu data latih sebanyak 70% atau total 210 citra dan data uji sebanyak 30% atau total 90 citra. Hasil akuisisi citra dapat dilihat dari Gambar 4.



Gambar 4. Citra kersen dengan tingkat kemanisan (a)Hambar, (b)Sedang dan (c)Manis

Berdasarkan Gambar 4 diketahui perbedaan dari citra kersen tersebut. Pada Gambar 4(a) citra kersen yang memiliki tingkat kemanisan hambar memiliki warna kulit yang cenderung ke warna kehijau. Pada Gambar 4(b), citra kersen dengan tingkat kemanisan sedang memiliki warna kulit cenderung ke warna *orange* kekuning-kuningan. Terakhir pada Gambar 4(c), merupakan citra kersen dengan tingkat kemanisan manis yang memiliki warna kulit merah pekat.

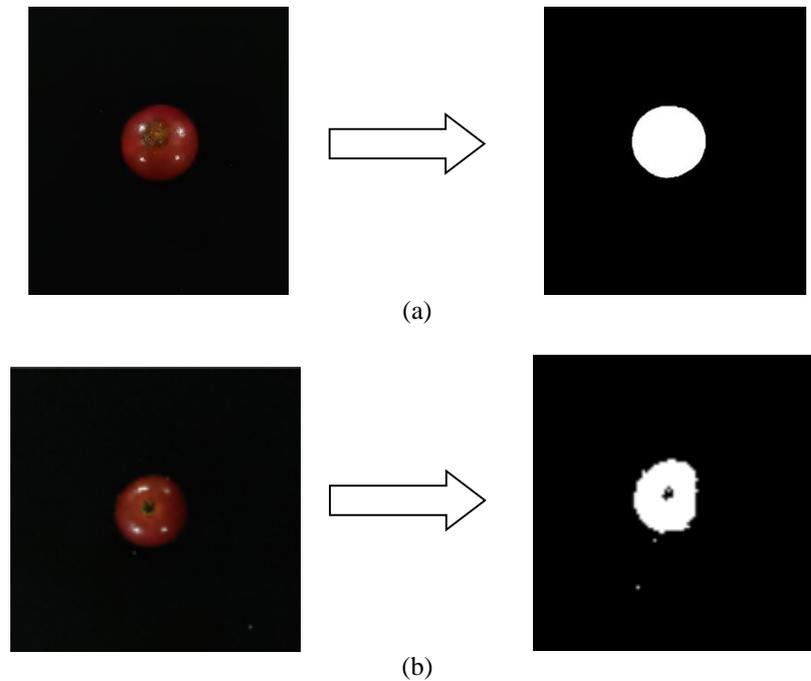
Sebelum melakukan proses klasifikasi, setiap citra akan dilakukan *pre-processing* terlebih dahulu yang berfungsi untuk menghilangkan noise atau bagian yang tidak diperlukan pada citra. Sebelum melakukan proses peng-klasifikasian, citra harus melewati tahap preprocessing. Pada tahap ini, citra kersen asli akan dikonversikan ke dalam ruang warna NTSC, kemudian setiap nilai pada *channel* diekstrak dari citra tersebut. Hasil konversi ke kanal NTSC ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Citra Kersen(a), Komponen Y(b), Komponen(c), dan Komponen(d)

Pada Gambar 5 diketahui hasil konversi ke kanal Y pada Gambar 5(a) jika diperhatikan, citra kersen pada kanal Y menunjukkan kontras yang lebih terang terhadap *background*. Dalam perbandingan, kontras pada citra kersen pada kanal I Gambar 5(c) terlihat agak samar, dan kontras citra kersen pada kanal Q Gambar 5(d) terlihat sangat gelap.

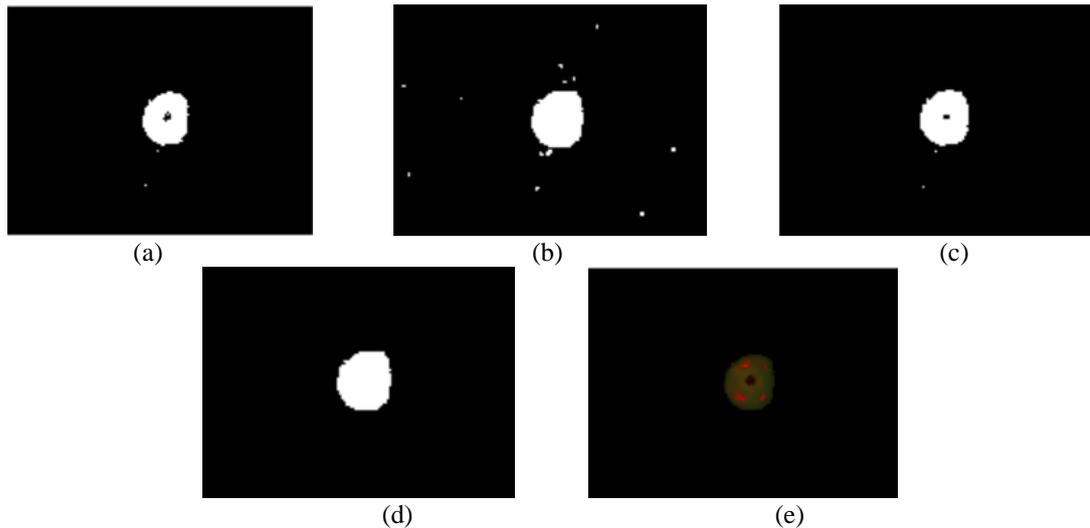
Maka dari itu pada proses Segmentasi, digunakan channel Y karena seperti yang terlihat pada Gambar 5(b) hasil segmentasi yang didapatkan akan lebih baik karena sistem akan lebih mudah untuk mendeteksi area objek dan *background* pada citra. Metode yang diterapkan untuk melakukan segmentasi adalah metode Otsu *Thresholding*. Hasil dari proses segmentasi ini dapat divisualisasikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Segmentasi (a) Baik dan (b) Kurang Baik

Gambar 6(a) menunjukkan segmentasi yang efektif di mana objek dan *background* terpisah dengan jelas dimana warna putih mewakili objek, sementara warna hitam menggambarkan *background*. Keberhasilan segmentasi ini disebabkan oleh kondisi kersen yang sempurna dan minim gangguan saat pengambilan citra. Selain itu objek kersen dan *background* memiliki tingkat kekontrasan yang tinggi. Sebaliknya, Gambar 6(b) menampilkan hasil segmentasi yang kurang optimal karena beberapa area pada buah kersen tidak terdeteksi serta munculnya titik kecil yang bukan bagian dari objek kersen. Hal ini disebabkan oleh beberapa bagian dari objek yang memiliki warna gelap, sehingga dianggap sebagai, dan juga karena adanya kotoran yang tertangkap saat citra diambil, menyebabkan noise berupa titik-titik kecil di luar area objek kersen.

Berikutnya, untuk mengurangi kesalahan yang dapat terlihat sebagai bagian dari *background*. Saat citra dari kersen diambil, keberadaan bintik-bintik kecil yang terdeteksi disebabkan oleh adanya gangguan dalam bentuk kotoran di *background* citra yang memiliki perbedaan warna yang lebih jelas dibandingkan dengan *background* lainnya, sehingga gangguan tersebut dianggap sebagai bagian dari objek.

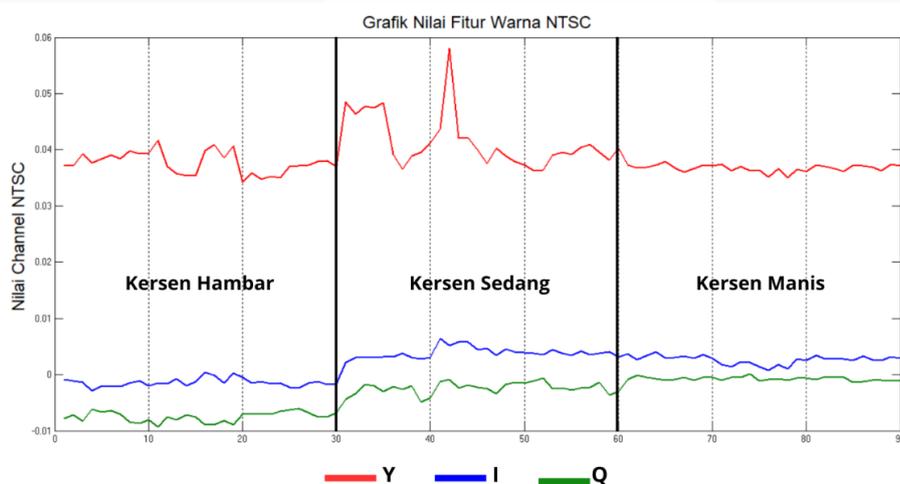


Gambar 7. Citra Hasil Segmentasi(a), Closing(b), Dilasi dan Erosi(c), Hole filling dan Area Open(d), dan Segmentasi Bersih NTSC(e)

Segmentasi yang kurang optimal bisa menurunkan ketepatan saat mengekstrak fitur dari citra. Untuk meningkatkan kualitas segmentasi dan ketepatan ekstraksi fitur, diperlukan penerapan operasi morfologi pada citra hasil segmentasi. Operasi-operasi morfologi tersebut meliputi *closing*, *dilasi* dan *erosi*, *hole filling* dan *bwareaopen*. Penggunaan *strel* dalam bentuk *disk* dengan diameter 5 piksel untuk operasi *opening* dan 20 piksel untuk operasi *closing* yang telah dilakukan. Perubahan pada hasil segmentasi setelah operasi morfologi dapat diamati pada Gambar 7.

Pada Gambar 7a terlihat segmentasi sebelum operasi morfologi. Setelah melakukan operasi *closing*, seperti pada Gambar 7b, gambar memiliki banyak *noise* sehingga dilakukan operasi *dilasi* dan *erosi* seperti yang terlihat pada Gambar 7c. Kemudian, terlihat bahwa area yang tidak terdeteksi dari objek kersen semakin berkurang. Kemudian, dilakukan operasi *holefilling* dan *areaopen* pada gambar hasil *dilasi* dan *erosi*, sehingga menghasilkan gambar seperti pada Gambar 7d, di mana keseluruhan area objek kersen telah terdeteksi. Hasil segmentasi yang baik, dengan objek kersen dalam warna putih dan *background*-nya dalam warna hitam, berhasil diperoleh. Hasil segmentasi yang bersih dalam mode warna NTSC dapat dilihat pada Gambar 7e.

Langkah selanjutnya setelah didapatkan hasil segmentasi yang baik adalah melakukan ekstraksi fitur. Fitur yang diekstrak dalam hal ini adalah fitur warna yang memanfaatkan parameter dari ruang warna NTSC. Hasil ekstraksi fitur warna digambarkan pada grafik nilai Gambar 8.

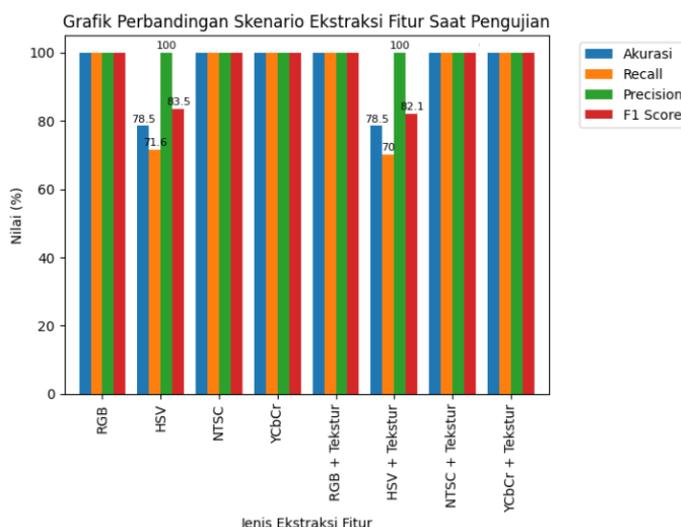


Gambar 8. Grafik Fitur Warna NTSC

Dalam grafik fitur warna NTSC, perbedaan yang paling signifikan terlihat pada grafik dari channel Y. Pada kersen yang hambar, grafik *channel* Y menunjukkan pola naik-turun yang relatif stabil. Untuk kersen

sedang, *channel Y* memiliki grafik yang cenderung lebih naik dibandingkan dengan kersen hambar dan kestabilannya kurang baik. Untuk kersen manis, *channel Y* memiliki grafik naik-turun yang stabil dibandingkan dengan kersen hambar dan kersen sedang. Sedangkan *channel I* dan *Q* memiliki grafik naik-turun yang stabil dibandingkan dengan *channel Y*, terutama pada kersen hambar dan sedang. Untuk kersen hambar, *channel I* dan *Q* memiliki grafik naik-turun yang stabil dibandingkan pada kersen sedang yang cenderung naik. Sedangkan untuk kersen manis, *channel I* dan *Q* memiliki grafik naik-turun yang lebih stabil dibandingkan kersen hambar maupun kersen sedang. Perubahan pada grafik tersebut disebabkan oleh distribusi piksel yang berbeda pada setiap *channel NTSC*.

Setelah dilakukan pengekstrakan fitur, langkah berikutnya adalah melakukan pelatihan dan pengujian dengan berbagai kombinasi dari kedua fitur yang tersedia. Tujuannya adalah untuk menemukan kombinasi fitur terbaik yang menghasilkan *akurasi*, *recall*, *precision*, dan *F1-Score* yang tinggi. Dalam penelitian ini dilakukan berbagai skenario kombinasi fitur warna dan tekstur untuk mengetahui kombinasi yang paling efisien. Berikut hasil yang didapatkan dari perbandingan *akurasi*, *recall*, *precision*, dan *F1-Score* kombinasi fitur dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Perbandingan Skenario Ekstraksi Fitur Saat Pengujian

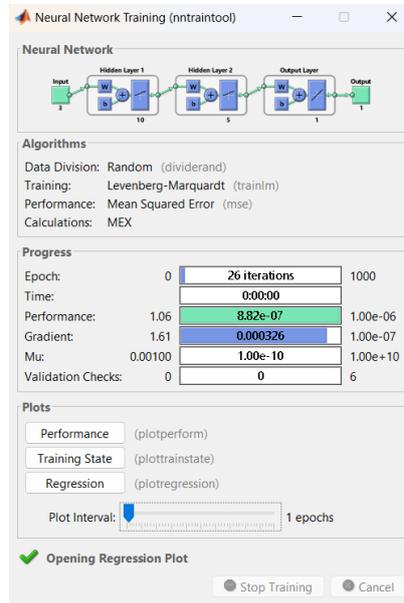
Berdasarkan perbandingan *akurasi*, *recall*, *precision*, dan *F1-Score* hasil yang tergambar pada grafik Gambar 9, dapat disimpulkan bahwa skenario yang dilakukan menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi. Penyesuaian parameter dan metode pengukuran sesuai dengan citra yang digunakan bisa menyebabkan banyaknya skenario yang mencapai akurasi 100%. Untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam, dilakukan perhitungan perbandingan antara akurasi dan waktu komputasi dari berbagai kombinasi fitur. Informasi ini dapat dilihat dalam Tabel 1 untuk mengidentifikasi skenario yang paling efisien untuk digunakan.

Tabel 1. Perbandingan Akurasi dan Waktu Komputasi Dari Berbagai Skenario Kombinasi Fitur

Fitur	Akurasi(%)		Missclassification Error(%)		Waktu Komputasi(detik/citra)	
	Pelatihan	Pengujian	Pelatihan	Pengujian	Pelatihan	Pengujian
RGB	100	87	0	13	2.2	1.81
HSV	78.5	83	21.5	17	4.34	4.53
NTSC	100	94	0	6	1.66	4.23
YCbCr	100	93	0	7	1.26	1.98
RGB + Tekstur	100	81	0	19	2.11	2.76
HSV + Tekstur	78.5	79	21.5	21	5.14	5.29
NTSC + Tekstur	100	86	0	14	1.71	4.40
YCbCr + Tekstur	100	90	0	10	1.34	3.16

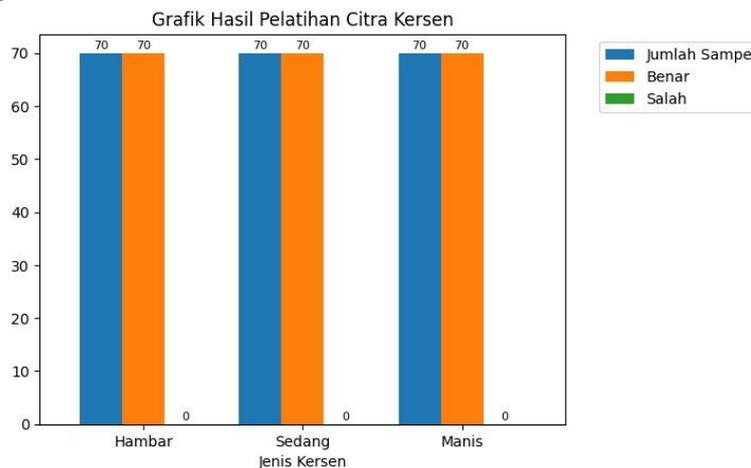
Berdasarkan hasil perbandingan akurasi, ME, dan waktu komputasi, skenario yang menggunakan parameter fitur warna NTSC menunjukkan akurasi 100% selama tahap pelatihan dengan ME 0% dan waktu komputasi sekitar 1,66 detik per citra. Pada tahap pengujian, skenario ini mencapai akurasi 94% dengan ME

6% dan waktu komputasi sekitar 1,39 detik per citra. Dikarenakan memiliki akurasi yang tinggi dan waktu komputasi yang relatif rendah dibandingkan dengan skenario lainnya, dapat disimpulkan bahwa skenario 3 dengan parameter fitur warna NTSC adalah yang paling sesuai untuk melakukan klasifikasi citra pada objek kersen. Pada proses pelatihan menggunakan fitur warna NTSC pada 210 citra kersen dihasilkan model JST yang dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil Model JST

Gambar 10. menunjukkan antarmuka pelatihan jaringan saraf, dengan model yang menggunakan algoritma Levenberg-Marquardt dan pembagian data secara acak. Jaringan memiliki 3 neuron input, dua hidden layer masing-masing 10 neuron, dan 1 neuron output. Proses pelatihan mencapai 26 iterasi dengan Mean Squared Error (MSE) sebesar $8.82e-07$ dan gradien rendah 0.000326 , yang menunjukkan bahwa model mendekati konvergensi dan memiliki akurasi tinggi. Grafik Regression dapat digunakan untuk mengevaluasi korelasi antara output prediksi dan target, mendukung bahwa model memiliki performa prediktif yang baik. Untuk mempermudah mengetahui hasil pelatihan dari JST menggunakan citra kersen dibuatlah grafik pelatihan yang dapat dilihat pada Gambar 11.



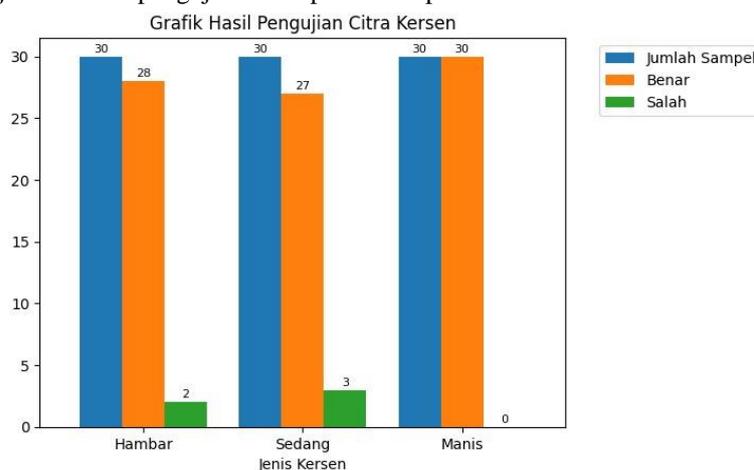
Gambar 11. Grafik Hasil Saat Pelatihan

Dari diagram pelatihan pada Gambar 11, terlihat bahwa 210 citra pelatihan dibagi menjadi 3 kluster. Hasil klasifikasi citra menunjukkan bahwa setiap kelas memiliki 70 citra yang diklasifikasikan dengan benar, dan tidak ada citra yang salah diklasifikasikan. Selanjutnya, dilakukan perhitungan tingkat keakuratan seperti yang tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan Akurasi Pelatihan

No	Kategori/ Kelas	Jumlah Sampel	Benar	Salah	Akurasi	ME
1	Hambar	70	70	0	100	0
2	Sedang	70	70	0	100	0
3	Manis	70	70	0	100	0
<i>Total</i>		<i>210</i>	<i>210</i>	<i>0</i>	<i>100</i>	<i>0</i>

Dengan total akurasi mencapai 100% dan ME sebesar 0%, dapat disimpulkan bahwa pelatihan dilakukan dengan efektif. Oleh karena itu, model JST yang telah dibuat dapat diterapkan dalam pengujian citra. Pada fase pengujian menggunakan model JST yang dihasilkan dari proses pelatihan, dilakukan klasifikasi terhadap 90 citra uji. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 12.



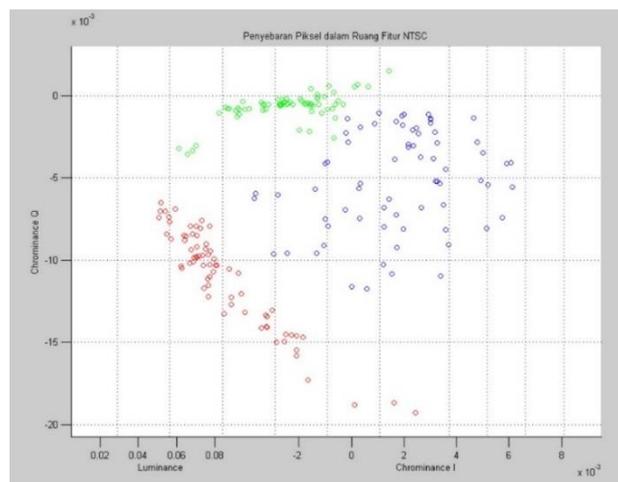
Gambar 12. Grafik Hasil Saat Pengujian

Dari gambar grafik yang telah dihasilkan, dapat disimpulkan bahwa terdapat 90 citra uji yang telah dibagi ke dalam 3 kelas. Hasil klasifikasi citra menunjukkan bahwa 85 citra terklasifikasi dengan benar, sedangkan 5 citra lainnya mengalami kesalahan klasifikasi. Kesalahan tersebut pada 4 citra disebabkan oleh kurangnya akurasi pada proses akuisisi citra atau kesamaan nilai fitur antara citra kersen dengan kelas lain, yang mengakibatkan sistem tidak dapat melakukan klasifikasi secara tepat. Selanjutnya, berdasarkan hasil pengujian tersebut, dilakukan perhitungan akurasi yang terdokumentasi pada Tabel 3.

Tabel 3. Perhitungan Akurasi Pengujian

No	Kategori/ Kelas	Jumlah Sampel	Benar	Salah	Akurasi	ME
1	Hambar	30	28	2	93.33	6.67
2	Sedang	30	27	3	90	10
3	Manis	30	30	0	100	0
<i>Total</i>		<i>90</i>	<i>85</i>	<i>5</i>	<i>94.44</i>	<i>5.56</i>

Dengan total akurasi mencapai 94.44% dan *Missclassification Error (ME)* sebesar 5.56%, dapat diartikan bahwa pelatihan dilakukan secara efisien. Kemudian untuk mengetahui penyebaran kelas dalam ruang NTSC dilakukan pembentukan penyebaran piksel yang dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 13. Penyebaran Piksel Ruang Fitur NTSC

Dari hasil pelatihan ini, jika direpresentasikan dalam ruang fitur NTSC, terlihat bahwa penyebarannya terbagi menjadi tiga tingkatan kemanisan: hambar ditandai dengan titik berwarna hijau, sedang ditandai dengan titik berwarna biru, dan manis ditandai dengan titik berwarna merah, masing-masing berisikan 70 citra. Dengan demikian, dari hasil serta analisis sebelumnya, disimpulkan bahwa metode klasifikasi yang digunakan oleh JST yang telah dibangun mampu menyelesaikan tugasnya dengan baik dalam menentukan kualitas buah kersen.

Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem yang mampu melakukan klasifikasi terhadap tingkat kemanisan buah kersen berdasarkan fitur warna NTSC yang menggunakan informasi warna dari buah kersen. Sistem yang dikembangkan berhasil mengelompokkan tingkat kemanisan buah kersen menjadi tiga *cluster*, yaitu hambar, sedang, dan manis dengan menggunakan algoritma *JST Backpropagation*. Pengujian dilakukan menggunakan 210 citra untuk pelatihan dan 90 citra untuk pengujian, yang dibagi ke dalam 3 *cluster*. Hasilnya menunjukkan tingkat akurasi dalam mengklasifikasikan tingkat kemanisan kersen terhadap data latih mencapai 100% dan terhadap data uji mencapai 94%.

4. PENUTUP

Dari penelitian yang telah dilakukan, berhasil dikembangkan metode klasifikasi menggunakan algoritma Jaringan Saraf Tiruan (JST) dengan metode *backpropagation* untuk menilai tingkat kemanisan buah kersen. Metode ini menggunakan fitur-fitur berbasis warna NTSC. Hasil pelatihan menggunakan 210 gambar latih menunjukkan tingkat akurasi sebesar 100%, dengan waktu komputasi sekitar 1,66 detik per gambar. Sementara itu, pada pengujian menggunakan 90 gambar uji, tingkat akurasi mencapai 94%, dengan waktu komputasi sekitar 4,23 detik per gambar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. A. Pratama, W. P. Atmaja, and V. Lusiana, "Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Kersen Menggunakan Citra HSI Dengan Metode K-Nearest Neighbor (KNN) Kersen merupakan tanaman yang memiliki buah kecil berwarna merah dan manis seperti buah cery . Tanaman Kersen merupakan jenis pohon yang umum sekali ,” vol. 11, no. 1, pp. 105–108, 2022.
- [2] A. Khotimah and M. Chatri, "Article Review : Potensi Tanaman Kersen (*Muntingia calabura* L.) Sebagai Antioksidan,” *J. Pendidik. Tambusai* , vol. 8, no. 1, pp. 15822–15831, 2024.
- [3] S. M. Sirait, "ISOLASI DAN IDENTIFIKASI PEKTIN DARI BUAH KERSEN (*Muntingia calabura* L.),” *War. Akab*, vol. 44, no. 2, 2021, doi: 10.55075/wa.v44i2.17.
- [4] N. Nurholis and I. Saleh, "Hubungan Karakteristik Morfologi Tanaman Kersen (*Muntingia Calabura*),” *Agrovigor J. Agroekoteknologi*, vol. 12, no. 2, pp. 47–52, 2019, doi: 10.21107/agrovigor.v12i2.5418.
- [5] P. C. Siswipraptini, A. Haris, and W. N. Sari, "Klasifikasi Citra Penyakit Daun Cabai Menggunakan Algoritma Learning Vector Quantization,” *J. Fakta Exacta*, vol. 16, no. 2, pp. 119–125, 2023, doi: 10.30998/faktorexacta.v16i2.15900.
- [6] O. Algoritma *et al.*, "Optimasi Algoritma Naïve Bayes Untuk Klasifikasi Buah Apel Berdasarkan Fitur Warna RGB,” *Bull. Comput. Sci. Res.*, vol. Vol 3, No, no. 3, pp. 242–249, 2023, doi:

- 10.47065/bulletincsr.v3i3.251.
- [7] N. Astrianda, "Klasifikasi Kematangan Buah Tomat Dengan Variasi Model Warna Menggunakan Support Vector Machine," *VOCATECH Vocat. Educ. Technol. J.*, vol. 1, no. 2, pp. 45–52, 2020, doi: 10.38038/vocatech.v1i2.27.
- [8] A. B. Kaswar, A. Akram, and N. Risal, "13505-33853-2-Pb," vol. 01, no. May, pp. 1–8, 2020.
- [9] I. Amal, M. Muhammad, and A. B. Kaswar, "Sistem Pendeteksi Kematangan Buah Tomat Berbasis Pengolahan Citra Digital Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan | Ishak | Jurnal MediaTIK," *J. Mediat.*, vol. 5, no. 1, pp. 65–69, 2022, [Online]. Available: <https://ojs.unm.ac.id/mediaTIK/article/view/33214/15753>
- [10] A. S. Agung, M. S. Hersyam, A. B. Kaswar, D. Andayani, and U. Negeri, "Classification of Tomato Quality Based on Color Features and Skin Characteristics Using Image Processing Based Artificial Kulit Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Berbasis Pengolahan," *J. Tek. Inform.*, vol. 4, no. 5, pp. 1021–1032, 2023.
- [11] Wulandari, Sasmita, M. R. Mulia, A. B. Kaswar, D. D. Andayani, and A. S. Agung, "Klasifikasi Kandungan Nutrisi Buah Pisang Berdasarkan Fitur Tekstur dan Warna LAB menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Berbasis Pengolahan Citra Digital," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 11, no. 3, pp. 507–518, 2024, doi: 10.25126/jtiik.938332.
- [12] T. W. Harjanti and H. Himawan, "Teknologi Pengolahan Citra Digital Untuk Ekstraksi Ciri pada Citra Daun untuk Identifikasi Tumbuhan Obat," *Fakt. Exacta*, vol. 14, no. 3, p. 150, 2021, doi: 10.30998/faktorexacta.v14i3.9841.
- [13] A. Susanto, "Penerapan Operasi Morfologi Matematika Citra Digital Untuk Ekstraksi Area Plat Nomor Kendaraan Bermotor," *Pseudocode*, vol. 6, no. 1, pp. 49–57, 2019, doi: 10.33369/pseudocode.6.1.49-57.
- [14] A. Anggrawan, H. Hairani, and M. A. Candra, "Prediction of Electricity Usage with Back-propagation Neural Network," *Int. J. Eng. Comput. Sci. Appl.*, vol. 1, no. 1, pp. 9–18, 2022, doi: 10.30812/ijecsa.v1i1.1722.
- [15] A. Irianti, P. H. Rantellinggi, A. Taufik, N. Zulkarnaim, and S. Cokrowibowo, "Implementation of Backpropagation Artificial Neural Network for Food Price Prediction in Majene Central Market," *J. Tek. Inform.*, vol. 3, no. 3, pp. 681–688, 2022, [Online]. Available: <https://doi.org/10.20884/1.jutif.2022.3.3.226>