

CLASSIFICATION OF SUGAR LEVELS IN BANANA FRUIT BASED ON COLOR FEATURES USING DIGITAL IMAGE PROCESSING-BASED ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

Mushawwir S^{*1}, Rafli Ananta Burhan², Tarisa Yuliarni³, Andi Baso Kaswar^{*4}, Dyah Darma Andayani⁵

^{1,2,3,4,5}Department of Informatics and Computer Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Negeri Makassar, Indonesia

Email: ¹mushawwir02@gmail.com, ²rafliananta77@gmail.com, ³tarisayuliarni2628@gmail.com,
⁴a.baso.kaswar@unm.ac.id, ⁵dyahdarma@unm.ac.id

(Article received: September 22, 2023; Revision: November 03, 2023; published: July 29, 2024)

Abstract

Bananas are a fruit that has many benefits for human health, because bananas contain a source of vitamins, minerals and carbohydrates. Bananas are a fruit that is often consumed by Indonesian people because of their sweet taste. With this sweet taste, of course bananas have quite high sugar levels, so diabetes sufferers must pay attention to this when choosing bananas. The level of sugar content in bananas can be distinguished by looking at the ripeness of the fruit. To differentiate between them, of course, we use human vision, but human observation also has weaknesses and errors can occur in the process, whether due to lack of lighting, visual impairment, or age. Therefore, this study proposes a classification of the level of sugar content in bananas in the RGB color space using artificial neural networks (ANN). The proposed method consists of 6 stages, namely image acquisition, preprocessing, segmentation, morphological operations, RGB feature extraction, and classification stage. In this study, 300 samples of banana fruit images were used. 210 datasets will be used for training and 90 datasets for testing. The dataset is divided into 3 classes, namely low sugar content, medium sugar content, and high sugar content. Based on the test results that have been carried out, the accuracy of the classification results is 97.78%, the misclassification is 2.22%, and the computing time is 375 seconds. These results show that the proposed method can accurately classify the level of sugar content in bananas.

Keywords: artificial neural networks, bananas, classification, RGB, sugar levels.

KLASIFIKASI TINGKAT KADAR GULA PADA BUAH PISANG BERDASARKAN FITUR WARNA MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN BERBASIS PENGOLAHAN CITRA DIGITAL

Abstrak

Pisang adalah buah yang memiliki banyak manfaat bagi kesehatan manusia, karena pisang mengandung sumber vitamin, mineral dan karbohidrat. Pisang merupakan buah yang sering dikonsumsi oleh masyarakat Indonesia karena rasanya yang manis. Dengan rasa manis itu, tentu buah pisang memiliki kadar gula yang cukup tinggi, sehingga penderita diabetes harus memperhatikannya dalam pemilihan buah pisang. Tingkatan kadar gula pada pisang bisa dibedakan dengan melihat kematangan buahnya. Untuk membedakannya tentu dengan menggunakan penglihatan manusia, namun pengamatan manusia juga memiliki kelemahan dan bisa saja terjadi kesalahan dalam prosesnya, baik itu karena kurangnya pencahayaan, gangguan penglihatan, atau faktor usia. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan klasifikasi tingkat kandungan kadar gula pada buah pisang dalam ruang warna RGB dengan menggunakan jaringan saraf tiruan (JST). Metode yang diusulkan terdiri atas 6 tahap, yaitu tahap akuisisi citra, *preprocessing*, segmentasi, operasi morfologi, ekstraksi fitur RGB, dan tahap klasifikasi. Pada penelitian ini digunakan 300 sampel citra buah pisang. 210 *dataset* akan digunakan untuk pelatihan dan 90 *dataset* untuk pengujian. *Dataset* dibagi menjadi 3 kelas, yaitu kadar gula rendah, kadar gula sedang, dan kadar gula tinggi. Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, diperoleh akurasi dari hasil klasifikasi sebesar 97,78%, misklasifikasi sebesar 2,22%, dan waktu komputasi sebesar 375 detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa metode yang diusulkan dapat mengklasifikasikan tingkat kadar gula pada buah pisang secara akurat.

Kata kunci: jaringan saraf tiruan, kadar gula, klasifikasi, pisang, RGB.

1. PENDAHULUAN

Pisang merupakan buah yang sangat terkenal di Indonesia. Berdasarkan data pada Badan Pusat Statistik (BPS), Indonesia diperkirakan telah memproduksi pisang sebanyak 8,74 juta ton pada 2021. Jumlah ini meningkat 6,85% dibandingkan tahun sebelumnya sebesar 8,18 juta ton [1]. Pisang dapat dihidangkan dengan berbagai cara, antara lain langsung dimakan, dikukus, digoreng, ataupun diolah dengan bahan lainnya. Secara umum buah pisang memiliki rasa yang manis sehingga pisang sering dikonsumsi banyak orang. Selain enak, pisang memiliki banyak manfaat untuk kesehatan. Pisang memiliki banyak vitamin serta serat makanan. Dibandingkan dengan apel, pisang mengandung lebih dari dua kali lebih banyak karbohidrat dan lima kali lebih banyak vitamin A [2]. Selain itu, pisang juga kaya akan *magnesium* dan *potasium* yang penting untuk tetap bugar [3].

Manfaat dan kadar gula dari pisang juga bisa dilihat berdasarkan warna kulitnya. Pisang berkulit hijau sangat baik bagi kesehatan karena kadar gula yang rendah dan jumlah pati resistennya tinggi. Pati pada buah pisang berguna untuk peningkatan asam lemak rantai pendek serta baik untuk usus, sehingga pisang cocok dikonsumsi oleh penderita diabetes dan juga untuk orang yang sedang melakukan diet [4], [5]. Pisang berkulit kuning dapat digunakan untuk menghalangi efek radikal bebas karena mengandung antioksidan. Namun, pisang berkulit kuning ini menempati indeks glikemik yang tinggi sehingga pisang tersebut kurang cocok bagi penderita penyakit diabetes. Pisang berkulit kuning dengan bintik cokelat sering dianggap bahwa pisang tersebut rusak. Padahal, pada pisang tersebut mengandung serat yang rendah dan lebih banyak gula. Akan tetapi, suatu riset membuktikan bahwa mengkonsumsi pisang matang lebih baik daripada nasi putih bagi penderita diabetes. Pisang berkulit cokelat sering dibuang karena dikira busuk dan tidak layak untuk dimakan. Padahal, pisang tersebut mengandung kadar antioksidan dan antiinflamasi yang tinggi. Akan tetapi, pisang tersebut tidak disarankan bagi orang-orang yang sedang melakukan diet atau penderita diabetes karena memiliki kadar gula yang sangat tinggi [6].

Buah pisang dengan ukuran sedang dan berat sekitar 126 gram, bisa mengandung hingga 29 gram karbohidrat dan 122 kalori. Isi dari karbohidrat tersebut berupa gula, pati, dan serat. Buah pisang yang berukuran sedang tersebut terkandung sekitar 15 gram gula dan juga 3 gram serat. Indeks Glikemik (IG) merupakan cara yang bisa dilakukan untuk mengetahui buah yang mengandung karbohidrat, sehingga hal tersebut dapat mempengaruhi gula darah. Tingkatan IG suatu makanan atau buah dapat diketahui berdasarkan berapa banyak dan cepat buah itu dapat meningkatkan kadar gula pada darah. Peringkat IG dibagi menjadi 3 yaitu, IG rendah dengan nilai 55 atau kurang, IG sedang dengan nilai

56-69, dan IG tinggi dengan nilai 70-100. Secara keseluruhan, peringkat IG pada pisang menempati peringkat rendah sampai sedang dengan skala IG yaitu, 42-62 (tergantung tingkat kematangannya) [7], [8].

Manusia dapat mengidentifikasi suatu objek dengan melihat warnanya. Ada berbagai macam warna yang dapat dilihat oleh mata manusia saat sedang membedakan suatu objek. Berbagai macam warna ini dapat dikategorikan untuk membantu pengidentifikasian suatu objek. Misalnya, saat membedakan tingkat kemanisan buah dengan cara melihat tingkat kematangan dan ukuran pada buah. Secara umum, kematangan buah pisang hanya bisa dinilai dari warna kulit buahnya. Namun, mata manusia bisa menjadi tidak akurat karena berbagai faktor. Contohnya seperti faktor usia, pencahayaan yang berbeda-beda, dan persepsi manusia yang berbeda-beda. Hal ini bisa mengurangi fokus visual manusia dan memerlukan lebih banyak energi untuk membandingkan suatu objek [9].

Sebelumnya, telah dilakukan penelitian terkait kadar gula yaitu mengidentifikasi tingkat kadar gula pada buah. Penelitian terkait pengidentifikasian tingkat kadar gula pada buah salak menggunakan metode fraktal berdasarkan pola kulitnya dengan jumlah data latih 30 buah, memperoleh kesimpulan bahwa metode tersebut dapat dilakukan dalam mengidentifikasi tingkatan kadar gula pada buah tersebut. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa tingkat kerumitan pola yang ada pada kulit salak berpengaruh pada tingkat kadar gulanya, karena semakin tinggi kerumitan pola pada kulitnya maka semakin tinggi pula kadar gula pada buah salak tersebut. Pada penelitian tersebut memperoleh nilai korelasi sebesar 0.9975 [10].

Penelitian analisis fraktal untuk mengidentifikasi kadar gula pada rambutan dengan menggunakan metode *Box-Counting* dengan jumlah sampel 30 buah, memperoleh kesimpulan bahwa metode analisis fraktal berhasil mengidentifikasi tingkat kadar gula pada buah rambutan dengan hasil bahwa semakin tinggi kadar gulanya maka semakin tinggi pula dimensi fraktal dari bentuk rambut pada buah rambutan. Pada penelitian tersebut didapatkan nilai *R-square* sebesar 0.9867, *RMSE* 0.132, dan nilai korelasinya adalah 0.9781 [11].

Selanjutnya penelitian mengenai buah pisang yaitu, klasifikasi mutu pada buah pisang dengan menggunakan jaringan saraf tiruan. Pada penelitian tersebut menggunakan data uji sebanyak 100 buah pisang dan berhasil mengklasifikasikan mutu pisang dengan lima kelas yaitu, untuk pisang berwarna kuning masuk dalam kelas super, kelas A, dan kelas B; warna hijau masuk dalam kelas luar mutu I; dan warna kecokelatan masuk dalam kelas mutu II. Penelitian tersebut mampu memperoleh tingkat keberhasilan dalam mengklasifikasikan mutu sebesar 94%. [12].

Penelitian mengenai klasifikasi kematangan pada buah pisang menggunakan warna RGB dengan jaringan saraf tiruan yang menghasilkan 4 jenis klasifikasi, yaitu: masak, mentah, mengkal, dan busuk dengan rata-rata tingkat akurasi untuk semua sampel adalah 98,3% [13].

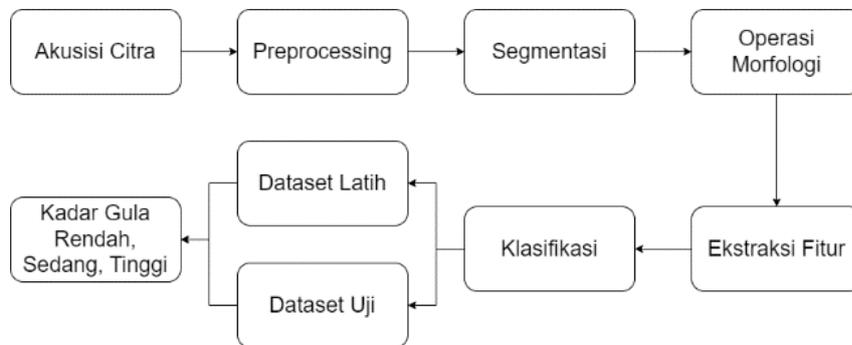
Namun, dalam penelitian yang telah dipaparkan sebelumnya hanya menggunakan data latih yang relatif sedikit, dan belum ada penelitian mengenai klasifikasi tingkat kadar gula pada buah pisang. Selain itu, penelitian-penelitian tersebut hanya berfokus pada klasifikasi mutu dan tingkat kematangan pada pisang.

Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan proses klasifikasi tingkat kadar gula pada buah pisang berdasarkan fitur warna dengan menggunakan metode jaringan saraf tiruan (JST) berbasis

pengolahan citra digital. Klasifikasi tingkat kandungan kadar gula terdiri atas tiga tingkatan kelas yaitu, kelas A (kadar gula rendah), kelas B (kadar gula sedang), dan kelas C (kadar gula tinggi). Metode yang diusulkan terdiri atas 6 tahap, yaitu pengambilan citra, *preprocessing*, segmentasi, morfologi, ekstraksi fitur warna RGB, dan tahap klasifikasi dengan menggunakan Jaringan Saraf Tiruan (JST).

2. METODE PENELITIAN

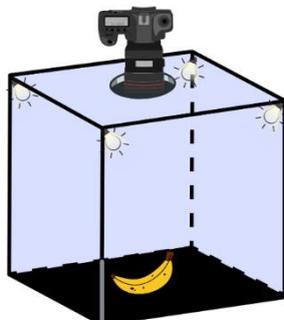
Metode yang digunakan dalam penelitian ini, terdiri dari beberapa tahapan yang bisa dilihat pada Gambar 1, dimana tahapan terdiri dari akuisisi citra, *preprocessing*, tahap segmentasi, operasi morfologi, ekstraksi fitur, dan tahap klasifikasi.



Gambar 1. Bagan Metode Penelitian

2.1. Akuisisi Citra

Proses akuisisi citra dilakukan dengan menggunakan kamera dimana citra analog akan diubah menjadi citra digital [9]. Jenis kamera yang digunakan dalam tahap akuisisi citra adalah kamera DSLR Canon EOS 700D. Objek disimpan di dalam kotak/*box* yang tertutup dan dilengkapi lampu agar pencahayaan menjadi konsisten dengan resolusi citra 5184 x 3456 dan ruang warna RGB. Kotak tersebut juga diberi lubang pada bagian atas untuk mengambil gambar secara konsisten menggunakan kamera seperti pada Gambar 2. *Output* pada tahapan ini adalah gambar citra digital asli pada buah pisang.



Gambar 2. Tahap Akuisisi Citra

2.2. Preprocessing

Pada tahap ini yang dilakukan adalah mengubah citra asli agar mempermudah tahapan-tahapan

selanjutnya [14]. Pada tahap ini *input* yang digunakan yaitu citra asli yang dihasilkan pada tahapan akuisisi citra. Pada tahap ini dilakukan pengecilan terhadap ukuran citra, dan selanjutnya mengubah citra RGB menjadi citra *grayscale*, dimana citra *grayscale* ini merupakan *output* dari tahap *preprocessing*. Citra *grayscale* hanya memiliki derajat keabuan. Untuk mengubah citra RGB menjadi *grayscale*, dapat diubah dengan cara mengambil nilai rata-rata dari fitur *red*, *green*, dan *blue* [15].

Pada tahapan *preprocessing*, akan ditentukan *channel* yang sesuai dengan citra untuk dijadikan *grayscale* dan menjadi acuan pada tahap segmentasi. Penelitian ini menggunakan *channel red* yang merupakan *channel* yang paling sesuai untuk dijadikan sebagai acuan untuk setiap citra.

2.3. Segmentasi

Tahap segmentasi citra memiliki tujuan untuk menentukan citra dari suatu objek dengan cara membagi citra menjadi 2 bagian, yaitu citra objek dan citra latar belakang. Ada banyak metode dalam mensegmentasi citra. Akan tetapi, metode segmentasi yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan metode *thresholding Otsu*. *Input* pada tahap ini adalah *output* dari tahap *preprocessing* dalam bentuk Citra *grayscale* yang selanjutnya akan dilakukan metode *thresholding Otsu*. Metode *thresholding Otsu* merupakan salah satu algoritma

dalam melakukan segmentasi, dimana dari citra *grayscale* kemudian diubah menjadi citra yang telah terpisah antara citra objek dan citra background dalam 2 warna yang berbeda. Cara kerja dari algoritma *thresholding Otsu* adalah dengan membuat histogram yang berfungsi untuk mengelompokkan nilai piksel berdasarkan nilai *threshold*. Agar hasil pengelompokan mencapai nilai maksimal, maka dibutuhkan nilai *threshold* yang dapat memisahkan kelas pada setiap piksel sehingga nilai intensitas piksel pada setiap kelas dapat berbeda-beda [16], [17]. *Output* pada tahapan ini adalah citra yang telah membedakan antara citra objek dan citra *background*.

2.4. Morfologi

Operasi morfologi secara umum memiliki tujuan untuk memperbaiki bentuk dari citra yang dihasilkan pada tahap segmentasi sehingga menghasilkan fitur-fitur yang lebih akurat saat melakukan analisis ataupun pengklasifikasian [18]. Input pada tahap morfologi ini adalah citra yang dihasilkan pada tahap segmentasi.

Pada tahap ini urutan operasi morfologi yang digunakan adalah “*dilasi-closing-hole filling-erosi-area open*”. Sebelum melakukan operasi tersebut, akan dibangun strel dengan bentuk *disk* dengan ukuran 20 piksel. Tahap pertama adalah dilasi, dimana dilasi ini akan memperbesar objek pada citra, setelah itu dilakukan operasi *closing* untuk menutup bagian pada citra sesuai dengan ukuran strel. Tahap selanjutnya *hole filling* untuk menutupi bagian objek yang berlubang. Berikutnya adalah tahap erosi untuk mengembalikan objek yang diperbesar saat dilasi. Tahap terakhir adalah *area open* untuk menghilangkan objek yang tidak diperlukan. Hasil *output* pada tahapan ini adalah citra segmentasi yang sudah bersih.

2.5. Ekstraksi Fitur

Tahap ini mengambil input dari fitur citra objek pisang berdasarkan hasil pada tahap morfologi. Setelah itu mengekstrak fitur warna hanya pada citra objek input tersebut. Kemudian setiap *channel*-nya akan dicari *mean*-nya yang akan dijadikan input pada tahap pelatihan jaringan saraf tiruan untuk dijadikan acuan pada tiga kelas kadar gula pada pisang [19]. Output pada tahap ini adalah hasil ekstraksi fitur pada citra yang di hasilkan pada tahap morfologi.

2.6. Klasifikasi

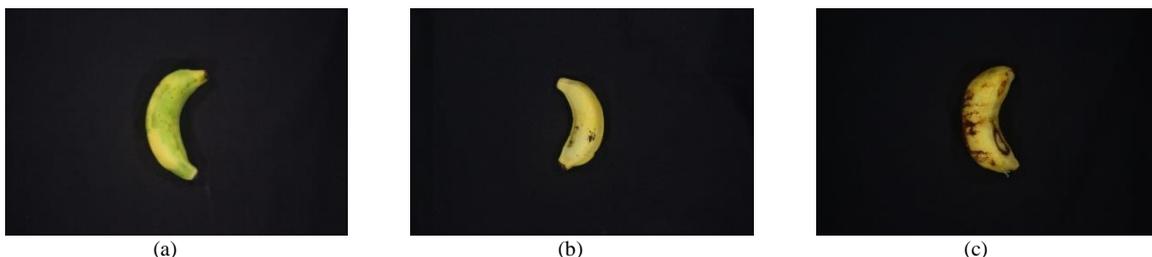
Pada tahap ini, input yang digunakan adalah nilai ekstraksi fitur yang dihasilkan pada tahap ekstraksi fitur. Klasifikasi yang digunakan pada penelitian ini adalah Jaringan Saraf Tiruan (JST). JST sendiri merupakan sistem yang dapat memproses informasi dan juga digunakan untuk proses pengklasifikasian dengan karakteristik yang sama dengan cara kerja otak manusia. JST berasal dari pemahaman manusia (*human cognition*) yang merupakan suatu generalisasi dari model matematis [20]. JST juga memiliki beberapa neuron, dimana neuron-neuron tersebut saling terhubung layaknya otak-otak manusia. Struktur neuron dimana neuron-neuron tersebut mengirimkan informasi yang diterima ke neuron lainnya [21]. Dalam jaringan saraf hubungan tersebut biasanya disebut sebagai bobot. Pada bobot tersebut terdapat nilai yang menyimpan informasi yang diterima [22].

Pada tahap klasifikasi terbagi menjadi dua proses yaitu proses pelatihan JST dan proses pengujian JST. Proses pelatihan adalah proses melatih jaringan saraf tiruan untuk membangun sistem yang dapat digunakan untuk mengetahui dan membedakan kelas kadar gula pisang [12]. Proses pelatihan JST pada penelitian ini menggunakan *dataset* pisang sebanyak 210 buah, dimana *dataset* tersebut dibagi menjadi 3 kelas yaitu, Kelas Tinggi, Sedang, dan Rendah. Jumlah *dataset* latih pada masing-masing kelas sebanyak 70 *dataset*.

Proses pengujian adalah tahap menguji hasil dari proses pelatihan yaitu jaringan terlatih untuk mengklasifikasi tingkatan kadar gula pada buah pisang. Jumlah *dataset* uji pada penelitian ini sebanyak 90 *dataset* dengan 3 kelas yaitu, kelas kadar gula rendah, kadar gula sedang, dan kadar gula tinggi. Jumlah *dataset* uji pada masing-masing kelas sebanyak 30 *dataset*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses penelitian akan melalui berbagai tahap. Seperti yang telah dijelaskan pada metode penelitian, tahap pertama yang dilakukan adalah tahap akuisisi citra. Citra yang diambil berjumlah 300. 210 *dataset* akan dijadikan data latih dan 90 *dataset* akan dijadikan data uji. *Dataset* akan dibagi menjadi tiga kelas yaitu kadar gula rendah, kadar gula sedang, dan kadar gula tinggi. Salah satu contoh citra dari ketiga kelas tersebut akan terlihat seperti pada Gambar 3.



(a)

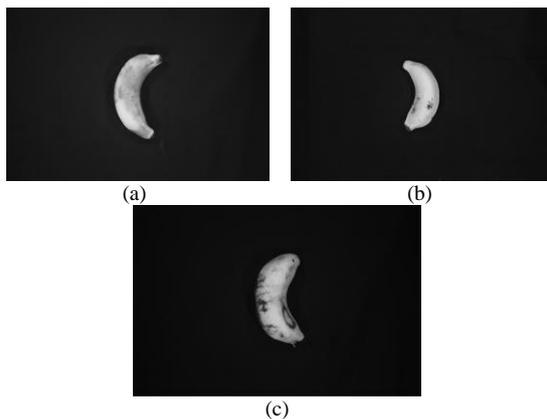
(b)

(c)

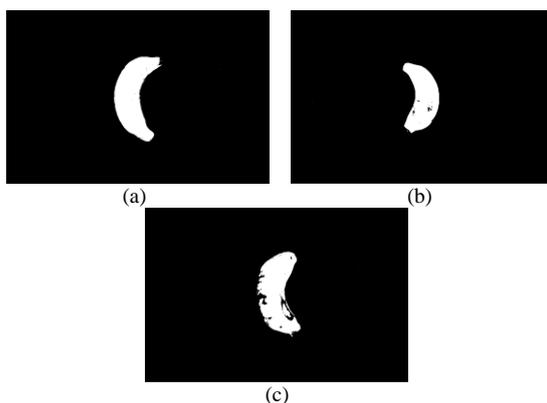
Gambar 3. (a) Gula Rendah. (b) Gula Sedang. (c) Gula Tinggi.

Berdasarkan Gambar 3 dapat diketahui bahwa buah pisang Gambar 3(a) memiliki kadar gula rendah cenderung memiliki warna yang kehijauan, sedangkan pisang pada Gambar 3(b) kadar gulanya sedang memiliki warna yang lebih kuning dan memiliki sedikit bintik hitam pada kulitnya. Sementara itu pisang pada Gambar 3(c) dengan kadar gula tinggi memiliki warna kuning kecokelatan dan bintik hitam yang semakin banyak.

Citra tersebut kemudian dilakukan tahap *preprocessing* dan segmentasi. Tahap *preprocessing* akan diubah citra menjadi *grayscale*. *Channel red* akan diubah menjadi *grayscale* dan sebagai acuan pada tahap segmentasi karena *channel red* memiliki intensitas warna yang paling terang dan terbaik. Pada tahap segmentasi akan dilakukan proses segmentasi menggunakan *thresholding Otsu* dan memisahkan gambar objek dan *background*. Gambar 4 merupakan hasil pada tahap *preprocessing*, dan Gambar 5 merupakan hasil pada tahap segmentasi dari Gambar 3.



Gambar 4. (a) Grayscale Gula Rendah. (b) Grayscale Gula Sedang. (c) Grayscale Gula Tinggi.

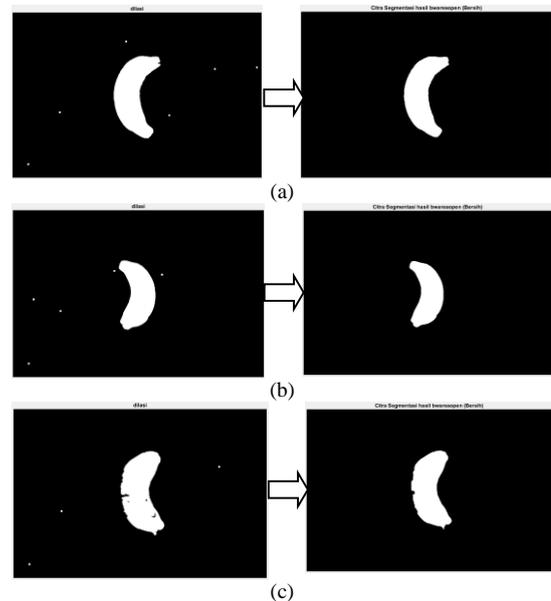


Gambar 5. (a) Segmentasi Gula Rendah. (b) Segmentasi Gula Sedang. (c) Segmentasi Gula Tinggi.

Hasil segmentasi pada Gambar 5 memiliki lubang di dalam objek dan beberapa *noise* di sekitarnya. Hal tersebut disebabkan karena bagian hitam pada pisang menyerupai warna *background* sehingga menghasilkan gambar tersebut. *Noise* pada Gambar 5 juga disebabkan oleh *background* yang

kurang bersih. Gambar 5(a) dan 5(b) merupakan contoh hasil segmentasi yang baik karena gambar objek sudah jelas. Sedangkan Gambar 5(c) merupakan contoh hasil segmentasi yang kurang baik karena memiliki banyak bintik hitam pada pisangnya. Maka dari itu dilakukan operasi morfologi untuk memperjelas gambar objek pada citra. Operasi morfologi yang dilakukan adalah dilasi-*closing-hole filling-erosi-area open* dan strel yang digunakan adalah *disk 20*. Hasil dari tahap operasi morfologi dapat dilihat pada Gambar 6.

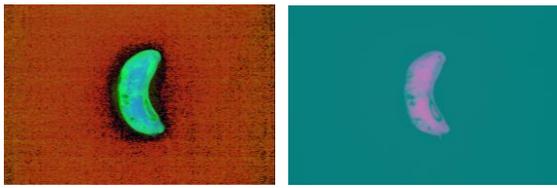
Pada Gambar 6(a) dan 6(b) menunjukkan gambar objek yang sangat jelas dan bersih setelah melalui operasi morfologi, sementara itu Gambar 6(c) masih memiliki sedikit lubang pada pinggiran objek. Hal tersebut disebabkan karena pisang gula tinggi memiliki bintik hitam yang cukup besar, sedangkan pisang gula rendah dan sedang memiliki sedikit bintik hitam sehingga mudah untuk ditutup.



Gambar 6. (a) Morfologi Gula Rendah. (b) Morfologi Gula Sedang. (c) Morfologi Gula Tinggi.

Setelah tahapan operasi morfologi, selanjutnya dilakukan ekstraksi fitur. Fitur yang akan digunakan untuk pelatihan adalah fitur warna RGB, HSV, dan LAB. Fitur warna HSV dan CIELab adalah representasi alternatif dari model warna RGB. Citra hasil HSV dan hasil CIELab akan terlihat seperti Gambar 7. Fitur warna HSV akan menggunakan warna *value* (V) dan CIELab menggunakan ruang warna L yang dapat dilihat pada Gambar 8. Kedua fitur tersebut akan melalui proses yang sama seperti fitur warna RGB.

Setelah itu, tahap pelatihan model JST akan dilakukan pada *dataset* latih dengan menggunakan masing-masing fitur warna dan dihitung nilai akurasi. Hasil pelatihan akan dibandingkan nilai akurasi dan dijadikan sebagai pertimbangan, fitur mana yang akan digunakan untuk melakukan pengklasifikasian pada data uji nanti.



Gambar 7. (a) Citra Hasil HSV. (b) Citra Hasil CIE Lab

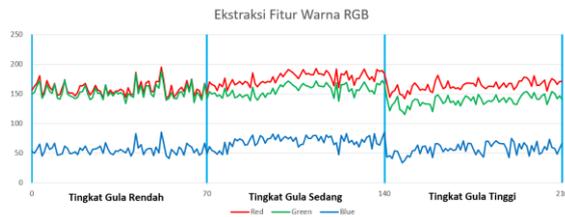


Gambar 8. (a) Citra HSV warna V. (b) Citra CIE Lab warna L.

Tabel 1. Hasil Data Pelatihan

| Fitur Warna | Jumlah Data | Akurasi (%) | Missclassification Error (%) | Runtime | |
|--------------------|-------------|----------------|------------------------------|------------|--------------|
| | | | | Detik | Menit |
| RGB (<i>red</i>) | 90 | 94,4444 | 5,5556 | 210 | 03:30 |
| | 150 | 94,6667 | 5,3333 | 358 | 05:58 |
| | 210 | 96,6666 | 3,3334 | 636 | 10:36 |
| HSV (V) | 90 | 94,4444 | 5,5556 | 244 | 04:04 |
| | 150 | 94,6667 | 5,3333 | 386 | 06:26 |
| | 210 | 92,381 | 7,619 | 462 | 07:42 |
| CIE Lab (L) | 90 | 93,3333 | 6,6667 | 712 | 11:52 |
| | 150 | 95,3333 | 4,6667 | 1193 | 19:53 |
| | 210 | 94,7619 | 5,2381 | 1800 | 30 |

Hasil dari proses pelatihan *dataset* pada setiap fitur dapat dilihat pada Tabel 1. Hasil akurasi yang didapatkan semuanya diatas 90%. Bisa dikatakan setiap fitur yang digunakan dapat menghasilkan akurasi yang sangat tinggi. Namun pertimbangan fitur yang akan digunakan untuk melakukan klasifikasi ditentukan dari akurasi tertinggi dan lebih efisien. Berdasarkan pada Tabel 1, dapat dilihat hasil akurasi pada setiap fitur warna. Nilai akurasi tertinggi yang didapatkan adalah 96,66%. Nilai akurasi tersebut diperoleh dari fitur warna RGB dengan jumlah data latih sebanyak 210 buah dan lama komputasi (*runtime*) yang terbilang singkat. Sehingga, fitur warna yang akan digunakan untuk melakukan klasifikasi terhadap *dataset* uji adalah fitur warna RGB.

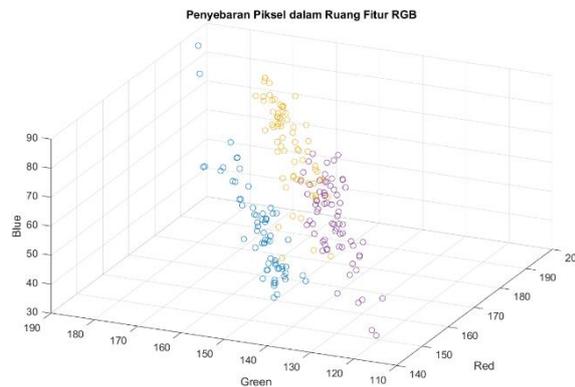


Gambar 9. Grafik Ekstraksi Fitur Warna RGB.

Gambar 9 adalah grafik penyebaran rata-rata warna RGB hasil dari proses pelatihan. Dari grafik tersebut dapat dilihat perbedaan dari ketiga kelas yang telah dibentuk. *Dataset* 1-70 merupakan kelas kadar gula rendah, dimana dari grafik tersebut dapat dilihat bahwa nilai intensitas warna *green* yang tinggi dan hampir sama dengan nilai intensitas warna *red*. Hal tersebut dikarenakan warna kulit dari pisang dengan kadar gula rendah memiliki warna hijau. *Dataset* 71-140 merupakan buah pisang dengan kadar gula sedang. Dari grafik tersebut, nilai intensitas warna *red*-nya meningkat dan intensitas warna *green* menurun dan jaraknya dengan *red* menjauh. Hal tersebut disebabkan karena pisang menjadi matang sehingga warna pisang mulai menguning dan menjadi

lebih terang. *Dataset* 141-210 merupakan buah pisang dengan kadar gula tinggi. Grafik tersebut menunjukkan semua intensitas warnanya menurun. Hal tersebut terjadi karena pisang menjadi sangat matang dan membuat warna pisang menjadi lebih gelap. Nilai intensitas dari warna *blue* sangat rendah. Hal tersebut dikarenakan warna *blue* dalam fitur warna RGB pada citra pisang tidak terlalu berpengaruh dibandingkan dengan warna *red* dan *green*.

Berdasarkan pelatihan yang telah dilakukan, dapat dilihat representasi penyebaran dari setiap piksel dalam ruang fitur RGB pada *dataset* latih seperti pada Gambar 10. Dapat dilihat penyebaran pikselnya terbagi menjadi 3 kelas yang telah ditentukan sebelumnya yaitu pisang dengan kadar gula rendah, kadar gula sedang, dan kadar gula tinggi. Masing-masing dari kelas tersebut berisikan 70 citra *dataset*.



Gambar 10. Penyebaran Piksel dalam Ruang Fitur RGB Data Pelatihan

Hasil dari tahap pelatihan model JST pada *dataset* latih, menunjukkan bahwa fitur warna yang memiliki nilai akurasi tertinggi dan lama komputasi (*runtime*) yang terbilang singkat adalah fitur warna RGB. Sehingga, fitur warna RGB tersebut yang akan digunakan untuk melakukan proses klasifikasi

terhadap *dataset* uji pada tahapan pengujian. Pada tahap pengujian, total citra yang akan digunakan sebanyak 90 citra dan dibagi menjadi 3 kelas, yaitu 30 citra untuk kadar gula rendah, 30 citra kadar gula sedang, dan 30 citra kadar gula tinggi.

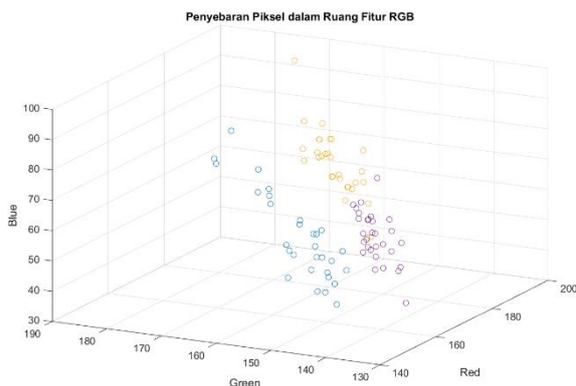
Hasil dari tahap pengujian dapat dilihat pada Tabel 2, data yang diperoleh dari hasil klasifikasi Pisang dengan mengekstrak fitur warna RGB. Citra

tersebut diuji berdasarkan pada JST yang telah dilatih sebelumnya sehingga memperoleh hasil klasifikasi yang akurasi sangat tinggi sebesar 97,78%. Pada kelas pisang gula sedang, terjadi dua misklasifikasi dan tertanda sebagai pisang gula tinggi. Itu disebabkan karena kedua citra tersebut memiliki nilai rata-rata RGB yang lebih mendekati warna pisang gula tinggi.

Tabel 2. Hasil Data Pengujian

| No | Kategori/ Kelas | Jumlah Data | Benar | Salah | Akurasi (%) | Runtime | |
|--------------|-----------------|-------------|-----------|----------|--------------|------------|--------------|
| | | | | | | Detik | Menit |
| 1 | Gula Rendah | 30 | 30 | 0 | 100 | | |
| 2 | Gula Sedang | 30 | 28 | 2 | 93,33 | 375 | 06:15 |
| 3 | Gula Tinggi | 30 | 30 | 0 | 100 | | |
| Total | | 90 | 88 | 2 | 97,78 | 375 | 06:15 |

Berdasarkan hasil pengujian, bisa dilihat hasil penyebaran piksel dalam ruang fitur RGB pada Gambar 11. Dalam penyebaran tersebut terdapat 3 kelas tingkat kadar gula, yaitu kadar gula rendah, kadar gula sedang, dan kadar gula tinggi. Masing-masing kelas tersebut berisikan 30 citra *dataset*. Di dalam penyebaran tersebut juga dapat dilihat piksel yang sangat berdekatan dengan kelas lain. Piksel itulah yang merupakan misklasifikasi data dari pengujian yang telah dilakukan.



Gambar 11. Penyebaran Piksel dalam Ruang Fitur RGB Data Pengujian.

4. DISKUSI

Penelitian ini menghasilkan suatu sistem yang dapat mengklasifikasi tingkat kadar gula pada buah pisang berdasarkan fitur warna menggunakan Jaringan Saraf Tiruan berbasis pengolahan citra digital. Klasifikasi dilakukan dengan cara membagi buah pisang ke dalam 3 kelas yaitu kadar gula rendah, kadar gula sedang, dan kadar gula tinggi. Pada tahap pelatihan, terdapat 3 skenario pelatihan dengan 3 fitur warna yang berbeda yaitu fitur warna RGB, HSV, dan LAB. Setiap fitur warna tersebut, masing-masing *dataset* dibagi menjadi 90, 150, dan 210. Berdasarkan hasil dari tahap pelatihan, fitur warna yang memiliki nilai akurasi, *misclassification error* (ME), dan waktu komputasi yang terbaik adalah fitur warna RGB. Sehingga pada tahap pengujian, fitur warna yang digunakan adalah fitur warna RGB. Pada tahap pengujian, nilai akurasi yang didapatkan sebesar

97,78%, *misclassification error* (ME) 2,22%, dan waktu komputasi selama 375 detik.

Penelitian sebelumnya yang membahas tentang klasifikasi mutu pada buah pisang dengan menggunakan jaringan saraf tiruan. Penelitian tersebut mampu memperoleh tingkat keberhasilan dalam mengklasifikasikan mutu sebesar 94% dengan menggunakan data uji sebanyak 100 buah dan dengan 5 kelas yaitu, untuk pisang berwarna kuning masuk dalam kelas super, kelas A, dan kelas B; warna hijau masuk dalam kelas luar mutu I; dan warna kecoklatan masuk dalam kelas mutu II[12]. Penelitian selanjutnya yaitu mengenai klasifikasi kematangan pada buah pisang menggunakan warna RGB dengan jaringan saraf tiruan yang menghasilkan 4 jenis klasifikasi, yaitu: masak, mentah, mengkal, dan busuk dengan rata-rata tingkat akurasi untuk semua sampel adalah 98,3%. penelitian tersebut menggunakan 120 data citra uji dan 80 citra buah pisang pada tahap pelatihan[13].

Penelitian ini menggunakan *dataset* sebanyak 300 sampel citra buah pisang. Pada tahap pelatihan, jumlah *dataset* yang digunakan sebanyak 210 *dataset*. Pada tahap pengujian, jumlah *dataset* yang digunakan sebanyak 90 *dataset*. Sehingga, penelitian ini mempunyai tingkat akurasi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan penelitian sebelumnya.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan pada hasil analisis dan uji coba yang telah dilakukan dengan mengklasifikasikan tingkat kadar gula pada citra buah pisang yang ada dalam ruang RGB menggunakan Jaringan Saraf Tiruan (JST), dapat disimpulkan bahwa program yang dibuat dapat mengenali citra pisang dan mengkaji tingkat kadar gula dari pisang. Hal ini dapat bermanfaat bagi penderita diabetes dan penyakit lain yang berhubungan dengan tingkat kadar gula yang ada pada buah pisang. Penelitian ini menggunakan 300 sampel citra buah pisang. 210 *dataset* akan digunakan untuk pelatihan dan 90 *dataset* untuk pengujian. Metode yang digunakan dapat mendeteksi tingkat kadar gula pada buah pisang dengan tingkat akurasi yang mencapai 100% untuk kadar gula

rendah, 93,33% untuk kadar gula sedang, dan 100% untuk kadar gula tinggi. Sedangkan, jumlah rata-rata dari nilai akurasi yang didapatkan pada seluruh *dataset* uji sebesar 97,78% dengan *misclassification error* (ME) 2,22%, dan waktu komputasi selama 375 detik. Dengan memanfaatkan sistem yang dihasilkan pada penelitian ini, kita dapat mengetahui klasifikasi tingkat kadar gula pada buah pisang menjadi 3 kelas, yaitu tingkat kadar gula rendah, kadar gula sedang, dan kadar gula tinggi. Saran untuk penelitian berikutnya yaitu agar dapat menklasifikasikan kadar gula tidak hanya pada buah pisang saja akan tetapi menklasifikasi kadar gula pada semua jenis buah lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Bayu, "Produksi Pisang di Indonesia Capai 8,74 Juta Ton pada 2021," *DataIndonesia.id*, 2022. <https://dataindonesia.id/sectorriil/detail/produksi-pisang-di-indonesia-capai-874-juta-ton-pada-2021>
- [2] P. K. RI, "Khasiat dan Manfaat Pisang," *Kementerian Kesehatan Republik Indonesia*, 2018. <http://p2ptm.kemkes.go.id/tag/khasiat-dan-manfaat-pisang#:~:text=Sumber Karbohidrat dan Vitamin A,bagi tubuh untuk tetap bugar.>
- [3] J. S. Sidhu and T. A. Zafar, "Bioactive compounds in banana fruits and their health benefits," *Food Qual. Saf.*, vol. 2, no. 4, pp. 183–188, 2018, doi: 10.1093/fqsafe/fyy019.
- [4] A. L. Falcomer, R. F. R. Riquette, B. R. De Lima, V. C. Ginani, and R. P. Zandonadi, "Health benefits of green banana consumption: A systematic review," *Nutrients*, vol. 11, no. 6, pp. 1–22, 2019, doi: 10.3390/nu11061222.
- [5] E. S. Costa *et al.*, "Beneficial effects of green banana biomass consumption in patients with pre-diabetes and type 2 diabetes: A randomised controlled trial," *Br. J. Nutr.*, vol. 121, no. 12, pp. 1365–1375, 2019, doi: 10.1017/S0007114519000576.
- [6] H. Apriliani, "Mengetahui Manfaat Pisang Berdasarkan Warna Kulitnya," 2021. <https://voi.id/lifestyle/39137/mengetahui-manfaat-pisang-berdasarkan-warna-kulitnya> (accessed Nov. 25, 2022).
- [7] J. Indrawan, "Apakah Mengonsumsi Buah Pisang Baik Untuk Penderita Diabetes?," 2021. <https://bangka.sonora.id/read/502542708/apa-kah-mengonsumsi-buah-pisang-baik-untuk-penderita-diabetes?page=all> (accessed Nov. 25, 2022).
- [8] *et al.*, "Analisis Kandungan Zat Gizi, Pati Resisten, Indeks Glikemik, Beban Glikemik dan Daya Terima Cookies Tepung Pisang Kepok (*Musa paradisiaca*) Termodifikasi Enzimatis dan Tepung Kacang Hijau (*Vigna radiata*)," *J. Apl. Teknol. Pangan*, vol. 9, no. 3, pp. 101–107, 2020, doi: 10.17728/jatp.8148.
- [9] Alfian Firlansyah, Andi Baso Kaswar, and Andi Akram Nur Risal, "Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Pepaya Berdasarkan Fitur Warna Menggunakan JST," *Techno Xplore J. Ilmu Komput. dan Teknol. Inf.*, vol. 6, no. 2, pp. 55–60, 2021, doi: 10.36805/technoxplore.v6i2.1438.
- [10] Sabariah, Nurhasanah, and J. Sampurno, "Aplikasi Metode Fraktal untuk Identifikasi Kadar Gula pada Salak Berdasarkan Pola Kulitnya," *Prism. Fis.*, vol. V, no. 1, pp. 17–20, 2017.
- [11] Iman, Nurhasanah, and J. Sampurno, "Analisis Fraktal Untuk Identifikasi Kadar Gula Rambutan dengan Metode Box-Counting," *Prism. Fis.*, vol. 6, no. 2, pp. 57–60, 2018.
- [12] A. Harjoko and U. G. Mada, "Pemrosesan Citra Digital untuk Klasifikasi Mutu Buah Pisang Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan," *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.)*, vol. 4, no. 1, pp. 57–68, 2014, doi: 10.22146/ijeis.4222.
- [13] A. B. K. Jusrawati1, Ayu Futri, "Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Pisang Dalam Ruang Warna RGB Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan (JST).," *Jessi*, vol. 02 Nomor 1, no. May, pp. 52–57, 2021.
- [14] M. R. Rasyid, Z. Tahir, and N. Syafaruddin, "Digital Image Processing for Detecting Industrial Machine Work Failure with Quantization Vector Learning Method," *J. Pekommas*, vol. 4, no. 2, p. 131, 2019, doi: 10.30818/jpkm.2019.2040203.
- [15] I. Zeger, S. Grgic, J. Vukovic, and G. Sisul, "Grayscale Image Colorization Methods: Overview and Evaluation," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 113326–113346, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3104515.
- [16] N. Otsu, "OTSU paper," *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.*, vol. 9, no. 1, pp. 62–66, 1979.
- [17] I. A. Muwakhid and D. Nurdiyah, "Otsu Method For Image Finish Segmentation With Components of Hue Saturation Value," *Transformatika*, vol. 15, no. 2, pp. 67–73, 2018.
- [18] 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.
- [19] R. I. Borman, I. Ahmad, and Y. Rahmanto,

- “Klasifikasi Citra Tanaman Perdu Liar Berkhasiat Obat Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Radial Basis Function,” *Bull. Informatics Data Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 6–13, 2022.
- [20] C. Imam, E. W. Hidayat, and N. I. Kurniati, “Classification of Meat Imagery Using Artificial Neural Network Method and Texture Feature Extraction By Gray Level Co-Occurrence Matrix Method,” *J. Tek. Inform.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–8, 2021, doi: 10.20884/1.jutif.2021.2.1.37.
- [21] N. Feri Rahmadani, Akim M.H. Pardede, “Jaringan Syaraf Tiruan Prediksi Jumlah Pengiriman Barang Menggunakan Metode Backpropagation (Studi Kasus : Kantor Pos Binjai),” *Jtik (Jurnal Tek. Inform. Kaputama)*, vol. 5, no. 1, pp. 100–106, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.kaputama.ac.id/index.php/JTIK/article/view/444/375>
- [22] M. Yollanda, D. Devianto, and H. Yozza, “Model Non-Linear Pada Jaringan Saraf Tiruan,” *J. Mat. UNAND*, vol. 7, no. 2, p. 89, 2018, doi: 10.25077/jmu.7.2.89-97.2018.