

KLASIFIKASI RASA JERUK SIAM BERDASARKAN WARNA DAN TEKSTUR BERBASIS PENGOLAHAN CITRA DIGITAL

Jessica Crisfin Lapendy¹⁾, Andi Aulia Cahyana Resky²⁾, Haerunnisya Makmur³⁾, Andi Baso Kaswar^{*4)}, Dyah Darma Andayani⁵⁾, Fhatiah Adiba⁶⁾

1. Universitas Negeri Makassar, Indonesia
2. Universitas Negeri Makassar, Indonesia
3. Universitas Negeri Makassar, Indonesia
4. Universitas Negeri Makassar, Indonesia
5. Universitas Negeri Makassar, Indonesia
6. Universitas Negeri Makassar, Indonesia

Article Info

Kata Kunci: Jaringan Syaraf Tiruan; Jeruk Siam; Klasifikasi Rasa; Pengolahan Citra Digital

Keywords: *Artificial Neural Network; Siamese Orange; Taste Classification; Digital Image Processing*

Article history:

Received 29 February 2024
Revised 14 March 2024
Accepted 28 March 2024
Available online 1 June 2024

DOI :

<https://doi.org/10.29100/jupi.v9i2.5384>

* Corresponding author.

Andi Baso Kaswar
E-mail address:
a.baso.kaswar@unm.ac.id

ABSTRAK

Jeruk merupakan salah satu buah yang sangat populer di kalangan masyarakat Indonesia karena memiliki rasa yang segar, enak, dan memiliki banyak manfaat bagi kesehatan. Kandungan vitamin C yang melimpah membuat buah ini banyak dijadikan sebagai suplemen kesehatan sehingga jeruk memiliki nilai komersial dan pangsa pasar yang besar. Untuk mendapatkan manfaat yang maksimal dari buah ini, diperlukan kualitas jeruk yang baik, dilihat dari segi rasa dan tingkat kematangan buah jeruk. Salah satu jenis jeruk yang populer adalah jeruk siam. Akan tetapi, dari segi rasa buah jeruk asam dan manis masih sulit untuk dibedakan jika hanya dilihat oleh mata. Oleh karena itu, pada penelitian ini diusulkan sistem klasifikasi rasa buah jeruk siam berdasarkan warna dan tekstur kulit menggunakan jaringan syaraf tiruan berbasis pengolahan citra digital. Pada penelitian ini, rasa jeruk dibagi ke dalam 2 kelas, yaitu manis dan asam. Metode yang diusulkan terdiri atas 7 tahapan utama yaitu tahap akuisisi citra, *preprocessing*, segmentasi menggunakan *Otsu Thresholding*, penghilangan *noise* citra biner menggunakan K-Means, operasi morfologi, ekstraksi fitur warna serta tekstur, dan klasifikasi menggunakan jaringan syaraf tiruan. Beberapa skenario pengujian dilakukan dan diperoleh skenario penggabungan fitur warna LAB dengan fitur tekstur *contrast*, *correlation*, *energy* dan *homogeneity* yang menghasilkan akurasi tertinggi. Adapun nilai akurasi, *precision*, dan *recall* yang diperoleh, yaitu 98,75%, 100%, dan 97,56%. Hal ini menunjukkan bahwa metode yang diusulkan memiliki kinerja yang baik dalam mengklasifikasi rasa buah jeruk ke dalam kelas manis atau asam.

ABSTRACT

Orange is one of the most popular fruits among Indonesians because it has a fresh, delicious taste, and has many health benefits. The abundant vitamin C content makes this fruit widely used as a health supplement so that oranges have a large commercial value and market share. To get the maximum benefit from this fruit, good quality oranges are needed, in terms of flavor and maturity. One of the most popular types of oranges is the siamese orange. However, in terms of flavor, sour and sweet oranges are still difficult to distinguish by eye. Therefore, this study proposes a classification system for the taste of siamese oranges based on the color and texture of the skin using artificial neural networks based on digital image processing. In this research, orange flavor is divided into 2 classes, namely sweet and sour. The proposed method consists of 7 main stages, namely image acquisition, preprocessing, segmentation using Otsu Thresholding, binary image noise removal using K-Means, morphological operations, color and texture feature extraction, and classification using artificial neural networks. Several test scenarios were carried out and obtained the scenario of combining LAB color features with contrast, correlation, energy and homogeneity texture features which produced the highest accuracy. The accuracy, precision, and recall values obtained are 98.75%, 100%, and 97.56%. This shows that the proposed

method has good performance in classifying orange flavor into sweet or sour classes.

I. PENDAHULUAN

JERUK merupakan salah satu buah yang sangat cocok dengan suhu daerah subtropis dengan rata-rata suhu berada di kisaran 20-30 derajat celsius [1]. Tidak hanya suhu, pertumbuhan jeruk juga didasarkan pada intensitas sinar matahari yang didapatkannya sehingga budidaya tanaman jeruk dapat dilakukan di wilayah Indonesia yang memiliki iklim tropis dan terus menerima sinar matahari sepanjang tahun [1]. Hal tersebut sejalan dengan produksi buah jeruk di Indonesia pada tahun 2022 yang mencapai 2.551.999 ton [2]. Produksi tersebut meningkat 13,2% dibandingkan tahun sebelumnya, yaitu sebanyak 2.401.064 ton [3].

Meningkatnya produksi buah jeruk menjadikannya tanaman yang memiliki nilai komersial dan pangsa pasar yang luas [4]. Selain karena mudah untuk dibudidayakan, meningkatnya produksi juga berkaitan dengan cita rasa dan kandungan di dalam buah jeruk yang sangat bermanfaat bagi kesehatan tubuh. Dalam 100 g jeruk terkandung vitamin C yang berkisar 27-49 mg, protein 0,9g, karbohidrat 11,8g, gula 9,4g, serat 2,4g, dan lemak 0,1g [5]. Berdasarkan beberapa kandungan tersebut, jeruk dapat memberikan manfaat berupa pencegahan penuaan dini, mencegah terkenanya penyakit kanker, peningkatan kekebalan tubuh, dan sebagainya [6]. Akan tetapi, untuk mendapatkan manfaat yang maksimal serta cita rasa yang sesuai, diperlukan jeruk dengan kualitas yang baik pula, baik dari segi tingkat kematangan jeruk maupun cita rasa jeruk.

Buah jeruk yang memiliki cita rasa yang manis tentunya menjadi hal yang diminati oleh konsumen. Namun, saat ini prediksi rasa buah jeruk masih dilakukan secara manual, sehingga penilaian terhadap rasa jeruk masih sangat subjektif dan tidak konsisten [1]. Hal tersebut memungkinkan konsumen mendapatkan jeruk dengan cita rasa asam bahkan hambar yang merupakan akibat dari pemanenan jeruk yang belum matang. Hal itu tentunya berpengaruh pada kualitas jeruk yang cepat busuk ketika akan didistribusikan kepada agen atau pembeli. Kesalahan proses pemanenan tersebut tidak terlepas dari keterbatasan penglihatan manusia akan kelelahan [4].

Berdasarkan hal tersebut, terdapat beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan klasifikasi atau prediksi tingkat rasa, kualitas, dan kematangan buah tertentu berbasis pengolahan citra dengan menggunakan berbagai metode. Penelitian tersebut meliputi penelitian yang mengidentifikasi kematangan buah belimbing manis dengan menggunakan metode jaringan syaraf tiruan *Backpropagation* berdasarkan nilai RGB yang memiliki tingkat akurasi sebesar 95,8% [7].

Selanjutnya, penelitian yang membahas tentang pengklasifikasian kualitas jeruk yang baik maupun tidak baik menggunakan algoritma k-NN. Metode ini menerapkan GLCM (*Gray Level Co-Occurrence Matrices*) dengan fitur *Energy, Correlation, Contrast, Homogeneity* untuk ekstraksi ciri tekstur, dan metode geometri untuk ekstraksi ciri bentuk dengan akurasi yang diperoleh 86,20% [8]. Terdapat pula penelitian yang mengklasifikasikan rasa buah jeruk menjadi 3 rasa, yaitu manis, asam, dan hambar menggunakan sistem yang berbasis Arduino Uno dan metode *Naïve Bayes* dengan akurasi yang dihasilkan sebesar 80% [9].

Penelitian berikutnya yang berkaitan dengan pendeteksian gulma berdasarkan warna HSV dan fitur bentuk menggunakan metode jaringan syaraf tiruan dengan akurasi yang diperoleh adalah 95,46% [10]. Adapun penelitian lain yang menentukan mutu jeruk dengan menggunakan Metode *Local Binary Pattern* (LBP) yang memperoleh hasil akurasi terbaik yaitu sebesar 80%, dengan ukuran dimensi citra sebesar 100x100 piksel dan jarak ketetanggaan atau nilai R=1 [11]. Selanjutnya terdapat penelitian yang melakukan klasifikasi buah berdasarkan karakteristik dari ukuran dan warna buah. Total dataset sebanyak 300 dengan masing-masing berjumlah 50 dataset dari buah Apel *Starkrimson Delicious*, Apel *Golden Delicious*, Jeruk *Washington Navel*, Jeruk *Valencia Midnight*, serta buah Ekmek dan *Eşme Quince*. Metode klasifikasi yang digunakan yaitu membandingkan antara metode k-NN, *Decision Tree* (DT), *Naïve Bayes*, *Multilayer Perceptron Neural Network* (MLP), dan *Random Forest* (RF). Akurasi tertinggi diperoleh menggunakan metode RF dengan besar akurasi yaitu 94,333% [12]. Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, metode jaringan syaraf tiruan dianggap memiliki akurasi yang baik dalam proses klasifikasi. Namun, metode yang diusulkan pada penelitian sebelumnya hanya diterapkan untuk mengklasifikasikan kualitas buah jeruk bukan rasanya. Selain itu pada jenis jeruk tertentu, kualitas tampilan fisik tidak menjamin rasa yang manis.

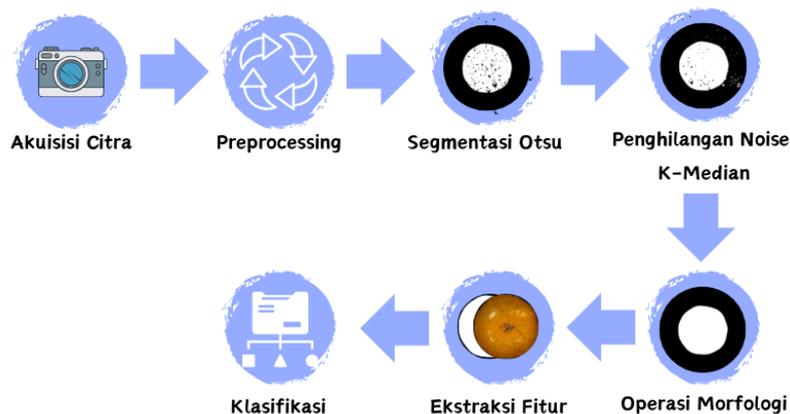
Oleh karena itu, pada penelitian ini diusulkan sistem klasifikasi rasa buah jeruk siam berdasarkan warna dan tekstur kulit menggunakan jaringan syaraf tiruan berbasis pengolahan citra digital. Metode yang diusulkan terdiri atas 7 tahapan utama yaitu tahap akuisisi citra, *preprocessing*, segmentasi menggunakan *Otsu Thresholding*, penghilangan *noise* citra biner menggunakan K-Means, operasi morfologi, ekstraksi fitur warna serta tekstur, dan

klasifikasi menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan. Selanjutnya, adapun jenis buah jeruk yang akan diklasifikasikan adalah buah jeruk yang sering dikonsumsi dan banyak dijual di pasaran, yaitu jeruk siam. Hal tersebut dianggap perlu karena terdapat masalah subjektifitas dan inkonsistensi ketika melakukan klasifikasi buah jeruk secara konvensional.

Hasil akhir dari pengukuran tersebut berupa pengklasifikasian jeruk yang terbagi menjadi 2 kelas, yaitu asam dan manis berdasarkan 2 kriteria penilaian, yaitu warna dan tekstur. Untuk kriteria warna berkaitan dengan warna oranye dari jeruk yang diuji, warna yang lebih mencolok dan terang menandakan jeruk asam, sebaliknya warna jeruk yang cenderung gelap dan oranye bercita rasa manis. Sedangkan untuk kriteria tekstur berkaitan dengan kulit jeruk yang diuji halus dan mengkilap atau tidak. Selain tahapan metode yang diusulkan dalam mengklasifikasikan rasa jeruk siam melalui citranya tanpa mencicipi buahnya secara langsung, temuan fitur berupa penggabungan fitur warna LAB dan tekstur menjadi kontribusi utama dalam penelitian ini. Efektifitas metode dan fitur yang diusulkan dibuktikan melalui perbandingan hasil pengujian akurasi, *precision*, *recall* dan waktu komputasi fitur yang digunakan. Hal tersebut juga didukung dengan beberapa penelitian terdahulu yang telah diterapkan sebelumnya dimana penelitiannya tidak menggunakan gabungan kedua fitur tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat menghilangkan kesubjektifan dan ketidakkonsistenan ketika melakukan klasifikasi buah jeruk secara manual sehingga dapat menguntungkan baik dari pihak pembeli, penjual, maupun petani jeruk.

II. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan metode, yaitu akuisisi citra, *preprocessing*, segmentasi, penghilangan *noise*, morfologi, ekstraksi fitur, dan klasifikasi. Tahap-tahap tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar. 1. Tahapan metode yang diusulkan

A. Akuisisi Citra

Tahap ini yaitu berupa pengambilan dataset citra buah jeruk. Jumlah dataset yang diambil yaitu sebanyak 200 citra, yang dimana terdiri dari 100 buah citra jeruk dengan cita rasa asam dan 100 buah citra jeruk dengan cita rasa manis.

Akuisisi citra dilakukan dengan menggunakan kamera *smartphone* dengan memanfaatkan fitur Pakar/Pro, dimana dalam fitur tersebut diatur ISO 400, *focal length* 3.3 mm, *exposure time* 1/60, *zoom in* 2.5, *focus* 0.76 dan *White Balance* 4900, serta tidak menggunakan *flash*. Adapun *output* citra yang dihasilkan memiliki dimensi 4160 x 2336 piksel.

Agar hasil citra yang diperoleh berada dalam kondisi yang stabil, digunakan sebuah *box* yang memiliki lampu di masing-masing sudutnya dengan latar belakang atau *background* berwarna hitam untuk mendapatkan intensitas cahaya yang sama dalam setiap pengambilan citra. Di bagian atas *box* terdapat sebuah lubang untuk kamera mengambil citra dari objek yang diletakkan di dalamnya. Adapun jarak antara kamera dengan objek yaitu 40 cm.

B. Preprocessing

Pada tahap *preprocessing* akan dilakukan pengolahan citra pada dataset yang telah diperoleh untuk mendapatkan kualitas citra yang baik sehingga dapat memudahkan dalam proses selanjutnya. Pertama, citra dikonversi ke dalam 3 channel RGB, yaitu *Red* (R), *Green* (G), dan *Blue* (B). Channel R dipilih untuk digunakan pada tahap selanjutnya

karena kulit buah jeruk yang lebih cenderung mendekati warna merah. Selanjutnya dilakukan peningkatan kecerahan citra pada channel R sebanyak 50% dengan tujuan agar pada proses segmentasi yang nantinya akan dilakukan, diperoleh hasil yang baik.

C. Segmentasi

Segmentasi adalah tahapan untuk memisahkan objek dari *background* pada suatu citra [13]. Citra *channel R* yang telah ditingkatkan kecerahannya digunakan pada proses ini dengan menggunakan metode *Otsu Thresholding*. Citra ini dipilih karena memiliki tingkat perbedaan warna yang cukup tinggi antara area objek dan *background*. Seperti diketahui bahwa prinsip kerja dari metode *Otsu* adalah mencari nilai *threshold* atau titik potong paling tepat secara otomatis pada histogram citra untuk membedakan area objek dan *background* [14]. Tingginya tingkat perbedaan warna antara area objek dan *background* pada *channel Red* mengakibatkan terbentuknya dua area utama yang cukup berjauhan pada histogram yang dihasilkan. Sehingga, dengan demikian metode *Otsu* yang digunakan dapat dengan mudah menentukan *threshold* yang tepat antara area objek dan *background*. Oleh karena itu, hasil dari tahapan ini berupa citra biner, dimana area piksel berwarna putih (bernilai 1) merupakan objek citra, sedangkan area hitam yang bernilai 0 merupakan bagian dari *background*. Pada tahapan ini perbedaan antara objek dan *background* sudah mulai terlihat tetapi masih memiliki banyak *noise*.

D. Morfologi

Morfologi adalah proses untuk mendapatkan struktur atau area suatu objek sesuai dengan yang diharapkan [15]. Tahapan morfologi meliputi pembersihan *noise*, *erosi*, *dilasi*, *closing*, *hole filling*, dan *bwareaopen*.

Pembersihan *noise* dilakukan dengan menggunakan filter Median dan bertujuan untuk menghilangkan *noise* yang ada pada *background* citra. Filter tersebut dapat mengidentifikasi piksel-piksel *noise* kemudian akan menggantinya dengan nilai median dari piksel-piksel sekitarnya sehingga *noise* dapat dihilangkan.

Erosi adalah pengurangan piksel pada citra sehingga objek pada citra akan diperkecil melalui proses penghapusan titik-titik objek menjadi bagian dari *background*. *Dilasi* adalah kebalikan dari *erosi*, yaitu pelebaran piksel pada citra melalui proses penggabungan titik-titik pada *background* menjadi bagian dari objek. Pada kedua proses ini digunakan *strel disk* bernilai 10.

Gabungan dari proses *erosi* dan *dilasi* adalah *closing* yang membantu untuk menghilangkan celah-celah kecil di dalam objek dan menggabungkan objek-objek yang berdekatan [16]. Pada proses ini digunakan *strel disk* bernilai 5. Adapun operasi *hole filling* adalah operasi yang dilakukan untuk menutup lubang pada citra [17].

Selanjutnya operasi terakhir yaitu *bwareaopen* yang dilakukan untuk menghapus objek yang terdapat pada citra berdasarkan batas nilai yang diberikan [18]. Pada operasi ini digunakan parameter sebesar 5000. Parameter tersebut mengartikan bahwa dilakukan pembersihan objek lain pada citra yang nilai luasnya lebih kecil atau sama dengan 5000 piksel.

E. Ekstraksi Fitur

Tahap ekstraksi fitur merupakan tahapan yang dilakukan untuk mengambil nilai fitur dari citra bersih hasil dari proses sebelumnya. Ekstraksi ini dilakukan untuk memudahkan proses identifikasi dan menajamkan perbedaan pola serta ciri pada citra. [19]. Hasil dari ekstraksi ciri ini juga tak jarang berupa karakter atau ciri bentuk dan warna sehingga dapat digunakan untuk mengenali objek [15].

Pada tahapan ini, parameter yang digunakan adalah warna serta tekstur kulit jeruk. Ekstraksi warna pada dasarnya dapat dilakukan dalam berbagai ruang warna seperti ruang warna RGB, HSV, dan LAB. Ekstraksi warna pada ruang fitur RGB dilakukan dengan menghitung nilai piksel pada masing-masing channel R, G, dan B lalu menentukan nilai rata-ratanya. Pada fitur warna HSV, *Hue* menunjukkan tingkat kemerahan dan kehijauan dari cahaya [20]. *Hue* memiliki rentang dari 0 sampai 360 derajat, dimana 0 adalah merah, 60 derajat adalah kuning, 120 derajat adalah hijau, 180 derajat adalah cyan, 240 derajat adalah biru, dan 300 derajat adalah warna magenta. *Saturation* menunjukkan seberapa besar kemurnian warna pada citra. *Value* menunjukkan seberapa besar kecerahan warna yang bernilai dari 0 - 100% [21].

Namun, pada penelitian ini ruang warna LAB dipilih sebagai fitur warna yang diproses pada metode yang diusulkan. LAB merupakan representasi warna dalam citra digital yang terdiri dari tiga komponen yakni L (*luminance*), A (Komponen warna merah-hijau), dan B (komponen warna kuning-biru). dimana komponen A dan B merupakan komponen yang berlawanan [22]. Fitur warna ini dirancang sebagaimana manusia memproses warna, yakni perubahan pada komponen warna LAB lebih disesuaikan dengan cara mata manusia melihat perubahan warna. Penggunaan metode yang berbeda, bertujuan untuk mencari penyebaran warna data serta akurasi yang sesuai dengan target.

Selain warna LAB, fitur tekstur juga digunakan pada penelitian ini. Untuk ekstraksi tekstur kulit jeruk digunakan nilai *contrast*, *correlation*, *energy* serta *homogeneity*. *Correlation* mengukur hubungan antar piksel satu sama lain.

Energy mengukur variasi intensitas dalam citra. *Homogeneity* merupakan metode yang akan mengukur intensitas piksel dalam citra seragam atau homogen. Sedangkan *contrast* merupakan metode yang akan mengukur perbedaan intensitas piksel. Gabungan fitur warna LAB dan tekstur dalam kasus mengklasifikasikan rasa jeruk siam yang digunakan sebagai inputan pada tahap berikutnya merupakan kontribusi utama dalam penelitian ini. Fitur ini dipilih berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan yang dibahas secara rinci pada bagian hasil dan pembahasan. Selain itu, kombinasi fitur juga digunakan karena fitur warna LAB merupakan fitur warna yang dapat mewakili dalam menginterpretasikan permukaan citra buah ataupun sayuran [23].

F. Klasifikasi

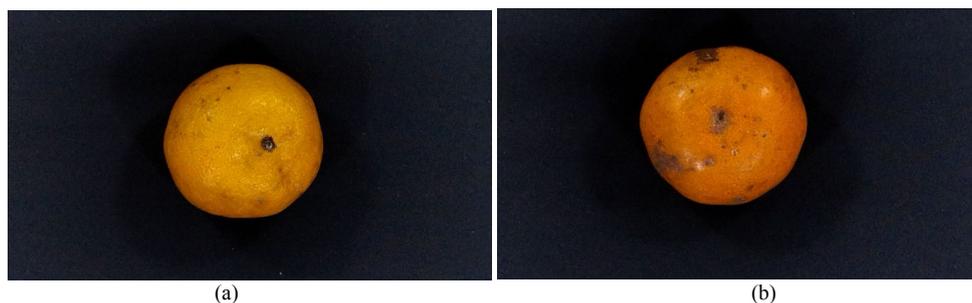
Klasifikasi rasa buah jeruk berupa asam atau manis yaitu berdasarkan warna kulit dan tekstur. Dataset yang telah diperoleh kemudian dibagi sebesar 80% untuk data latih dan 20% untuk data uji. Data latih digunakan untuk membentuk model klasifikasi untuk pengujian. Sedangkan, data uji adalah data yang digunakan untuk menguji kinerja suatu model atau algoritma.

Metode klasifikasi yang digunakan adalah Jaringan Syaraf Tiruan (*Neural Network*). Input yang dimasukkan adalah fitur-fitur yang telah diekstraksi sebelumnya. Terdapat 2 *hidden layer* dengan 10 neuron pada lapisan pertama dan 5 neuron pada lapisan kedua dimana fungsi aktivasi yang digunakan adalah *log sigmoid* dengan model pelatihan *Levenberg-Marquardt*. Untuk jumlah *epoch* (iterasi) diatur ke 1000. Adapun *output* yang dihasilkan yaitu nilai hasil klasifikasi citra dari buah jeruk tersebut.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini membagi buah jeruk ke dalam dua kelas yaitu asam dan manis, dimana setiap kelasnya terdiri dari 100 buah citra. Berikut ini hasil akuisisi citra berdasarkan kelasnya yang ditampilkan pada Gambar 2.

Pada Gambar 2, dapat dilihat perbedaan antara jeruk asam dan jeruk manis. Pada Gambar 2a, jeruk asam memiliki warna kulit yang lebih muda, sedangkan jeruk manis pada Gambar 2b memiliki warna yang cenderung lebih gelap. berdasarkan dari tekstur kulitnya, jeruk asam memiliki tekstur yang lebih baik daripada tekstur jeruk manis.



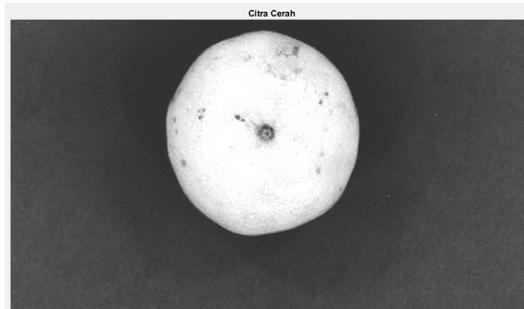
Gambar. 2. Citra jeruk (a) asam dan (b) manis

Jeruk manis memiliki lebih banyak bintik-bintik hitam pada kulitnya dibandingkan jeruk asam.

Sebelum masuk ke tahap klasifikasi, dilakukan tahap *preprocessing* citra terlebih dahulu. Tahap pertama yaitu mengkonversi citra asli ke dalam ruang warna RGB pada setiap *channel* yaitu R, G, dan B yang dapat dilihat pada

Gambar 3.

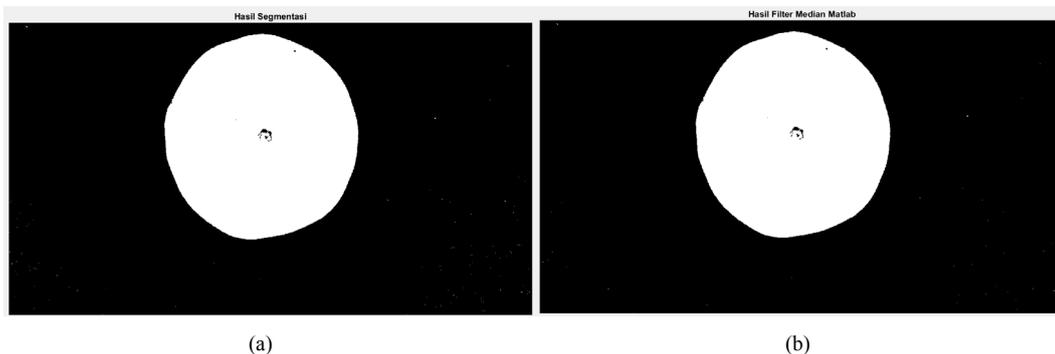
Konversi citra ke *channel* R pada gambar 3b menghasilkan kontras objek jeruk yang terang terhadap *background*. Apabila dibandingkan dengan hasil konversi *channel* G pada gambar 3c, kontras objek jeruk terlihat agak gelap. Sedangkan kontras objek jeruk berdasarkan hasil konversi ke *channel* B terlihat gelap seperti yang ditunjukkan pada gambar 3d. Oleh karena itu, pada tahap proses segmentasi akan digunakan citra objek jeruk *channel* R seperti ditunjukkan pada Gambar 4, karena memiliki kontras yang lebih cerah, sehingga sistem akan dengan mudah membedakan area objek dan *background*. Namun, terlebih dahulu dilakukan penambahan kecerahan pada *channel*



Gambar 4. Citra jeruk *channel* R setelah penambahan kecerahan

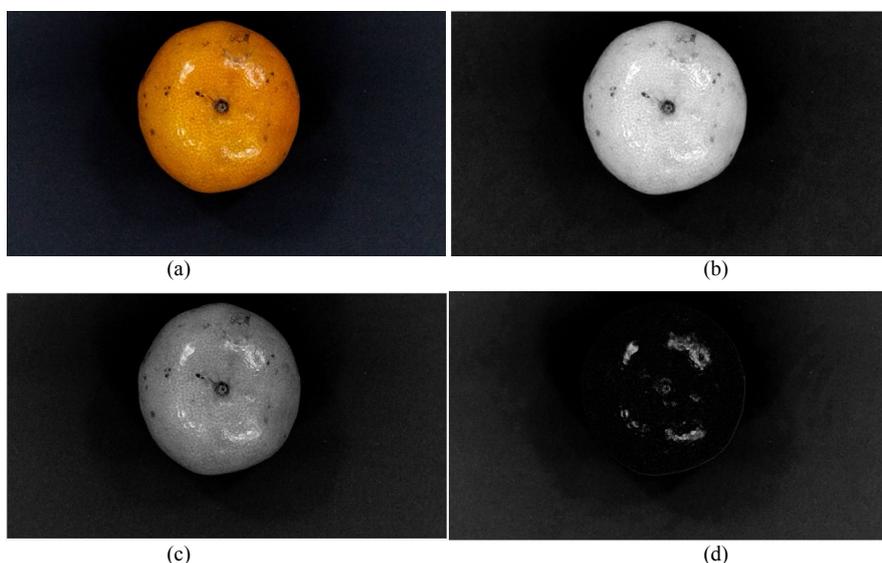
R seperti pada Gambar 4 sebelum masuk ke tahap segmentasi.

Selanjutnya dilakukan tahap segmentasi dengan hasil seperti pada Gambar 5a. Dapat dilihat jika sistem sudah dapat membedakan area objek dan *background*. Dimana, area yang berwarna putih merupakan objek sedangkan area berwarna hitam merupakan *background*. Akan tetapi, pada gambar terdapat titik-titik hitam pada objek jeruk yang juga dibaca sebagai *background*. Hal tersebut dapat terjadi dikarenakan bagian jeruk tersebut memiliki warna yang lebih dominan ke warna *background* dibandingkan dengan warna objeknya. Adapun titik-titik putih

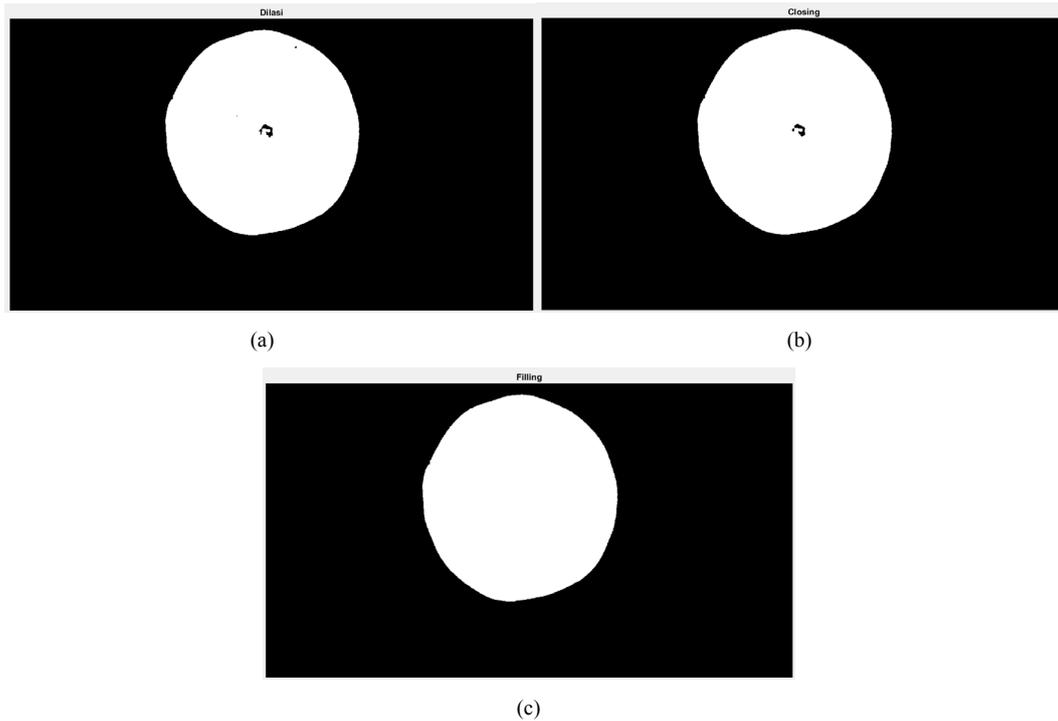


Gambar. 5. Citra hasil (a) segmentasi dan (b) penerapan filter median pada citra hasil segmentasi

yang berada di sekitar *background* merupakan *noise* atau objek yang seharusnya tidak dihitung sebagai objek.

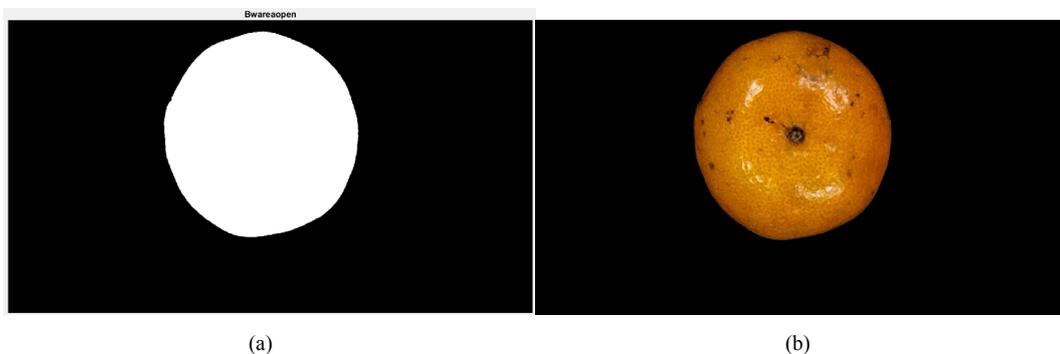


Gambar. 3. Citra jeruk (a) *channel* RGB, (b) *channel* R, (c) *channel* G, dan (d) *channel* B



Gambar. 6. Citra hasil (a) *erosi*, (b) *opening*, dan (c) *closing*

Pada hasil segmentasi, masih terdapat *outlier* atau *noise* yang signifikan sehingga filter median digunakan untuk menangani bagian yang memiliki *outlier* tersebut karena kemampuannya yang lebih baik dalam menangani data seperti itu [24]. Adanya *outlier* berpengaruh terhadap keakuratan sistem dalam mengklasifikasikan jeruk asam dan manis dimana hasil akurasi menurun apabila tidak digunakan filter median. Pada Gambar 5b dapat dilihat bahwa *noise* pada *background* sudah cukup berkurang dan tepi pada objek sudah agak lebih halus dibandingkan sebe-



Gambar. 7. Citra hasil (a) *bwareaopen*, (b) hasil penerapan segmentasi pada citra asli

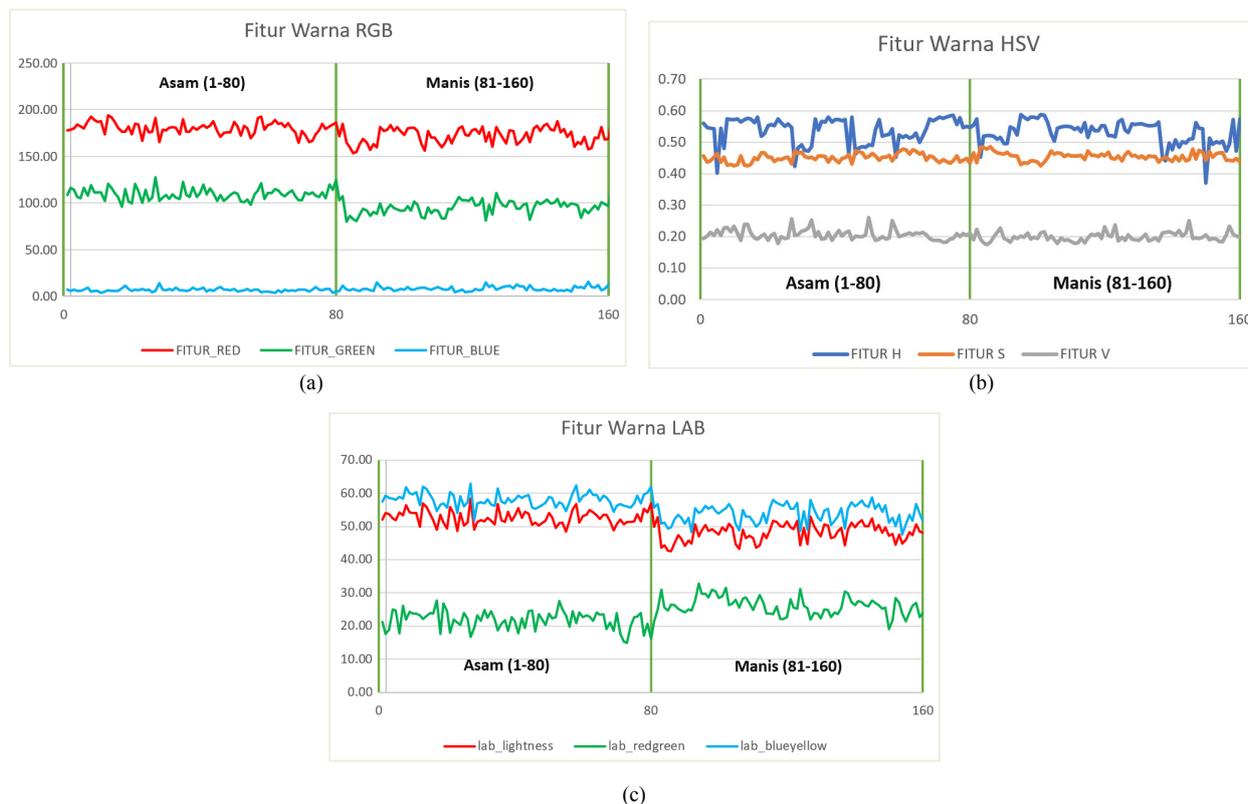
lumnya. Selanjutnya dilakukan operasi *erosi* lalu *dilasi*.

Objek yang terdapat pada citra dikurangi atau dihilangkan berdasarkan pergeseran kernel menggunakan operasi *erosi*. Metode ini berguna dalam menghilangkan *noise* kecil yang ada di sekitar objek. Selanjutnya dilakukan operasi *dilasi* terhadap citra hasil *erosi* dengan hasil yang diperoleh terlihat pada Gambar 6a. Pada operasi tersebut, dilakukan pelebaran piksel pada citra sehingga *noise* yang ada di sekitar *background* semakin tidak terlihat dikarenakan titik-titik pada *background* digabungkan menjadi bagian dari objek.

Perpaduan antara operasi *erosi* dan *dilasi* atau biasa disebut operasi *closing* memperoleh hasil seperti yang terlihat pada Gambar 6b dimana piksel di area yang terlalu kecil dapat dihilangkan sehingga area objek jeruk yang tidak terdeteksi dapat semakin mengecil. Selanjutnya dilakukan operasi *hole filling* terhadap citra hasil *closing* dan diperoleh hasil seperti yang terlihat pada Gambar 6c, yaitu area objek jeruk telah terdeteksi dengan baik.

Operasi terakhir yaitu operasi *bwareaopen* yang dilakukan terhadap citra hasil operasi *hole filling*. Seperti yang terlihat pada Gambar 7a, area objek jeruk telah terdeteksi sepenuhnya karena objek kecil yang terdeteksi di sekitarnya telah dihilangkan. Oleh karena itu, diperoleh hasil segmentasi dan morfologi yang bersih dimana antara objek dan *background* telah berhasil dibedakan, yaitu objek jeruk yang berwarna putih dan *background* yang berwarna hitam.

Adapun hasil segmentasi dan morfologi yang bersih dikonversi ke *channel* RGB seperti yang terlihat pada Gambar 7b. Berdasarkan hasil segmentasi tersebut kemudian dilakukan ekstraksi fitur. Terdapat dua fitur yang menjadi



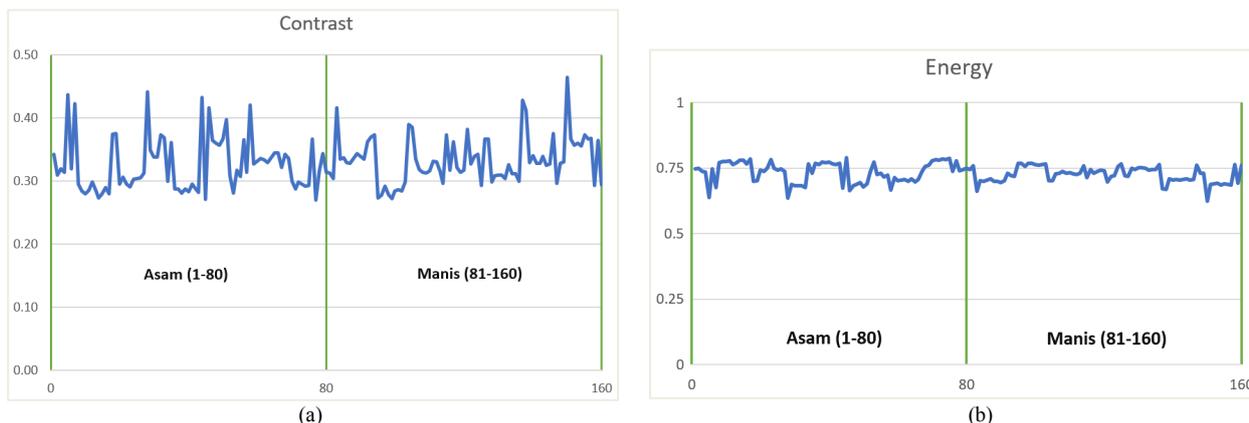
Gambar. 8. Grafik ekstraksi fitur warna (a) RGB, (b) HSV, dan (c) LAB

dasar penilaian sistem terhadap pembagian klasifikasi jeruk asam dan manis, yaitu fitur warna dan fitur tekstur. Metode yang digunakan dalam ekstraksi fitur warna yakni RGB, HSV, dan LAB. Sedangkan untuk ekstraksi fitur tekstur yakni *contrast*, *correlation*, *energy*, dan *homogeneity*.

Pada grafik Gambar 8a, terlihat bahwa fitur *red* memiliki nilai yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan fitur *green* dan fitur *blue*. Tingginya nilai tersebut dikarenakan warna jeruk yang berwarna oranye dimana warna tersebut terbentuk dari gabungan warna merah dan kuning. Hal tersebut juga sesuai dengan hasil *preprocessing* sebelumnya dimana hasil konversi citra ke *channel* R menghasilkan kontras objek jeruk yang terang terhadap *background*.

Pada grafik Gambar 8b, terlihat bahwa fitur *hue* memiliki nilai yang lebih tinggi dengan perubahan yang cukup signifikan jika dibandingkan dengan fitur *saturation* dan fitur *value*. Tingginya nilai tersebut masih berkaitan dengan warna jeruk yang berwarna oranye sehingga berdasarkan derajat fitur *hue* maka ditunjukkan tingkat kemerahan dan kekuningan dari jeruk. Sedangkan pada fitur *saturation* dan *value*, nilai yang diperoleh tidak berubah secara signifikan dikarenakan hanya mengukur kecerahan dan kemurnian warna sehingga pada umumnya citra akan memiliki kecerahan dan kemurnian yang sama.

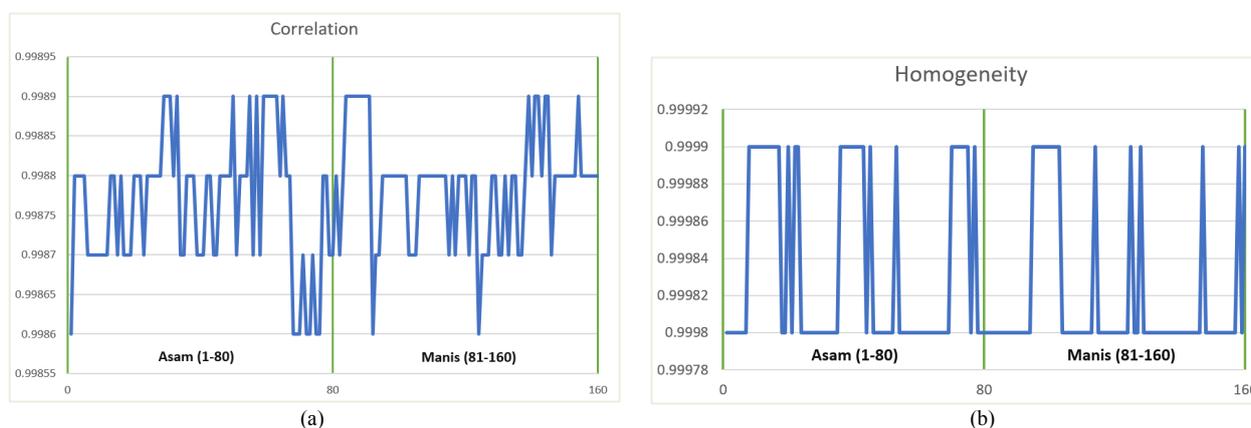
Pada Gambar 8c, dapat dilihat perbedaan yang cukup signifikan antara ketiga komponen warna LAB serta antara jenis klasifikasi kelas jeruk. Fitur B (*blue yellow*) memiliki grafik yang lebih tinggi dibandingkan dengan fitur L dan A (*red green*). Hal ini dikarenakan pada citra yang dilakukan pengujian berwarna oranye, dimana warna tersebut dominan mengarah ke warna kuning. Pada data citra jeruk asam dapat dilihat grafik L dan B lebih tinggi dibandingkan dengan citra jeruk manis. Perbedaan tersebut dikarenakan kontras atau kecerahan pada citra jeruk berbeda, dimana pada citra jeruk asam memiliki warna yang lebih muda sehingga akan terlihat lebih cerah dengan intensitas warna B lebih tinggi. Berbeda dengan citra jeruk manis dengan warna oranye yang lebih tua sehingga menurunkan nilai dari komponen L dan B. Berbanding dengan komponen A yang nilai grafiknya mengalami peningkatan pada citra jeruk manis. Ini disebabkan oleh warna jeruk manis lebih tua sehingga dominan warna yang ditangkap adalah warna merah. Selain itu, apabila diamati lebih jelas, grafik rata-rata warna LAB menunjukkan pola perbedaan yang signifikan dibandingkan pola grafik warna RGB dan HSV. Pola grafik warna LAB, ketiga *channel*-nya menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kedua kelas. Sedangkan pada pola grafik warna RGB hanya 2 *channel* yang menunjukkan perbedaan grafik yang signifikan diantara dua kelas. Adapun grafik ruang warna HSV tidak memberikan perbedaan pola yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa fitur LAB lebih baik dalam membedakan kedua kelas.



Gambar. 9. Grafik ekstraksi fitur tekstur (a) *contrast* dan (b) *energy*

Selanjutnya dilakukan ekstraksi fitur tekstur yang mencakup *contrast*, *correlation*, *energy*, dan *homogeneity*. Pada Gambar 9a dapat dilihat sebuah grafik yang menunjukkan nilai tekstur *contrast*. Pada jeruk asam, grafik banyak menunjukkan puncak yang tinggi dan tajam, hal tersebut dapat terjadi karena perbedaan antara piksel berwarna terang dan gelap pada citra jeruk asam sangat terlihat. Hal ini sesuai dengan warna citra jeruk asam yang lebih terang dan mencolok, perbedaan terlihat jelas apabila pada citra jeruk terdapat banyak bintik atau bagian hitam karena pengaruh eksternal. Sedangkan pada data latih jeruk manis, tidak memiliki banyak puncak grafik yang tinggi dan tajam karena warna dari citra jeruk manis lebih gelap sehingga perbedaan terang dan gelap piksel menjadi kurang jelas.

Pada grafik Gambar 9b, perubahan nilai *energy* antara citra jeruk asam dan citra jeruk manis hampir sama, yaitu berada pada rentang 0,5 hingga 0,75. Akan tetapi, pada citra jeruk asam, grafik yang terlihat memiliki perubahan nilai yang cukup naik turun. Hal ini menunjukkan bahwa pada beberapa citra jeruk asam memiliki intensitas piksel



Gambar. 10. Grafik ekstraksi fitur tekstur (a) *correlation* dan (b) *homogeneity*

yang tersebar secara merata, tetapi terdapat pula beberapa citra yang memiliki intensitas piksel tinggi ataupun rendah. Berbeda dengan grafik yang ditunjukkan citra jeruk manis, perubahan grafik cenderung konstan dan tidak terlalu jauh, yaitu berada pada nilai 0,75 sehingga menunjukkan bahwa pada beberapa citra jeruk manis memiliki intensitas piksel yang tersebar secara merata. Nilai intensitas piksel dapat terlihat karena adanya perbedaan warna dari kedua citra asam dan manis, dimana pada citra jeruk asam, warnanya lebih mencolok yang tentunya akan sangat mudah terdeteksi apabila terdapat bintik atau bagian hitam sehingga dapat meningkatkan nilai persebaran intensitas piksel citra.

Pada Gambar 10a, terlihat bahwa nilai *correlation* antara citra jeruk asam dan citra jeruk manis memiliki pola perubahan nilai yang hampir sama dengan rentang perubahan berada di antara 0,9986 hingga 0,9989. Perubahan yang terjadi cukup signifikan, yaitu terdapat grafik yang naik turun untuk menunjukkan suatu citra memiliki korelasi yang tinggi namun juga terdapat citra yang memiliki korelasi cukup rendah. Selain itu, nilai *correlation* juga menunjukkan tingkat ketergantungan linear pada intensitas piksel citra dimana apabila nilainya mendekati 1, dalam hal ini adalah 0,9989 maka terdapat ketergantungan linear positif.

Pada Gambar 10b, terlihat bahwa nilai *homogeneity* antara citra jeruk asam dan citra jeruk manis memiliki pola perubahan nilai yang hampir sama dengan rentang perubahan berada di antara 0,9998 hingga 0,9999. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa nilai *homogeneity* yang dihasilkan oleh keseluruhan citra adalah tinggi. Hal tersebut

menunjukkan bahwa intensitas piksel yang ada pada citra sama atau mendekati nilai rata-rata. Sebaliknya, apabila nilai *homogeneity* yang dihasilkan rendah maka terdapat intensitas piksel yang secara signifikan bervariasi.

Setelah ekstraksi fitur, dilakukan penggabungan fitur warna dan tekstur terhadap citra uji dan citra latih jeruk dengan tujuan untuk mencari gabungan fitur terbaik yang ditentukan berdasarkan tingkat akurasi, *precision*, dan *recall*-nya. Adapun hasil perhitungan akurasi, *precision*, *recall*, dan waktu komputasi dari setiap penggabungan fitur terlihat pada Tabel I. Berdasarkan hasil perbandingan akurasi dari seluruh skenario yang telah dilakukan, terdapat beberapa skenario yang memiliki akurasi rendah dikarenakan warna citra jeruk antara rasa asam dan manis yang sama-sama oranye sehingga ekstraksi fitur warna yang hanya menggunakan RGB, HSV, dan 1 fitur Tekstur kurang tepat untuk diterapkan pada citra penelitian ini.

TABEL I
 HASIL SKENARIO KLASIFIKASI

No	Fitur	Akurasi		Recall		Precision		Waktu Komputasi	
		Latih	Uji	Latih	Uji	Latih	Uji	Latih	Uji
1	RGB	79,37	50,00	60,00	95,00	89,02	50,00	198,24	40,16
2	HSV	73,75	47,50	81,25	70,00	71,43	48,28	330,87	69,78
3	Tekstur	73,75	57,50	63,75	60,00	79,69	57,14	204,91	43,55
4	RGB + Contrast	92,50	90,00	95,00	85,00	90,48	94,44	184,19	44,17
5	RGB + Correlation	89,38	87,50	90,00	85,00	88,89	89,47	201,71	44,83
6	RGB + Energy	92,50	90,00	93,75	90,00	91,46	90,00	184,61	42,39
7	RGB + Homogeneity	91,25	87,50	95,00	85,00	88,37	89,47	189,20	43,33
8	LAB	88,12	87,50	83,75	75,00	91,78	100,00	439,22	83,18
9	LAB + (Contrast)	91,87	90,00	92,50	90,00	91,35	90,00	298,76	91,90
10	LAB + (Contrast + Correlation + Energy)	98,75	90,00	100,00	90,00	97,56	90,00	367,33	93,26
11	LAB + Tekstur	92,50	87,50	91,25	75,00	93,58	100,00	394,30	116,69

Beberapa skenario yang memperoleh tingkat akurasi tertinggi adalah skenario pelatihan ke-4 (RGB + Tekstur *Contrast*), pelatihan ke-6 (RGB + Tekstur *Energy*), pelatihan ke-10 (LAB + Tekstur *Contrast*, *Correlation*, *Energy*) dan pelatihan ke-11 (LAB + Tekstur). Jika dibandingkan dari segi *precision* dan *recall*, skenario pelatihan ke-4, ke-6, dan ke-11 lebih rendah daripada skenario pelatihan ke-10. Namun, skenario pelatihan ke-10 memiliki waktu komputasi yang cukup lama dikarenakan menggunakan 3 fitur tekstur jika dibandingkan dengan skenario pelatihan ke-4 dan ke-6 yang hanya menggunakan 1 fitur tekstur. Sedangkan pada skenario pengujian ke-10 memiliki tingkat akurasi, *precision*, *recall*, dan waktu komputasi yang hampir sama jika dibandingkan dengan skenario pengujian ke-4, ke-6, dan ke-11. Berdasarkan hasil tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa skenario ke-10 adalah skenario yang memiliki parameter paling sesuai dalam melakukan proses klasifikasi rasa jeruk.

Ketika dilakukan skenario 10, yaitu LAB dan tekstur *contrast*, *correlation*, dan *energy* pada proses pelatihan terhadap 160 citra uji jeruk diperoleh bahwa proses prediksi pada citra tersebut telah dilakukan dengan baik namun dengan beberapa kesalahan prediksi. Hal tersebut dikarenakan, jeruk yang digunakan dalam penelitian ini memiliki warna yang sama sehingga perbedaan jeruk asam dan manis dilihat berdasarkan warna oranye yang mencolok atau tidak serta berdasarkan tekstur kulit yang kasar atau mengkilap.

Hal tersebut sesuai dengan hasil *confusion matrix* pelatihan yang ditunjukkan pada Tabel II dimana dari 160 citra jeruk latih telah terbagi menjadi 2 kelas dengan jumlah citra yang terklasifikasi benar sebanyak 158 citra dan jumlah citra yang terklasifikasi salah sebanyak 2 citra.

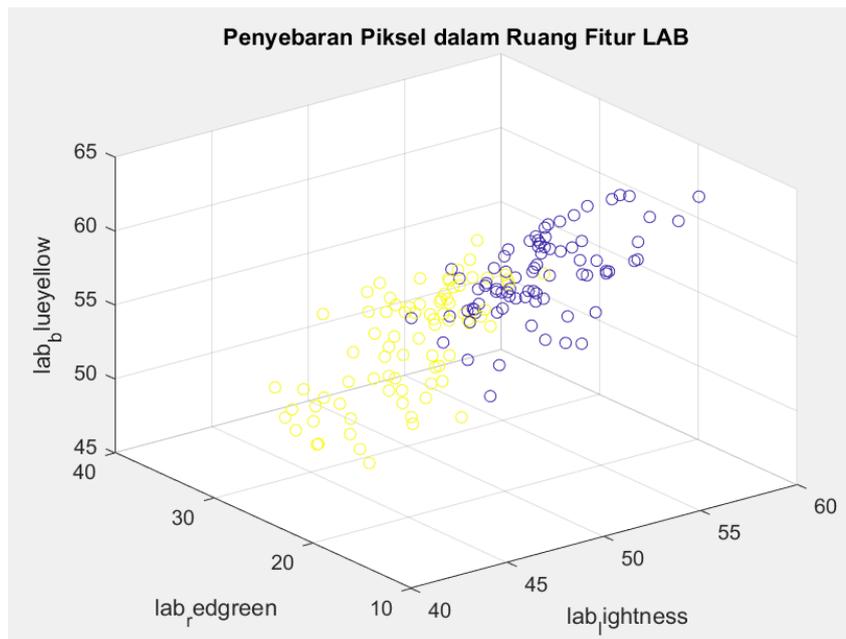
TABEL II
 HASIL CONFUSION MATRIX PELATIHAN

No	Kelas	Jumlah Sampel	Benar	Salah
1	Asam	80	80	0
2	Manis	80	78	2
<i>Total</i>		160	158	2

TABEL III
 HASIL CONFUSION MATRIX PENGUJIAN

No	Kelas	Jumlah Sampel	Benar	Salah
1	Asam	20	18	2
2	Manis	20	18	2
<i>Total</i>		40	36	4

Pada hasil *confusion matrix* pengujian yang ditunjukkan pada Tabel III, diperoleh pula bahwa dari 40 citra jeruk uji telah terbagi menjadi 2 kelas dengan jumlah citra yang terklasifikasi benar sebanyak 36 citra dan jumlah citra



Gambar 11. Penyebaran piksel dalam ruang fitur LAB

yang terklasifikasi salah sebanyak 4 citra. Kesalahan yang terjadi baik pada saat pengujian dan pelatihan, tidak hanya disebabkan oleh warna jeruk yang sama namun juga adanya warna yang cukup mencolok pada beberapa citra jeruk sehingga memiliki kemiripan nilai fitur dengan kelas lain.

Oleh karena itu, ketika direpresentasikan ke dalam penyebaran ruang fitur LAB seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11, terlihat bahwa penyebarannya hampir terbagi dengan jelas namun di bagian tengah terdapat beberapa citra yang masih tercampur dengan bagian lainnya.

Hal tersebut juga selaras dengan nilai akurasi, *precision*, dan *recall* yang diperoleh, yaitu 98,75%, 97,56%, dan 100%, serta selaras pula dengan hasil *confusion matrix* yang menunjukkan kesamaan antara klasifikasi dan uji coba yang mendekati akurat dengan hanya satu sampai dua data yang keliru. Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas, dapat disimpulkan bahwa proses klasifikasi rasa pada buah jeruk menggunakan metode yang diusulkan dapat mengklasifikasikan rasa jeruk siam ke dalam kelas manis dan asam secara akurat. Sehingga metode yang diusulkan dapat digunakan untuk mengetahui rasa jeruk siam tanpa membuka kulit melainkan cukup dengan mengolah citra digitalnya saja.

Meskipun demikian metode yang diusulkan hanya terbatas pada jeruk siam dengan teknik akuisisi citra yang distandarisasi untuk keperluan industri. Kedepan perlu dikembangkan metode yang lebih akurat yang dapat diterapkan pada berbagai proses akuisisi, baik yang terstandarisasi atau secara bebas tanpa pembatasan ruang dan iluminasi.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dan pengujian yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa metode jaringan syaraf tiruan berhasil mengklasifikasikan rasa pada buah jeruk siam menjadi asam atau manis dengan memanfaatkan penggabungan fitur warna LAB dengan fitur tekstur *Contrast*, *Correlation*, dan *Energy*. Adapun nilai akurasi, *precision*, dan *recall* yang diperoleh dengan menggunakan metode tersebut, yaitu 98,75%, 97,56%, dan 100%. Selain itu, hasil pada *confusion matrix* dalam memprediksikan jeruk siam memiliki rasa asam atau manis memperoleh hasil yang hampir akurat dengan hanya satu atau dua data yang tidak sesuai klasifikasi.

Beberapa saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah menggunakan dataset yang memiliki kualitas tampilan baik untuk menghindari adanya *noise* yang dapat mempengaruhi hasil akhir klasifikasi. Selain itu, diharapkan pula pada penelitian selanjutnya digunakan fitur dan metode klasifikasi yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. P. Siwilopo and H. Marcos, "Membandingkan Klasifikasi Pada Buah Jeruk Menggunakan Metode Convolutional Neural Network Dan K-Nearest Neighbor," *Komputa J. Ilm. Komput. dan Inform.*, vol. 12, no. 1, pp. 57–64, 2023, doi: 10.34010/komputa.v12i1.9068.
- [2] BPS, "Produksi Tanaman Buah-buahan 2022," *Badan Pusat Statistik*, 2022. <https://www.bps.go.id/indicator/55/62/1/produksi-tanaman-buah-buahan.html>.
- [3] M. A. Rizaty, "Produksi Jeruk Siam di Indonesia Sebanyak 2,7 Juta Ton pada 2022," *DataIndonesia.id*, 2023. <https://dataindonesia.id/agribisnis-kehutanan/detail/produksi-jeruk-siam-di-indonesia-sebanyak-27-juta-ton-pada-2022>.

- [4] P. Bangun, Nurhayati, and M. Sihombing, "Pengolahan Citra Untuk Identifikasi Kematangan Buah Jeruk Dengan Menggunakan Metode Backpropagation Berdasarkan Nilai Hsv," *J. Tek. Inform. Kaputama*, vol. 5, no. 1, pp. 85–91, 2021.
- [5] T. Widiyani, O. P. Astirin, E. Herawati, S. Listyawati, and A. Budiharjo, "Peningkatan Kualitas Dan Kuantitas Produk Umkm Sari Buah Jeruk Sebagai Minuman Immunostimulan Alami Untuk Menarik Daya Beli Masyarakat di Masa Pandemi," *Sarwahita J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 19, no. 01, pp. 182–192, 2022, doi: 10.21009/sarwahita.191.16.
- [6] M. S. Sofiyana et al., *Metodologi Penelitian Pendidikan Kualitatif*, 1st ed. Sumatera Barat: PT. GLOBAL EKSEKUTIF TEKNOLOGI, 2022.
- [7] O. Dahwanu and Sarjono, "Analisis dan Perancangan Jaringan Saraf Tiruan untuk Mengidentifikasi Tingkat Kematangan Buah Belimbing Manis (*Averrhoa carambola L.*)," *J. Manaj. Sist. Inf.*, vol. 4, no. 1, pp. 65–74, 2019, [Online]. Available: <http://ejournal.stikom-db.ac.id/index.php/manajemensisteminformasi/article/download/596/421>.
- [8] R. E. Pawening, W. J. Shudiq, and W. Wahyuni, "KLASIFIKASI KUALITAS JERUK LOKAL BERDASARKAN TEKSTUR DAN BENTUK MENGGUNAKAN METODE k-NEAREST NEIGHBOR (k-NN)," *COREAI J. Kecerdasan Buatan, Komputasi dan Teknol. Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 10–17, 2020, doi: 10.33650/coreai.v1i1.1640.
- [9] V. A. Sinaga, E. Setiawan, and M. H. H. Ichsan, "Sistem Klasifikasi Rasa Buah Jeruk Menggunakan Metode Naïve Bayes Dengan Arduino Nano," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 5, pp. 1853–1859, 2021, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>.
- [10] H. Fitriyah and R. Maulana, "Deteksi Gulma Berdasarkan Warna HSV dan Fitur Bentuk Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 8, no. 5, p. 929, 2021, doi: 10.25126/jtiik.2021854719.
- [11] A. T. Lodong, A. W. Widodo, and M. A. Rahman, "Penentuan Mutu pada Citra Buah Jeruk Keprok menggunakan Metode Local Binary Pattern (LBP)," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 7, no. 4, pp. 1616–1622, 2023.
- [12] D. G. Koç and M. Vatandaş, "Classification of Some Fruits using Image Processing and Machine Learning Dilara," *Turkish J. Agric. - Food Sci. Technol.*, vol. 9, no. 12, 2021, doi: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v9i12.2189-2196.4445> Turkish.
- [13] P. Rosyani and S. Saprudin, "Deteksi Citra Bunga Menggunakan Analisis Segmentasi Fuzzy C-Means dan Otsu Threshold," *MATRIK J. Manajemen, Tek. Inform. dan Rekayasa Komput.*, vol. 20, no. 1, pp. 29–36, 2020, doi: 10.30812/matrik.v20i1.715.
- [14] M. Fang, G. Yue, and Q. Yu, "The Study on An application of Otsu Method in Canny Operator," *Proc. 2009 Int. Symp. Inf. Process.*, vol. 2, no. 4, pp. 109–112, 2009, [Online]. Available: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:The+Study+on+An+Application+of+Otsu+Method+in+Canny+Operator#0>.
- [15] A. Fadjeri, L. Kurniatin, D. K. Adri Ariyanto, and B. A. Saputra, "Analisis Perbandingan Hasil Pengolahan Citra Asli Dan Cropping Untuk Mengidentifikasi Karakteristik Tanaman Selada Menggunakan Metode Morfologi Dan Ekstrasi Ciri," *J. Ilm. SINUS*, vol. 21, no. 1, p. 73, 2023, doi: 10.30646/sinus.v21i1.664.
- [16] A. Zendhaf, R. Magdalena, and R. Y. N. Fu'adah, "Segmentasi Pembuluh Darah pada Fundus Retina Menggunakan Deteksi Tepi dan Operasi Morfologi," *e-Proceeding Eng.*, vol. 5, no. 3, pp. 5506–5512, 2018.
- [17] Nurhidayati and I. Marzuki, "Deteksi Otomatis Penyakit Daun Jagung Menggunakan Teknik Klasterisasi Data dan Operasi Morfologi," *J. Energy (Jurnal Ilm. Ilmu-ilmu Tek.)*, vol. 10, no. 1, pp. 25–32, 2020.
- [18] A. S. Agung, A. F. D. SR, M. S. Hersyam, A. B. Kaswar, and D. D. Andayani, "CLASSIFICATION OF TOMATO QUALITY BASED ON COLOR FEATURES AND SKIN CHARACTERISTICS USING IMAGE PROCESSING BASED ARTIFICIAL NEURAL NETWORK," *J. Tek. Inform.*, vol. 4, no. 5, pp. 1021–1032, 2023.
- [19] A. Fadjeri, B. A. Saputra, D. K. Adri Ariyanto, and L. Kurniatin, "Karakteristik Morfologi Tanaman Selada Menggunakan Pengolahan Citra Digital," *J. Ilm. SINUS*, vol. 20, no. 2, p. 1, 2022, doi: 10.30646/sinus.v20i2.601.
- [20] S. Sanjaya, "Aplikasi Pengenalan Tingkat Kematangan Buah Tomat Menggunakan Fitur Warna Hsv Berbasis Android," *J. Teknoinfo*, vol. 16, no. 1, p. 26, 2022, doi: 10.33365/jti.v16i1.1489.
- [21] A. Wibowo, D. M. C. Hermanto, K. I. Lestari, and H. Wijoyo, "Deteksi Kematangan Buah Jambu Kristal Berdasarkan Fitur Warna Menggunakan Metode Transformasi Ruang Warna Hsv (Hue Saturation Value) Dan K-Nearest Neighbor," *INCODING J. Informatics Comput. Sci. Eng.*, vol. 1, no. 2, pp. 76–88, 2021, doi: 10.34007/incoding.v2i1.131.
- [22] P. Harnis, Y. A. Sari, and M. A. Rahman, "Segmentasi Citra Kue Tradisional menggunakan Otsu Thresholding pada Ruang Warna CIE LAB," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 7, pp. 6799–6808, 2019, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>.
- [23] F. Mendoza, P. Dejmeck, and J. M. Aguilera, "Calibrated color measurements of agricultural foods using image analysis," *Postharvest Biol. Technol.*, vol. 41, no. 3, pp. 285–295, 2006, doi: <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2006.04.004>.
- [24] N. Novita, H. Dafitri, and N. Wulan, "Implementasi Algoritma Otsu Thresholding Dengan Median Filter Dalam Segmentasi Citra Digital Naskah Kuno Batak (Studi Kasus: Museum Negeri Provinsi Sumatera Utara)," *J. Informatics Data Sci.*, vol. 1, no. 1, pp. 7–9, 2022, doi: 10.24114/jids.v1i1.24153.