

PENERAPAN METODE *GRAY LEVEL CO-OCCURRENCE MATRIX* DALAM MENGLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN BUAH NAGA BERBASIS CITRA

Marni Monika Folla^{1*} dan Semlinda Juszandri Bulan²

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika, STIKOM Uyelindo Kupang, Jl. Perintis Kemerdekaan I, Kayu Putih, Kecamatan Oebobo, Kota Kupang, Nusa Tenggara Timur

¹Email*: marnimonikafolla@gmail.com

²Email: semlinda@yahoo.com

ABSTRAK

Buah naga, juga dikenal sebagai *dragon fruit*, adalah buah yang berasal dari tanaman kaktus yang termasuk dalam genus *Hylocereus* dan *Selenicereus*, family *Cactaceae*, ordo *Cactales*, dan kelas *Dicotyledonae*. Buah naga sangat populer di kalangan masyarakat karena memiliki berbagai manfaat kesehatan. Pematangan buah naga dimulai sekitar 11 bulan setelah tanam, dan membutuhkan waktu sekitar 50 sampai 55 hari dari saat kuncup bunga hingga buah siap panen. Proses pematangan buah naga dimulai sekitar 11 bulan setelah penanaman. Dari saat kuncup bunga terbentuk hingga buah siap untuk dipanen, dibutuhkan waktu sekitar 50 sampai 55 hari. Buah naga memiliki tingkat kematangan yang berbeda, yaitu mentah, setengah matang, matang, dan terlalu matang. Tingkat kematangan ini dapat dikenali melalui perubahan warna kulit buah. Saat ini, petani masih melakukan penyortiran buah naga secara manual dengan mengamati secara langsung permukaan buah, namun metode ini sering menghasilkan klasifikasi yang tidak akurat dan tidak konsisten karena adanya kekeledoran pada manusia. Oleh karena itu, peneliti berupaya untuk mengembangkan sebuah sistem yang dapat mengklasifikasikan tingkat kematangan buah naga dengan memanfaatkan karakteristik warna *Hue Saturation Value* (HSV) dan menerapkan metode *Gray Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM). Dalam sistem klasifikasi yang dikembangkan menggunakan perangkat lunak Matlab, terdapat empat kategori kematangan buah naga yang termasuk yaitu, mentah, setengah matang, matang, dan terlalu matang. Terdapat 100 *dataset* yang digunakan dalam penelitian ini dan melalui pengujian dengan menggunakan *5-fold-cross validation*. Penelitian ini mencapai akurasi terbaik sebesar 90%. Analisis data dilakukan menggunakan metode GLCM dengan menghitung jarak terdekat antara setiap data latihan dan data pengujian yang sama menggunakan rumus jarak *Euclidean*.

Kata Kunci: Buah naga, *Gray Level Co-Occurrence Matrix*, Kematangan, Pengolahan citra.

ABSTRACT

Dragon fruit, also known as pitaya, is a fruit that originates from cactus plants belonging to the genus *Hylocereus* and *Selenicereus*, in the *Cactaceae* family, *Cactales* order, and *Dicotyledonae* class. Dragon fruit is highly popular among people due to its various health benefits. The maturation process of dragon fruit begins approximately 11 months after planting, and it takes about 50 to 55 days from the formation of the flower bud to the fruit being ready for harvest. The maturation process of dragon fruit starts approximately 11 months after planting. From the moment the flower bud is formed until the fruit is ready to be harvested, it takes about 50 to 55 days. Dragon fruit has different levels of maturity, namely raw, half-ripe, ripe, and overripe. These maturity levels can be identified through changes in the fruit skin color. Currently, farmers still manually sort dragon fruit by directly observing the fruit's surface, but this method often leads to inaccurate and inconsistent classifications due to human error. Therefore, researchers are striving to develop a system that can classify the maturity levels of dragon fruit by utilizing *Hue Saturation Value* (HSV) color characteristics and implementing the *Gray Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM) method. In the classification system developed using Matlab software, there are four maturity categories for dragon fruit, including raw, half-ripe, ripe, and overripe. This research achieved the highest accuracy of 90%. A total of 100 datasets were used, by using *5-fold-cross validation*. Data analysis was performed using the GLCM method by calculating the nearest distance between each training and testing data using the *Euclidean* distance formula.

Keywords: Dragon Fruit, *Gray Level Co-Occurrence Matrix*, Maturity, Image Processing

*) Penulis Korespondensi

Dikirim : 26 Juni 2023

Diterima : 18 Juli 2023

Publikasi Online : 31 Oktober 2023

1. PENDAHULUAN

Buah naga, yang juga dikenal sebagai dragon fruit, berasal dari tanaman kaktus yang termasuk dalam genus *Hylocereus* dan *Selenicereus*, family *Cactaceae*, ordo *Cactales*, dan kelas *Dicotyledonae* [1]. Asal-usul buah ini ada di Meksiko, Amerika Tengah, dan Amerika Selatan, namun saat ini, budidaya buah naga juga dilakukan di beberapa negara di wilayah Asia, termasuk Indonesia. Bentuk buahnya bulat memanjang dan memiliki kulit yang agak tebal [2]. Tanaman buah naga adalah varietas tanaman tropis yang memiliki kemampuan adaptasi yang sangat baik terhadap berbagai kondisi lingkungan dan fluktuasi cuaca, termasuk terpapar sinar matahari dan curah hujan. Dalam kondisi ideal, tingkat curah hujan yang optimal untuk pertumbuhan buah naga adalah sekitar 60 mm per bulan atau sekitar 720 mm per tahun. Namun, tanaman ini masih dapat tumbuh dengan baik dalam curah hujan antara 600 hingga 1.300 mm per tahun [3]. Untuk pertumbuhan yang optimal, tanaman buah naga membutuhkan media tumbuh yang berpasir, subur, dan kaya bahan alami yang mengandung kadar Kalsium yang tinggi dan bersifat organik. Ada empat varietas buah naga yang populer dalam budidaya dan memiliki potensi yang baik, yaitu *hylocereus undatus*, *hylocereus polyrhizus*, *hylocereus costaricensis*, dan *selenicereus megalanthus*.

Buah naga merupakan buah yang populer di kalangan masyarakat dan memiliki banyak manfaat bagi kesehatan [4]. Budidaya buah naga juga telah banyak dilakukan di Indonesia. Proses pematangan buah naga dimulai sekitar 11 bulan setelah penanaman. Dari saat kuncup bunga terbentuk hingga buah siap untuk dipanen, dibutuhkan waktu sekitar 50 sampai 55 hari. Tingkat kematangan buah naga dapat ditentukan berdasarkan warna kulit buah. Buah dianggap cukup matang ketika seluruh kulitnya berwarna merah, sementara sisik pada buah naga di bagian ujung masih memiliki sedikit warna hijau. Sebelum melakukan pemanenan, penting untuk memperhatikan tingkat kematangan buah naga karena ini merupakan faktor penting dalam menentukan mutu buah tersebut.

Di Desa Baumata, Kecamatan Taebenu, Kabupaten Kupang, terdapat kelompok tani yang dikenal sebagai Kampung Daun. Kelompok ini memiliki contoh kebun pertanian terpadu secara organik yang telah berdiri sejak tahun 2004. Mereka mengelola lahan seluas 1,12 hektar yang digunakan untuk menanam berbagai jenis tanaman pangan dan tanaman hias secara organik, termasuk buah naga. Pada musim panen buah naga, para petani di Kampung Daun melakukan proses penyortiran untuk memperoleh buah naga yang telah matang. Penyortiran merupakan salah satu tahapan yang perlu diberikan perhatian khusus oleh petani dalam pasca panen, yaitu proses pemisahan buah berdasarkan tingkat kematangan. Proses penyortiran dilakukan untuk mendapatkan buah yang berkualitas baik agar dapat didistribusikan ke masyarakat, penyortiran yang tidak tepat berpotensi merugikan petani. Selama ini, petani di kebun Kampung Daun melakukan proses pemilihan buah naga yang telah matang selama musim panen secara manual dengan mengamati langsung permukaan luar buah. Namun, metode klasifikasi manual ini sering kali menghasilkan hasil yang kurang akurat dan tidak konsisten karena adanya kesalahan manusia. Oleh karena itu, untuk menghindari ketidakkonsistenan hasil klasifikasi, penting untuk menerapkan teknologi yang dapat mengklasifikasikan kematangan buah naga secara akurat dan konsisten melalui pengolahan citra.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh [5], yaitu implementasi metode *color moment* dan GLCM untuk mendeteksi penyakit tanaman karet mendapat hasil akurasi yang lebih baik dengan kombinasi perhitungan ekstraksi ciri *color moment* dan GLCM secara paralel dibandingkan dengan kombinasi secara serial ataupun dengan satu fitur ekstraksi. Terdapat juga penelitian sebelumnya yang memanfaatkan ciri *gray level co-occurrence matrix* (GLCM) citra buah jeruk keprok (*citrus reticulata blanco*) untuk klasifikasi mutu yang dilakukan oleh [6] menghasilkan tingkat akurasi terbaik sebesar 82,5% dengan jumlah data latih sebanyak 20, nilai *distance* = 2 pada arah GLCM 45°.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, peneliti ingin memberikan solusi pada permasalahan diatas yaitu dengan memanfaatkan teknologi pengolahan citra digital yang dapat digunakan untuk mengklasifikasi kematangan buah naga berdasarkan warna kulit buah dengan mengimplementasikan metode *Gray Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM).

2. MATERI DAN METODE

Buah Naga

Buah naga merupakan hasil dari pohon kaktus yang memiliki duri di setiap sisinya. Di dunia internasional, buah ini dikenal dengan sebutan "*Dragon Fruit*," sementara dalam bahasa Latin, dikenal sebagai "*Phitahaya*". Dalam buah naga, dagingnya bisa berwarna putih, merah, atau ungu, dan terdapat biji hitam yang dapat dimakan [7]. Bentuknya yang unik dan menarik, dengan kulit merah bersisik hijau yang mirip sisik naga, memberinya nama "buah naga" atau "*dragon fruit*". Buah naga yang telah matang akan mengalami peningkatan vitamin dan mineral yang dapat mengatur kadar gula darah pada penderita diabetes

dan meningkatkan kelembutan kulit. Ekstrak dari daun dan kulit buah naga juga memiliki efek positif dalam meningkatkan fleksibilitas pembuluh darah dan menghambat pertumbuhan sel tumor [8].

Citra Digital

Citra digital merupakan gambar dua dimensi yang dapat diproyeksikan dan ditampilkan di layar komputer. Citra ini terdiri dari kumpulan nilai digital diskrit yang disebut piksel atau elemen gambar. Citra digital merupakan hasil representasi gambar yang diambil melalui proses sampling dan kuantisasi oleh mesin. Proses sampling mengacu pada pembagian gambar menjadi kotak-kotak kecil yang membentuk baris dan kolom, yaitu ukuran piksel dalam citra. Sementara itu, kuantisasi menentukan jumlah tingkat kecerahan yang dapat diwakili dalam tingkat keabuan (*grayscale*) berdasarkan jumlah bit biner yang digunakan oleh mesin. Dengan kata lain, kuantisasi dalam citra mencerminkan jumlah warna yang dapat terlihat dalam citra [9].

Klasifikasi

Teknik klasifikasi adalah suatu metode yang digunakan untuk mengategorikan objek ke dalam kelompok atau kelas tertentu. Dalam berbagai kasus yang melibatkan pengelompokan data objek, penerapan teknik-teknik klasifikasi dapat mempermudah penyelesaiannya [10].

Ekstraksi Fitur

Pengambilan ciri citra melalui ekstraksi fitur merupakan metode yang memanfaatkan histogram untuk menggambarkan karakteristik nilai derajat keabuan piksel dalam sebuah citra. Terdapat tiga jenis ekstraksi fitur citra, yaitu fitur warna, fitur bentuk, dan fitur tekstur [11]. Dalam penelitian ini, fokus akan diberikan pada ekstraksi fitur warna sebagai salah satu jenis ekstraksi fitur yang digunakan.

Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM)

Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) atau *co-occurrence matrix* merupakan fitur statistik orde dua yang diekstraksi menggunakan *co-occurrence matrix*. *Co-Occurrence* adalah matriks yang digunakan untuk menggambarkan korelasi spasial antara piksel-piksel dalam sebuah citra. Matriks ini mencerminkan hubungan ketetanggaan antara piksel-piksel dalam citra dengan berbagai arah orientasi dan jarak spasial [12].

Perhitungan kemunculan bersama atau *co-occurrence* merupakan penghitungan jumlah kemunculan piksel pada satu level nilai yang berdekatan dengan piksel pada level nilai tertentu yang berdekatan dengan piksel pada level nilai lainnya, dengan jarak (d) dan sudut orientasi (θ) yang ditentukan. Jarak diukur dalam satuan piksel, sedangkan orientasi diukur dalam derajat. Orientasi dibagi menjadi empat sudut dengan interval 45° , yaitu 0° , 45° , 90° , dan 135° . Biasanya, jarak antara piksel-piksel dalam perhitungan *co-occurrence* ditetapkan sebagai satu piksel. *Co-occurrence matrix* dalam hal ini adalah matriks berbentuk kotak dengan jumlah elemen yang sama dengan kuadrat dari jumlah tingkat intensitas piksel dalam citra. Setiap elemen (p, q) dalam matriks *co-occurrence* merepresentasikan probabilitas kemunculan nilai p yang berdekatan dengan piksel bernilai q pada jarak d dan orientasi $(180 - \theta)$ [13].

Penggunaan analisis tekstur lebih efektif dalam menggambarkan karakteristik tekstur citra dengan parameter-parameter yang dapat diukur, seperti energi, kontras, homogenitas, dan korelasi. Perhitungan empat fitur dapat dijabarkan sebagai berikut :

a. Energi (*Energy*)

Energi merupakan metrik yang digunakan untuk mengukur tingkat konsentrasi pasangan piksel dengan intensitas keabuan tertentu dalam matriks *co-occurrence*. Rumus *energy* dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$Energy = \sum_{i,j} P_d^2(i,j) \quad (1)$$

Dalam konteks matriks *co-occurrence*, $p(i, j)$ mengacu pada nilai pada baris ke- i dan kolom ke- j dalam matriks tersebut [14].

b. Kontras (*Contrast*)

Kontras adalah sebuah hasil perhitungan yang menggambarkan tingkat variasi intensitas keabuan yang ada dalam citra. Rumus *contrast* dapat dilihat pada Persamaan 2 [14].

$$Contrast = \sum_i \sum_j (i - j)^2 P_d(i,j) \quad (2)$$

c. Homogenitas (*Homogeneity*)

Homogenitas adalah metrik yang digunakan untuk mengukur tingkat keseragaman atau kesamaan variasi dalam intensitas keabuan citra pada matriks *co-occurrence*. Rumus *homogeneity* dapat dilihat pada Persamaan 3 [14].

$$Homogeneity = \sum_i \sum_j \frac{P_d(i,j)}{1+|i-j|} \quad (3)$$

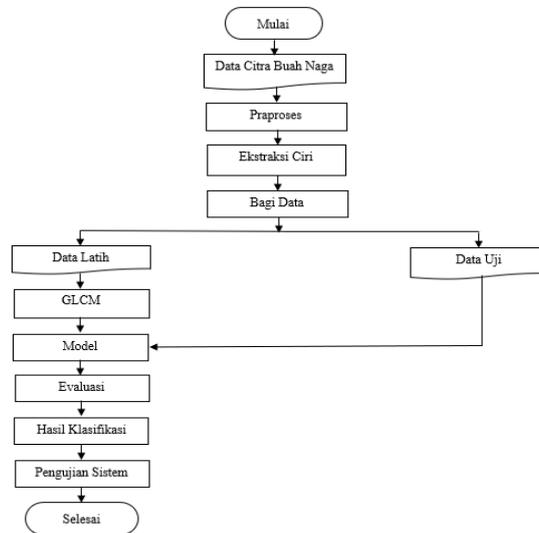
d. Korelasi (*Correlation*)

Petunjuk adanya struktur linear dalam citra menunjukkan ukuran ketergantungan linear keabuan citra. Rumus *correlation* dapat dilihat pada Persamaan 4 [14].

$$Correlation = \sum_i \sum_j \frac{ijPd(i,j) - U_x U_y}{\sigma_x \sigma_y} \quad (4)$$

Metode Penelitian

Untuk mengolah data menjadi sebuah informasi yang dapat dimengerti dan dapat menjawab masalah-masalah yang berkaitan dengan kegiatan penelitian klasifikasi tingkat kematangan buah naga menggunakan *Gray Level Co-Occurrence Matrix* (GLCM) yang dapat digambarkan ke dalam *flowchart* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

- a. Data citra buah naga
 Pengumpulan data menjadi tahap awal sebelum prosesan data citra. Citra buah naga diambil pada penelitian ini sebanyak 100 data citra buah naga.
 - b. Pra-Proses
 Pada tahap ini dilakukan *cropping* citra dengan ukuran citra baru yaitu 256x256 piksel secara manual dalam sistem.
 - c. Ekstraksi ciri
 Matriks citra yang berukuran 256x256 piksel akan diubah menjadi vektor berukuran 1x3 dengan proses ekstraksi ciri menggunakan citra *hue saturation value* (HSV). Pada tahap ini juga citra akan menghitung nilai masing-masing ciri.
 - d. Bagi data
 Pada tahap ini data citra dibagi menjadi dua bagian yaitu data uji dan data latih dengan menggunakan metode *5-fold cross validation*.
 - e. Klasifikasi dengan GLCM
 Klasifikasi dilakukan dengan data masukkan berupa matriks komposisi dari proses ekstraksi ciri yang telah dilakukan sebelumnya dengan mencari jarak terdekat antara data uji dengan data latih menggunakan rumus *euclidean distance*, proses klasifikasi akan menghasilkan empat kelas yaitu kelas mentah, setengah matang, matang dan terlalu matang. Rumus *euclidean distance* dapat dilihat pada Persamaan 5.
- $$Euclidean\ distance = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (5)$$
- f. Evaluasi
 Evaluasi atau pengujian dilakukan dengan menggunakan *confusion matrix*. *Confusion Matrix* adalah sebuah metode yang biasa digunakan untuk perhitungan akurasi, *recall*, *precision*, dan *error rate*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Citra

Data yang digunakan adalah 100 data citra buah naga dengan ukuran 256 x 256 piksel yang terdiri dari empat tingkat kematangan buah naga yaitu mentah, setengah matang, matang dan terlalu matang atau busuk.

Praproses

Pada tahap praproses dilakukan proses *cropping* ukuran data citra menjadi 256 x 256 piksel seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Cropping ukuran asli citra ke ukuran baru

Ekstraksi Ciri

Pada proses ini citra yang telah melalui tahap praproses selanjutnya mengubah citra RGB menjadi HSV. selanjutnya akan dilakukan ekstraksi ciri citra dengan menghitung nilai *mean hue*, *mean saturation* dan *mean value* dari citra HSV tersebut. Dapat dilihat seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data nilai ekstraksi HSV

Data Ke -	Mean Hue	Mean Saturation	Mean Value
1	0.4661	0.3557	0.1685
2	0.4698	0.3598	0.1642
3	0.3250	0.3053	0.1682
4	0.3069	0.2978	0.1742
5	0.3151	0.3015	0.1916
:	:	:	:
100	0.4002	0.1858	0.3208

Bagi Data

Pada tahap ini data dibagi menggunakan *5-fold-cross validation* dimana 100 *record* pada data *training* akan dibagi secara acak dalam 5 bagian kemudian akan diukur tingkat akurasi, *precision*, *sensitivity* dan *specificity*.

Klasifikasi Gray Level Co-Occurrence Matrix

Klasifikasi dilakukan dengan data masukkan berupa matriks komposisi dari proses ekstraksi ciri yang telah dilakukan sebelumnya dengan mencari jarak terdekat antara data uji dengan data latih menggunakan rumus *euclidean distance*, proses klasifikasi akan menghasilkan empat kelas yaitu kelas mentah, setengah matang, matang dan terlalu matang. Layout klasifikasi citra buah naga dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Layout Klasifikasi Citra Buah Naga

Evaluasi

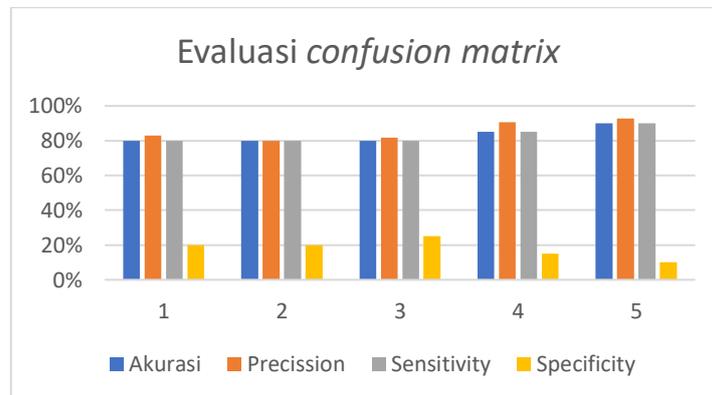
Evaluasi dilakukan untuk menguji seberapa besar akurasi metode *Gray Level Co-Occurrence Matrix* dalam mengklasifikasi kelas dengan menggunakan *confusion matrix*. Hasil perhitungan *confusion matrix* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Akurasi dari pengujian

Pengujian ke	Akurasi	Precision	Sensitivity	Specificity
1	80 %	83,03571 %	80 %	20 %
2	80 %	80 %	80 %	20 %

3	80 %	81,666666 %	80 %	25 %
4	85 %	90,625 %	85 %	15 %
5	90 %	92,857142 %	90 %	10 %

Hasil evaluasi dengan *confusion matrix* dibagi dalam *5-fold cross validation* dengan menghitung nilai akurasi, *precision*, *sensitivity* dan *specificity*, dimana dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik hasil perhitungan evaluasi *confusion matrix*

Dari Tabel 2 terlihat bawah hasil akurasi terendah pada *fold* ke-1, 2 dan 3 yaitu 80% dan akurasi tertinggi pada *fold* ke-5 yaitu 90%. Hasil *precision* terendah pada *fold* ke-2 yaitu 80% dan hasil *precision* tertinggi pada *fold* ke-5 yaitu 92,857142%. Hasil *sensitivity* terendah pada *fold* ke-1, 2 dan 3 yaitu 80% dan hasil *sensitivity* tertinggi pada *fold* ke-5 yaitu 90%. Hasil *specificity* terendah pada *fold* ke-5 yaitu 10% dan hasil *specificity* tertinggi pada *fold* ke-3 yaitu 25%. Dari hasil pengujian, nilai akurasi menentukan jumlah semua nilai prediksi benar, sedangkan nilai *precision* menentukan hasil keakuratan dari hasil klasifikasi. Nilai *sensitivity* memprediksi nilai yang benar sedangkan nilai *specificity* memprediksi nilai yang salah. Berdasarkan pengujian program dapat disimpulkan bahwa program berhasil dalam mengklasifikasi tingkat kematangan buah naga dalam kelas mentah, setengah matang, matang dan terlalu matang dengan mencapai tingkat akurasi 90%.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa klasifikasi tingkat kematangan buah naga dengan menerapkan metode GLCM berhasil diimplementasikan dengan baik. Hasil klasifikasi buah naga mentah, setengah matang, matang dan terlalu matang dengan menerapkan metode GLCM memperoleh validasi pengujian tertinggi pada *fold* ke-5 dengan keakuratan 90%, *precision* 92,857142% , *sensitivity* 90% dan *specificity* 10%. Dimana nilai akurasi menentukan jumlah semua nilai prediksi benar, sedangkan nilai *precision* menentukan hasil keakuratan dari hasil klasifikasi. Nilai *sensitivity* memprediksi nilai yang benar sedangkan nilai *specificity* memprediksi nilai yang salah. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa program berhasil mengklasifikasi tingkat kematangan buah naga mentah, setengah matang, matang dan terlalu matang. Dalam rangka pengembangan penelitian selanjutnya, disarankan untuk pada sistem ini belum memisahkan antara objek (*foreground*) dengan *background* yang menyebabkan pengolahan citra terjadi pada semua objek yang ada didalam citra oleh sebab itu penulis menyarankan untuk menambah tahap segmentasi citra pada sistem dan juga penulis menyarankan untuk mencoba dengan algoritma atau metode yang lainnya untuk memperoleh hasil akurasi pada buah naga yang benar-benar optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Rahayu, *Budidaya Buah Naga Cepat Panen*, 1st ed. Jakarta: Infra Hijau, 2014.
- [2] N. Khuriyati, M. B. Fibriato, and D. A. Nugroho, "Penentuan Kualitas Buah Naga (*Hylocereus undatus*) Dengan Metode Non-Destruktif [Non-destructive Determination of Dragon Fruit (*Hylocereus undatus*) Quality]," *J. Teknol. Ind. Has. Pertan.*, vol. 23, no. 2, p. 65, Sep. 2018, doi: <http://dx.doi.org/10.23960/jtihp.v23i2.65-74>.
- [3] Juherman, *Mari berbisnis buah naga super red (Hylocereus undatus)*. Cianjur: PPPPTK Pertanian, 2017. [Online]: Available: <https://bbppmpvpertanian.kemdikbud.go.id/?p=2243/>. [Accessed 31 October 2023].
- [4] L. O. Prakoso, H. Yusmaini, M. S. Thadeus, and S. Wiyono, "Perbedaan efek ekstrak buah naga merah

- (*Hylocereus polyrhizus*) dan ekstrak buah naga putih (*Hylocereus undatus*) terhadap kadar kolesterol total tikus putih (*Rattus norvegicus*),” *J. Gizi dan Pangan*, vol. 12, no. 3, pp. 195–202, Nov. 2017, doi: <https://doi.org/10.25182/jgp.2017.12.3.195-202>.
- [5] A. Saragih and M. Sianturi, “Implementasi Metode Color Moment dan GLCM Untuk Mendeteksi Penyakit Tanaman Karet,” *Inf. dan Teknol. Ilm.*, vol. 7, no. 2, pp. 145–151, 2020, [Online]. Available: <https://www.ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/inti/article/view/2377>. [Accessed 31 October 2023].
- [6] R. Widodo, A. W. Widodo, and A. Supriyanto, “Pemanfaatan Ciri Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) Citra Buah Jeruk Keprok (*Citrus reticulata* Blanco) untuk Klasifikasi Mutu,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 2, no. 11, pp. 5769–5776, 2018, [Online]. Available: <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/3420>. [Accessed 31 October 2023].
- [7] N. Idawati, *Budidaya Buah Naga Hitam : Varietas Baru Yang Kian Diburu*. Yogyakarta: Pustaka Baru Press, 2012.
- [8] R. Nisa, R. Mulfianda, and M. Mulyatina, “Efek Buah Naga Merah (*Hylocereus Polyrhizus*) Terhadap Penurunan Kadar Gula Darah Pada Penderita Diabetes Mellitus Tipe 2,” *Idea Nurs. J.*, vol. XII, no. 2, pp. 19–25, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.usk.ac.id/INJ/article/download/22245/15393>. [Accessed 31 October 2023].
- [9] R. Gonzalez and R. Woods, *Digital Image Processing Third Edition*, 3rd ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2010.
- [10] A. S. Maulani, *Klasifikasi Batik Menggunakan Metode Multi Texton Histogram dan Support Vector Machine [Skripsi]*. Malang: Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah, 2017.
- [11] D. Amirullah, “Sistem Pencarian Semantik Impresi dengan Mekanisme Pembobotan Kombinasi Fitur Warna dan Fitur Bentuk,” *INOVTEK Polbeng - Seri Inform.*, vol. 3, no. 1, p. 41, 2018, doi: <https://doi.org/10.35314/isi.v3i1.332>.
- [12] G. Gressiva and F. Chandra, “Sistem Pengenalan Motif Songket Melayu Menggunakan Ekstraksi Fitur Principal Component Analysis dan Gray Level Co-Occurrence Matrix dan Jaringan Saraf Tiruan,” *J. Jom FTEKNIK*, vol. 5, no. 2, pp. 1–7, 2018. [Online]. Available: <https://jom.unri.ac.id/index.php/JOMFTEKNIK/article/view/22206>. [Accessed 31 October 2023].
- [13] Y. R. Kaesmetan and M. V. Overbeek, “Digital Image Processing using Texture Features Extraction of Local Seeds in Nekbaun Village with Color Moment, Gray Level Co Occurance Matrix, and k-Nearest Neighbor,” *Ultim. J. Tek. Inform.*, vol. 13, no. 2, pp. 81–88, 2022, doi: <https://doi.org/10.31937/ti.v13i2.2038>.
- [14] I. Purnamasari and T. Sutojo, “Pengenalan Ciri Garis Telapak Tangan Menggunakan Ekstraksi Fitur (GLCM) dan Metode K-NN Palm Characteristic Recognition Using Feature Extraction (GLCM) and K-NN Method,” *J. VOI (Voice Informatics)*, vol. 6, no. 1, pp. 221–229, 2017. doi: <https://doi.org/10.33050/ccit.v10i2.541>.