

Evaluasi Kualitas dan Kematangan Mangga Menggunakan Analisis Citra Digital dengan *Euclidean Distance* Fokus pada Buah Hijau dan Kuning

David Agus Salim¹, Yesi Betriana Roza², Agung Ramadhanu³

Universitas Putra Indonesia “YPTK” Padang

arastyadavid@gmail.com¹, yesibetriana@mail.com², agung_ramadhanu@upiypk.ac.id³

Diterima (14-09-2024)	Direvisi (26-09-2024)	Disetujui (7-10-2024)
--------------------------	--------------------------	--------------------------

Abstrak - Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas dan kematangan buah mangga melalui analisis citra digital. Kualitas dan kematangan buah mangga sangat mempengaruhi rasa, tekstur, dan keberlanjutan dalam industri pertanian dan pengolahan makanan. Metode tradisional penilaian yang melibatkan pengamatan warna, tekstur, dan aroma sering kali bersifat subjektif dan sulit diukur secara konsisten. Oleh karena itu, penelitian ini memanfaatkan teknologi pemrosesan gambar berbasis MATLAB untuk memberikan pendekatan objektif dalam penilaian kematangan buah. Fokus penelitian ini adalah pada dua tahap warna mangga yang umum, yaitu hijau (belum matang) dan kuning (matang). Melalui analisis citra digital, algoritma pemrosesan gambar digunakan untuk mendeteksi perubahan warna yang berkaitan dengan kematangan serta mengidentifikasi cacat atau kerusakan fisik pada buah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis citra digital efektif dalam membedakan antara mangga matang dan hijau, dengan tingkat akurasi klasifikasi yang tinggi. Temuan ini mendukung pengembangan sistem penilaian otomatis yang dapat meningkatkan efisiensi dan konsistensi dalam pemilihan serta pemrosesan buah mangga. Dari hasil ekstraksi ciri pada *Metric* nilai 0.8373 menunjukkan hasil yang relatif baik. Nilai *Eccentricity* 0.8333, Nilai *Contrast* 0.084535. Nilai *contrast* yang rendah seperti 0.084535 menunjukkan bahwa citra memiliki sedikit perbedaan intensitas antara piksel-pikselnya, nilai *Correlation* yang didapatkan 0.9877, Nilai yang mendekati 1, seperti 0.9877, menunjukkan bahwa ada hubungan yang sangat kuat antara nilai intensitas piksel yang berdekatan. Nilai *Energy* yang didapatkan adalah 0.40659. Nilai 0.40659 menunjukkan tingkat energi yang sedang dalam citra. Dan nilai *Homogeneity* adalah 0.98094. Nilai 0.98094 menunjukkan bahwa citra memiliki tingkat keseragaman yang sangat tinggi, dengan perbedaan intensitas yang sangat sedikit di seluruh citra.

Keywords: Mangga, analisis citra digital, kematangan buah, pemrosesan gambar, klasifikasi warna.

Abstract - This study aims to evaluate the quality and maturity of mango fruit through digital image analysis. The quality and ripeness of mango fruits greatly affect flavor, texture, and sustainability in the agricultural and food processing industries. Traditional methods of assessment involving observations of color, texture, and aroma are often subjective and difficult to measure consistently. Therefore, this research utilizes MATLAB-based image processing technology to provide an objective approach to fruit ripeness assessment. The focus of this research is on two common mango color stages, namely green (immature) and yellow (ripe). Through digital image analysis, image processing algorithms were used to detect color changes related to ripeness as well as identify defects or physical damage to the fruit. The results show that digital image analysis is effective in distinguishing between ripe and green mangoes, with a high level of classification accuracy. These findings support the development of an automated grading system that can improve efficiency and consistency in mango fruit selection and processing. From the results of feature extraction on *Metric*, the value of 0.8373 shows relatively good results. *Eccentricity* value 0.8333, *Contrast* value 0.084535. A low contrast value such as 0.084535 indicates that the image has a slight intensity difference between its pixels, the *Correlation* value obtained is 0.9877, a value close to 1, such as 0.9877, indicates that there is a very strong relationship between the intensity values of adjacent pixels. The *Energy* value obtained is 0.40659. A value of 0.40659 indicates a moderate level of energy in the image. And the *Homogeneity* value is 0.98094. A value of 0.98094 indicates that the image has a very high level of uniformity, with very little intensity difference across the image.

Keywords: Mango, digital image analysis, fruit ripeness, image processing, color classification.

I. PENDAHULUAN

Mangga merupakan buah tropis yang sangat digemari dan banyak dicari di pasar baik dalam

maupun luar negeri, pengaruh yang sangat signifikan yaitu terdapat pada tingkat kematangan mangga (Jamaludin et al., 2021).

Beberapa jenis mangga yang ditemui di Indonesia, antara lain: mangga arumanis, mangga apel, mangga golek, mangga madu, mangga manalagi, mangga alpukat, mangga gedong gincu, mangga indramayu, mangga pakel, mangga kweni, mangga kemang, mangga lalijiwo, mangga endog, mangga sekerabat dengan bacang (*M. foetida*), kemang (*M. kemanga*), kuweni (*M. x odorata*), kasturi (*M. casturi*), dan banyak lagi (Hendriyan et al., 2023).

Kualitas dan kematangan buah-buahan sangat mempengaruhi rasa, tekstur, dan keberlanjutan industri pertanian dan pengolahan makanan (Muchtar & Muchtar, 2024). Akibat popularitas mangga yang tinggi sebagai buah tropis, penting bagi mangga dapat dinilai dengan lengkap untuk memastikan kualitasnya. Parameter-parameter utama kematangan mangga biasanya diukur dari warna kulit, tekstur, dan aroma (Wisak et al., 2024). Namun, ketiganya adalah parameter subjektif yang sangat sulit menilainya tanpa ditularkan. Teknologi analisis citra digital menawarkan metode objektif yang dapat digunakan untuk mendefinisikan karakteristik visual dengan akurat dan konsisten. Salah satunya adalah dengan teknologi pemrosesan gambar (Saputra et al., 2023), (Akbar Anugrah Illahi & Tri Handoko, 2023).

Pada penelitian sebelumnya melakukan identifikasi dengan metode *euclidean distance*. *Euclidean distance* merepresentasikan tingkat kemiripan dua buah citra yang memperhitungkan nilai jarak dari euclidean-nya. Dari hasil evaluasi didapatkan presisi sebesar 83%, *recall* 87%, dan akurasi sebesar 85% (Nurnaningsih et al., 2021). Sedangkan penelitian oleh (Muchtar & Muchtar, 2024) menggunakan metode *K-Nearest Neighbors* (KNN) diperoleh akurasi sebesar 97,85%, *precision* 100%, dan *recall* 97,50%. Performa tersebut menunjukkan tingkat ketepatan dan kecocokkan model yang tinggi dalam mengklasifikasikan tingkat kematangan buah mangga.

Meskipun penelitian-penelitian tersebut memberikan hasil yang cukup jelas, maka dari itu pada penelitian ini akan fokus pada metode pengembangan untuk mengevaluasi kualitas kematangan buah mangga berbasis warna digital melalui program MATLAB. Fokus utama akan jatuh pada dua tahap warna yang paling umum dari mangga, yaitu hijau sebagai tahap mangga yang belum matang, dan kuning yang merupakan tahap matang. Teknologi pemrosesan gambar memungkinkan untuk menentukan perbedaan visual yang praktis tidak terlihat dengan benar. Hal ini meliputi

perubahan warna dari kondisi kematangan atau kerusakan fisik dan cacat (Nithya et al., 2022).

II. METODOLOGI PENELITIAN

Agar penelitian yang dilakukan dapat berjalan dengan baik, terencana dan terstruktur maka dibutuhkan tahapan-tahapan penelitian yang dilakukan. Tahapan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 1 berikut :



Sumber: Hasil Penelitian (2024)
Gambar 1. Tahapan Penelitian

Data citra yang diolah atau dijadikan obyek dari penelitian ini adalah citra buah Mangga dari jenis Mangga Madu, dan Mangga Indramayu, yang mangganya berwarna hijau dan kuning. Masing-masing jenis tanaman Mangga diwakili oleh 20 data citra dengan total data citra sebanyak 40 buah. Contoh citra dari masing-masing jenis mangga diperlihatkan pada Gambar 2.



Sumber: Hasil Penelitian (2024)

Gambar 2. Contoh data buah mangga madu dan buah mangga indramayu

1. Akuisisi Citra

Tahap awal adalah akuisisi citra, dimana diambil citra buah mangga yang digunakan sebagai data latih dan data uji. Proses pengambilan citra melalui pengambilan mandiri secara langsung, dimana citra di foto dengan tingkat cahaya yang sama. Data dari akuisisi citra yang digunakan adalah 2 jenis mangga yang sering ditemukan dan mudah didapatkan, diantaranya: mangga madu dan mangga indramayu.

2. Transformasi Citra L^*a^*b

Transformasi Citra L^*a^*b adalah teknik penting dalam pengolahan citra digital yang digunakan untuk memisahkan kecerahan dan warna secara lebih akurat dibandingkan dengan ruang warna RGB (Muchtar et al., 2024). Langkah yang dilakukan mengubah dan mentransformasikan ruang warna citra. Ruang warna $L^*a^*b^*$ dirancang untuk mendekati cara manusia melihat warna dan bersifat lebih independen terhadap perangkat (device-independent), sehingga cocok untuk aplikasi seperti analisis warna, pengenalan objek, dan pengelompokan objek berdasarkan warna (Nuraini, 2022).

3. Segmentasi Citra dengan K-Means Clustering

K-means clustering adalah salah satu teknik populer untuk segmentasi citra. Tujuannya adalah membagi citra menjadi beberapa segmen atau *cluster* berdasarkan kesamaan fitur seperti warna atau intensitas piksel (Ghazal et al., 2021), (Awad et al., 2023). Proses dari K-Means clustering sebagai berikut (Yudhistira & Andika, 2023):

- Inisialisasi: Pilih K titik pusat cluster secara acak.
- Pengelompokan: Setiap piksel ditetapkan ke *cluster* terdekat berdasarkan jarak ke titik pusat.
- Update: Hitung ulang pusat *cluster* sebagai rata-rata semua piksel dalam *cluster* tersebut.
- Iterasi : Ulangi Langkah 2-3 sampai konvergen
- Hasil : Citra tersegmentasi dimana setiap piksel diberi label clusternya .

4. Ekstraksi Ciri Bentuk dan Tekstur

Ekstraksi ciri bentuk dan tekstur merupakan teknik penting dalam pengolahan citra digital dan analisis pola (Nurulrachman et al., 2023). Fitur yang diekstraksi digunakan sebagai nilai input untuk membedakan objek yang satu

dengan yang lain. Karakteristik yang dapat di ekstraksi adalah ciri bentuk (Harjanti & Himawan, 2021). Pada penelitian ini untuk ekstraksi ciri bentuk yang digunakan adalah parameter *metric* dan *eccentricity*. *Metric* merupakan nilai perbandingan antara luas dan keliling benda. *Eccentricity* merupakan ukuran seberapa jauh bentuk objek menyimpang dari bentuk lingkaran sempurna.

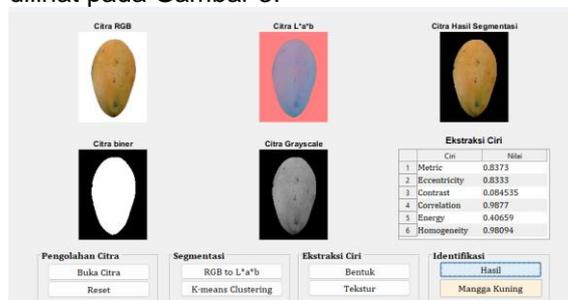
5. Identifikasi Citra dengan Euclidean Distance

Euclidean distance adalah konsep matematika yang digunakan untuk mengukur jarak antara dua titik dalam ruang *euclidean*. Ini adalah jarak garis lurus antara dua titik, tidak peduli berapa banyak dimensi yang dimiliki ruang tersebut. *Euclidean distance* antara dua titik adalah akar kuadrat dari jumlah kuadrat perbedaan koordinat mereka (Pramudit & Akbar, 2024).

Rumus dari *euclidean distance* adalah : Untuk dua titik $P = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ dan $Q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$ dalam ruang n-dimensi, jarak Euclidean adalah: $d(P,Q) = \sqrt{[(p_1-q_1)^2 + (p_2-q_2)^2 + \dots + (p_n-q_n)^2]}$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

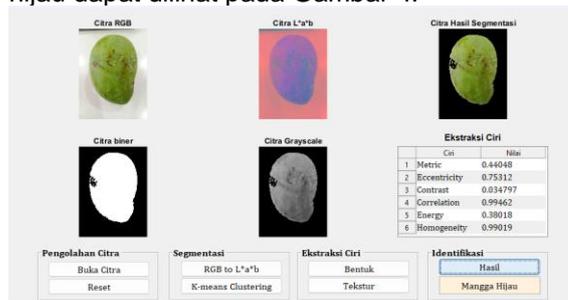
Tampilan interface program saat program akan dijalankan. Berikut tampilan program hasil identifikasi citra buah mangga kuning dapat dilihat pada Gambar 3.



Sumber: Hasil Penelitian (2024)

Gambar 3. Tampilan Program Citra Mangga Kuning

Adapun hasil identifikasi citra buah mangga hijau dapat dilihat pada Gambar 4.

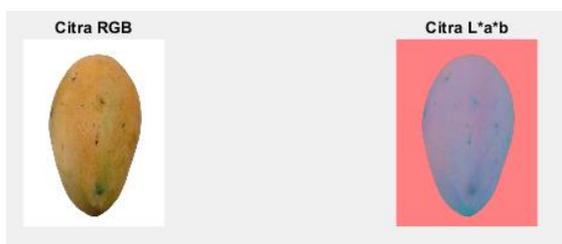


Sumber: Hasil Penelitian (2024)

Gambar 4. Tampilan Program Citra Mangga Hijau

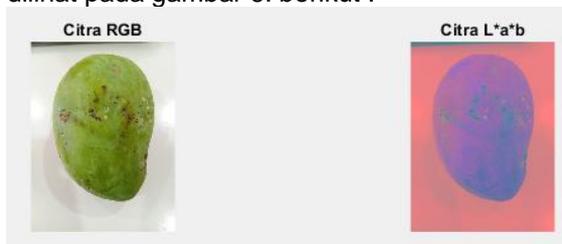
Ketika kita klik tombol buka citra maka kita akan memilih gambar yang akan diproses oleh sistem. Citra gambar yang akan diproses harus berada didalam folder MATLAB.

Dataset yang dikumpulkan sebanyak 20 citra buah mangga. Citra yang digunakan untuk data latih sebanyak 10 data citra. Setelah dataset dikumpulkan langkah yang dilakukan adalah mempersiapkan pelatihan. Pelatihan dan pengajuan yang dilakukan menggunakan matlab. Langkah pertama yang dilakukan dalam proses transformasi ruang warna dari citra red, green, dan blue menjadi citra L^*a^*b . Proses transformasi dari citra RGB ke citra L^*a^*b pada buah mangga kuning dapat dilihat pada gambar 5. berikut :



Sumber: Hasil Penelitian (2024)
Gambar 5. Citra RGB dan Citra L^*a^*b Mangga Kuning

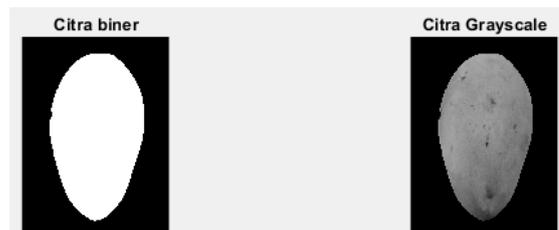
Adapun proses transformasi dari citra RGB ke citra L^*a^*b pada buah mangga hijau dapat dilihat pada gambar 6. berikut :



Sumber: Hasil Penelitian (2024)
Gambar 6. Citra RGB dan Citra L^*a^*b Mangga Kuning

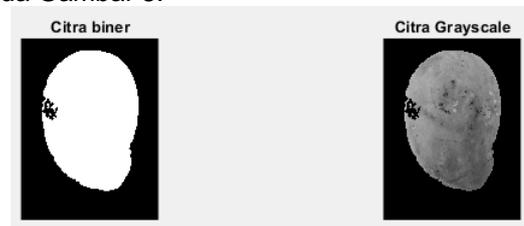
Selanjutnya citra diubah atau ditransformasi ke dalam bentuk biner agar mudah dalam melakukan segmentasi citra. Proses ini disebut juga sebagai citra biner, artinya objek yang diinginkan memiliki nilai 1(warna putih), sedangkan nilai latar belakang atau *background* bernilai 0 (warna hitam). Citra hasil transformasi ke biner dipisahkan objeknya dengan *background*, sehingga hasil citra tersebut dapat digunakan sebagai *masking* untuk melakukan tahap selanjutnya. Selanjutnya citra biner yang dihasilkan ditransformasi lagi menjadi citra *grayscale* untuk menyederhanakan citra agar mudah dalam proses pengolahan citra. Gambar

7. berikut ini merupakan hasil transformasi citra biner dan *grayscale* pada buah mangga kuning.



Sumber: Hasil Penelitian (2024)
Gambar 7. Hasil Transformasi Biner dan Hasil Transformasi *Grayscale* Mangga Kuning

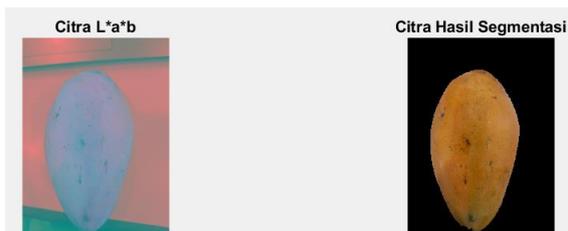
Adapun hasil transformasi citra biner dan *grayscale* pada buah mangga hijau dapat dilihat pada Gambar 8.



Sumber: Hasil Penelitian (2024)
Gambar 8. Hasil Transformasi Biner dan Hasil Transformasi *Grayscale* Mangga Hijau

Tahap selanjutnya adalah melakukan segmentasi citra menggunakan *K-Means Clustering*. Hal ini dilakukan agar dapat mempartisi data menjadi beberapa region kluster. Proses segmentasi citra buah mangga kuning dan hijau pada penelitian ini melibatkan langkah-langkah sistematis mulai dari pembacaan gambar hingga analisis hasil segmentasi. Gambar harus jelas yang menunjukkan perbedaan warna antara kuning dan hijau, dalam hal ini gambar harus dalam format yang kompatibel. Pada gambar yang telah disiapkan untuk proses segmentasi menggunakan format jpg. Dalam langkah pertama pembacaan gambar dengan memuat gambar yang dilakukan dengan cara mengimpor gambar dan menyimpannya kedalam variabel, selanjutnya mengkonversi gambar dari ruang warna *RGB* ke ruang warna L^*a^*b . Ruang warna L^*a^*b inilah yang digunakan untuk segmentasi citra. Fungsi *K-Means* diterapkan pada komponen a^* dan b^* dengan tujuan untuk mengelompokkan piksel menjadi dua warna utama (misalnya merah dan hijau)

Proses dari citra L^*a^*b ke citra hasil segmentasi pada buah mangga kuning dapat dilihat pada gambar 9. dibawah ini.



Sumber: Hasil Penelitian (2024)
Gambar 9. Citra L*a*b dan Citra Hasil Segmentasi Mangga Kuning

Hasil dari *K-Means Clustering* mangga kuning dapat dilihat pada Gambar 10. dibawah ini.



Sumber: Hasil Penelitian (2024)
Gambar 10. Citra Hasil Segmentasi Mangga Kuning

Proses *K-Means Clustering* mangga hijau dapat dilihat pada Gambar 11. berikut.



Sumber: Hasil Penelitian (2024)
Gambar 11. Citra L*a*b dan Citra Hasil Segmentasi Mangga Hijau

Hasil dari *K-Means Clustering* mangga hijau dapat dilihat pada Gambar 12. dibawah ini.

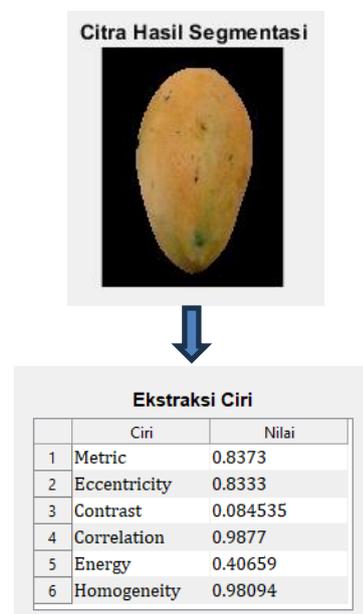


Sumber: Hasil Penelitian (2024)
Gambar 12. Citra Hasil Segmentasi Mangga Hijau

Tahap selanjutnya adalah ekstraksi ciri yang berfungsi untuk menggali informasi dari karakteristik objek yang diidentifikasi. Ekstraksi

ciri menggunakan ekstraksi ciri bentuk dan tekstur. Fitur yang diekstraksi kemudian digunakan sebagai parameter atau nilai input untuk membedakan objek satu dengan yang lain pada tahap identifikasi. Pada penelitian ini menggunakan ekstraksi ciri bentuk dan tekstur. Untuk ekstaksi ciri bentuk, menggunakan parameter *metric* and *eccentricity*.

Metric didapatkan dari perbandingan antara luas dan keliling suatu benda. Sedangkan *eccentricity* didapatkan dari perbandingan antara jarak fokus elips minor dengan fokus elips mayor suatu benda. Untuk ekstraksi ciri tekstur menggunakan *Gray-Level Co-Occurrence Matrix (GLCM)* dengan parameter *contrast*, *correlation*, *energy* dan *homogeneity*. Gambar 13. berikut hasil dari nilai ekstraksi ciri dan tekstur pada buah mangga kuning yang diimplementasikan pada *Matlab*.



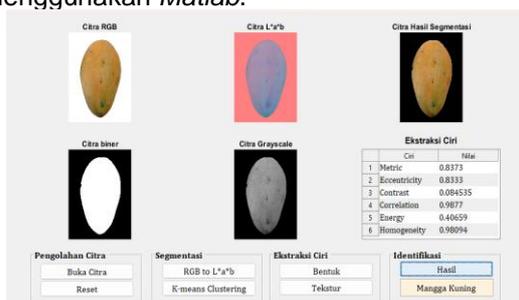
Sumber: Hasil Penelitian (2024)
Gambar 13. Hasil Nilai Ekstraksi Ciri Bentuk dan Tekstur Mangga Kuning

Adapun hasil dari nilai ekstraksi ciri dan tekstur pada buah mangga hijau yang diimplementasikan pada *Matlab* dapat dilihat pada Gambar 14.



Sumber: Hasil Penelitian (2024)
Gambar 14. Hasil Nilai Ekstraksi Ciri Bentuk dan Tekstur Mangga Hijau

Selanjutnya adalah tahap identifikasi dengan *euclidean distance* suatu teknik pencocokan citra yang dapat mengidentifikasi citra lain yang serupa atau mempunyai kemiripan. *Euclidean distance* merepresentasikan tingkat kemiripan dari dua buah citra yang memperhitungkan nilai jarak dari *euclidean*, jika semakin kecil jarak *euclidean* maka citra tersebut semakin mirip (Syaputra Siregar & Hendra Azhar, 2024). Proses yang dilakukan dengan membandingkan kedekatan nilai jarak dari dua buah variabel yaitu antara citra uji dengan citra acuan untuk mencari nilai jarak terdekat. Gambar 15. menunjukkan tampilan aplikasi menggunakan *Matlab*.



Sumber: Hasil Penelitian (2024)
Gambar 15. GUI Sistem Identifikasi Buah Mangga

Berdasarkan hasil ekstraksi ciri pada Gambar 13 dan 14 salah satunya pada mangga kuning *Metric* nilai 0.8373 menunjukkan hasil yang relatif baik. *Eccentricity* (0.8333): biasanya mengukur seberapa berbentuk lonjong atau elips sebuah objek dibandingkan dengan lingkaran sempurna. Nilai 0.8333 menunjukkan bahwa objek dalam citra cukup lonjong tetapi

tidak sepenuhnya elips. Dalam analisis tekstur, nilai ini bisa digunakan untuk menilai ketidakregularan atau deformasi dalam citra. *Contrast* (0.084535): Nilai *contrast* yang rendah seperti 0.084535 menunjukkan bahwa citra memiliki sedikit perbedaan intensitas antara piksel-pikselnya, yang sering kali berarti bahwa citra tersebut homogen atau memiliki tekstur yang relatif halus. *Correlation* (0.9877): Nilai yang mendekati 1, seperti 0.9877, menunjukkan bahwa ada hubungan yang sangat kuat antara nilai intensitas piksel yang berdekatan. Ini sering kali menunjukkan pola yang sangat teratur atau konsisten dalam citra. *Energy* (0.40659): Nilai 0.40659 menunjukkan tingkat energi yang sedang dalam citra. *Homogeneity* (0.98094): Nilai 0.98094 menunjukkan bahwa citra memiliki tingkat keseragaman yang sangat tinggi, dengan perbedaan intensitas yang sangat sedikit di seluruh citra.

Sedangkan pada hasil ekstraksi ciri pada mangga hijau *Metric* nilai 0.44048 menunjukkan seberapa bulat bentuk objek. Semakin mendekati 1, semakin bulat objeknya. Nilai 0.44048 menunjukkan bahwa mangga hijau memiliki bentuk yang cukup *elongated*, tetapi masih cukup baik. *Eccentricity* dengan nilai 0.75312 mengukur seberapa lonjong bentuk objek. Nilai mendekati 1 menunjukkan bentuk yang lebih lonjong. Nilai 0.75312 menunjukkan bahwa mangga hijau memiliki bentuk yang cukup lonjong, yang dapat sesuai dengan karakteristik buah. *Contrast* yang rendah pada nilai 0.034797 menunjukkan bahwa terdapat sedikit perbedaan intensitas antara piksel dalam citra. Nilai ini juga menunjukkan bahwa warna pada permukaan mangga hijau cukup homogen. *Correlation* dengan nilai 0.99462 menunjukkan tingkat hubungan antara piksel yang berdekatan. Nilai mendekati 1 menunjukkan hubungan yang kuat. Nilai 0.99462 menunjukkan bahwa piksel di sekitar mangga hijau memiliki tingkat konsistensi warna yang tinggi. *Energy* pada nilai 0.38018 menunjukkan tekstur yang lebih homogen. Nilai ini menunjukkan tekstur yang cukup beragam, tetapi tidak terlalu tinggi. *Homogeneity* dengan nilai 0.99019 menunjukkan seberapa mirip piksel di dalam citra. Nilai mendekati 1 menunjukkan bahwa piksel memiliki kesamaan yang tinggi. Nilai 0.99019 menunjukkan bahwa permukaan mangga hijau cukup seragam.

Dari analisis ini, mangga hijau menunjukkan bentuk yang agak lonjong dengan permukaan yang cukup homogen dan konsisten dalam warna. Nilai-nilai ciri ini mendukung pengenalan mangga hijau sebagai buah yang masih dalam keadaan matang. Ciri-ciri ini dapat digunakan untuk membedakan mangga hijau dari yang

kuning, terutama dalam konteks pemrosesan citra dan identifikasi tingkat kematangan. Selanjutnya evaluasi perbandingan kualitas dan kematangan mangga dilihat dari segi bentuk mangga kuning cenderung lebih bulat, sementara mangga hijau lebih lonjong, yang bisa diartikan bahwa keduanya memiliki bentuk yang sesuai dengan tahap kematangan mereka. Homogenitas pada kedua jenis mangga menunjukkan nilai homogenitas yang tinggi, tetapi mangga hijau memiliki sedikit perbedaan dalam nilai energi, menandakan sedikit keragaman dalam tekstur. Konsistensi warna pada keduanya menunjukkan hubungan yang kuat antara piksel, dengan mangga hijau menunjukkan konsistensi warna yang sedikit lebih tinggi. Kemudian indikasi kematangan terhadap nilai-nilai yang diekstraksi menunjukkan bahwa mangga hijau masih dalam tahap matang, sedangkan mangga kuning mungkin sudah lebih matang.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini melakukan evaluasi kualitas dan kematangan buah mangga menggunakan metode *euclidean distance* dengan ekstraksi ciri bentuk dan tekstur. Ekstraksi ciri bentuk menggunakan parameter *metric* dan *eccentricity*. Parameter ini dinilai dapat mengenali objek berdasarkan bentuknya dan dapat membedakan dengan objek yang lain. Sedangkan ekstraksi ciri tekstur menggunakan *Gray Level Co-occurrence Matrix* (GLCM) dengan parameter *contrast*, *correlation*, *energy*, dan *homogeneity*. Kesesuaian atau Kinerja Umum pada nilai 0.8373 menunjukkan kinerja yang baik secara umum. Bentuk dan Tekstur: *Eccentricity* 0.8333 menunjukkan bahwa objek dalam citra cukup lonjong tetapi hampir elips. Kontras rendah (0.084535) dan *homogeneity* tinggi (0.98094) menunjukkan tekstur yang sangat halus dan seragam. Hubungan Antar Piksel: *Correlation* yang sangat tinggi (0.9877) menunjukkan pola yang sangat teratur dalam citra. Informasi Tekstur: *Energy* 0.40659 menunjukkan tingkat informasi atau kompleksitas tekstur yang sedang dalam citra. Secara keseluruhan, citra ini tampaknya memiliki tekstur yang sangat teratur dan homogen dengan sedikit variasi dalam intensitas, serta objek yang cenderung lonjong.

Reference

Akbar Anugrah Illahi, M., & Tri Handoko, W. (2023). *Klasifikasi Jenis Buah Kelengkeng Dengan Metode K-Nearest Neighbor (KNN) Berdasarkan Citra Warna Buah*. 4(3), 566–573.

Awad, F. H., Hamad, M. M., & Alzubaidi, L. (2023). Robust Classification and

Detection of Big Medical Data Using Advanced Parallel K-Means Clustering, YOLOv4, and Logistic Regression. *Life*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/life13030691>

Ghazal, T. M., Hussain, M. Z., Said, R. A., Nadeem, A., Hasan, M. K., Ahmad, M., Khan, M. A., & Naseem, M. T. (2021). Performances of k-means clustering algorithm with different distance metrics. *Intelligent Automation and Soft Computing*, 30(2), 735–742. <https://doi.org/10.32604/iasc.2021.019067>

Harjanti, T. W., & Himawan, H. (2021). Teknologi Pengolahan Citra Digital Untuk Ekstraksi Ciri pada Citra Daun untuk Identifikasi Tumbuhan Obat. *Faktor Exacta*, 14(3), 150. <https://doi.org/10.30998/faktorexacta.v14i3.9841>

Hendriyan, Syafriani, D., Defwaldy, & Driptufany, dwi marsiska. (2023). Jurnal Teknik Indonesia. *Jurnal Teknik Indonesia*, 2(4), 14–28.

Jamaludin, J., Rozikin, C., & Irawan, A. S. Y. (2021). Klasifikasi Jenis Buah Mangga dengan Metode Backpropagation. *Techne: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 20(1), 1–12. <https://doi.org/10.31358/techne.v20i1.231>

Muchtar, M., & Muchtar, R. A. (2024). Perbandingan Metode Knn Dan Svm Dalam Klasifikasi Kematangan Buah Mangga Berdasarkan Citra Hsv Dan Fitur Statistik. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 12(2), 876–884. <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i2.4010>

Muchtar, M., Pasrun, Y. P., Rasyid, R., Miftachurohmah, N., & Mardiwati, M. (2024). Penerapan Metode Naïve Bayes Dalam Klasifikasi Kesegaran Ikan Berdasarkan Warna Pada Citra Area Mata. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 12(1), 611–617. <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i1.3879>

Nithya, R., Santhi, B., Manikandan, R., Rahimi, M., & Gandomi, A. H. (2022). Computer Vision System for Mango Fruit Defect Detection Using Deep Convolutional Neural Network. *Foods*, 11(21). <https://doi.org/10.3390/foods11213483>

Nuraini, R. (2022). Implementasi Euclidean Distance dan Segmentasi K-Means Clustering Pada Identifikasi Citra Jenis Ikan Nila. *KLIK: Kajian Ilmiah Informatika Dan Komputer*, 3(1), 1–8.

Nurnaningsih, D., Alamsyah, D., Herdiansah, A., & Sinlae, A. A. J. (2021). Identifikasi Citra Tanaman Obat Jenis Rimpang dengan Euclidean Distance Berdasarkan Ciri Bentuk dan Tekstur. *Building of*

- Informatics, Technology and Science (BITS)*, 3(3), 171–178.
<https://doi.org/10.47065/bits.v3i3.1019>
- Nurulrachman, A. I., Wihandika, R. C., & ... (2023). Ekstraksi Ciri pada Klasifikasi Citra Batik menggunakan Metode Gray Level Co-Occurrence Matrix, Local Binary Pattern, dan HSV Color Moment. ... *Teknologi Informasi Dan ...*, 7(1), 374–383.
- Pramudit, A. E., & Akbar, M. B. (2024). Absensi Dengan Pengenalan Wajah Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) Dan Euclidean Distance Attendance with face recognition using Convolutional Neural Network (CNN) and Euclidean Distance. *Jurnal Info Digit*, 2(2), 616–631.
- Saputra, J., Sa, Y., Yoga Pudya Ardhana, V., & Afriansyah, M. (2023). RESOLUSI : Rekayasa Teknik Informatika dan Informasi Klasifikasi Kematangan Buah Alpukat Mentega Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor Berdasarkan Warna Kulit Buah. *Media Online*, 3(5), 347–354.
- Syaputra Siregar, I., & Hendra Azhar, A. (2024). *Rancang Bangun Aplikasi Pencarian Dokter Spesialis THT Dengan Menerapkan Metode LBS Dan Euclidean Distance Design and Development of an ENT Specialist Doctor Search Application Using the LBS and Euclidean Distance Methods. 2.*
- Wisak, S. A., Safirah, N. A., Kaesmetan, Y. R., Informatika, T., Putih, K., & Kupang, K. (2024). *Identifikasi jenis mangga berdasarkan ciri daun menggunakan metode cnn.* 7(2), 121–129.
- Yudhistira, A., & Andika, R. (2023). Pengelompokan Data Nilai Siswa Menggunakan Metode K-Means Clustering. *Journal of Artificial Intelligence and Technology Information (JAITI)*, 1(1), 20–28.
<https://doi.org/10.58602/jaiti.v1i1.22>