

Detection of the Maturity Level of Lempuyangan Robusta Coffee Fruit Using HSV Segmentation and K-Means Clustering

Muhammad Ferdy Irmawan ^{1*}, Wenty Dwi Yuniarti ^{2*}, Moh Hadi Subowo ^{3*}

* Teknologi Informasi, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Walisongo Semarang
ferdyirmawan23@gmail.com ¹, wenty@walisongo.ac.id ², hadi.subowo@walisongo.ac.id ³

Article Info

Article history:

Received 2026-02-22

Revised 2026-03-11

Accepted 2026-04-10

Keyword:

Clustering,
Coffee maturity detection,
HSV segmentation,
Image processing,
Silhouette score.

ABSTRACT

This study proposes an image based approach to detect the ripeness level of Lempuyangan Robusta coffee using HSV color segmentation and K-Means clustering. Manual sorting conducted by farmers is subjective and inconsistent due to lighting variation and perceptual differences. A total of 901 coffee fruit images were collected and processed through resizing, denoising using Non-Local Means, RGB to HSV conversion, and color based segmentation. Mean HSV features were extracted and clustered into three maturity levels: unripe, semi-ripe, and ripe. Cluster quality was evaluated using the Silhouette Score to measure compactness and separation, and an additional evaluation metric, the Davies Bouldin Index (DBI), to assess the quality of separation between clusters by measuring the ratio between intra cluster dispersion and inter cluster distance. Experimental results show that the proposed method achieves an overall Silhouette Score of 0.6119 and a Davies Bouldin Index of 0.5019, indicating good cluster structure stability with minimal difference between training and testing subsets. The findings demonstrate that HSV segmentation combined with K-Means provides an effective and objective approach to support automated coffee sorting systems under real-field conditions.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

I. PENDAHULUAN

Kopi adalah produk ekspor utama Indonesia yang memiliki peran penting dalam mendukung ekonomi sektor pertanian. Pada tahun 2021, total ekspor kopi Indonesia mencapai USD 851,72 juta dengan volume 382,93 ribu ton, yang menunjukkan peran penting komoditas ini dalam perdagangan internasional[1]. Indonesia menduduki posisi keempat sebagai produsen kopi terbesar di dunia, dengan varietas utama Arabika dan Robusta ditanam di berbagai daerah.

Provinsi Jawa Tengah menjadi salah satu pusat produksi kopi di Indonesia, di mana 29 dari 35 kabupaten dan kota memiliki area perkebunan kopi yang didominasi oleh varietas Robusta[2]. Kabupaten Semarang, khususnya Dusun Lempuyangan, Desa Gebugan, Kecamatan Bergas, adalah daerah yang menjadikan kopi Robusta sebagai komoditas utama dan mata pencaharian masyarakat lokal, sehingga kualitas hasil kopi berdampak langsung pada kesejahteraan para petani.

Tingkat kematangan buah saat panen sangat mempengaruhi kualitas kopi[3]. Buah kopi Robusta yang dipetik pada tingkat kematangan paling tepat menghasilkan kualitas biji yang lebih unggul dibandingkan buah yang masih mentah atau yang terlalu matang [4][5]. Akan tetapi, proses pemilahan buah kopi di kalangan petani masih banyak dilakukan secara manual dengan mengandalkan persepsi visual terhadap warna kulit buah, yang bersifat subjektif dan rentan terhadap kesalahan yang disebabkan oleh variasi cahaya dan perbedaan pengalaman petani kopi[6][7][8].

Kesalahan dalam penyortiran berpengaruh langsung terhadap penurunan kualitas pascapanen serta nilai ekonomi dari kopi Robusta. Harga kopi Robusta di Jawa Tengah berkisar antara Rp20.125 hingga Rp25.650 per kilogram, tergantung pada kualitas dan pelaksanaan praktik pascapanen yang benar. Jangkauan harga itu menunjukkan bahwa kualitas hasil pemilahan berpengaruh besar terhadap penghasilan petani serta daya saing produk kopi lokal[9].

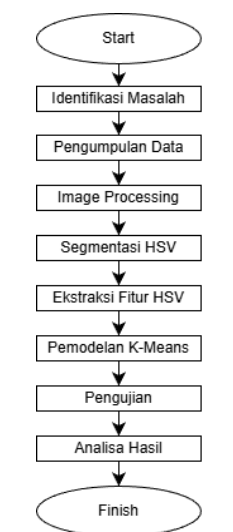
Pengolahan citra digital telah banyak dikembangkan sebagai metode objektif untuk menentukan tingkat

kematangan buah berdasarkan ciri visual[10][11]. Penggunaan ruang warna *Hue*, *Saturation*, dan *Value* (HSV) menunjukkan kestabilan yang lebih baik terhadap fluktuasi pencahayaan dibandingkan ruang warna RGB dalam analisis kematangan kopi, serta mampu memberikan identifikasi yang lebih konsisten dibandingkan dengan metode manual[12][13]. Transformasi HSV memungkinkan proses segmentasi warna objek menjadi lebih efektif, khususnya pada citra buah yang mengalami perubahan warna selama proses pematangan[14][15]. Selain itu, metode K-Means clustering juga banyak digunakan dalam pengolahan citra digital karena mampu mengelompokkan piksel atau objek citra berdasarkan kemiripan karakteristik fitur seperti warna, tekstur, atau bentuk sehingga mempermudah proses segmentasi dan klasifikasi objek secara otomatis[16].

Meskipun demikian, penelitian sebelumnya telah meneliti deteksi kematangan buah kopi dengan pendekatan klasifikasi, sebagian besar masih mengutamakan metode *supervised learning* dan belum sepenuhnya menggabungkan segmentasi warna serta pengelompokan citra dalam satu sistem otomatis yang terpadu. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model deteksi kematangan buah kopi Robusta Lempuyangan menggunakan citra digital dengan menggabungkan segmentasi warna HSV dan algoritma K-Means berbasis *unsupervised learning* dalam satu proses pemrosesan yang terstruktur, serta divalidasi dengan menggunakan metrik evaluasi internal. Pendekatan ini dibentuk untuk mencerminkan keadaan sebenarnya petani dengan variasi iluminasi lapangan, sehingga memberikan sumbangan kontekstual dan praktis dalam mendukung peningkatan mutu pascapanen serta pengembangan sistem pemilahan kopi berbasis gambar di tingkat petani lokal.

II. METODE

Alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 1 yang digunakan dalam mengembangkan model deteksi tingkat kematangan buah kopi Robusta Lempuyangan menggunakan segmentasi HSV dan K-Means Clustering yaitu:



Gambar 1. Alur Penelitian

A. Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan data primer berupa citra buah kopi Robusta yang didapatkan langsung dari Petani kopi Robusta Dusun Lempuyangan Desa Gebugan Kecamatan Bergas Kabupaten Semarang. Citra diambil menggunakan kamera iPhone XR 128 GB. Pengambilan gambar dilakukan secara satu per satu dengan variasi kondisi pencahayaan untuk merepresentasikan kondisi nyata di lapangan. Seluruh citra berjumlah 901 hasil akuisisi digunakan sebagai dataset penelitian dan diproses pada tahap pengolahan citra dan pemodelan.

B. Image Processing

Tahap *image processing* meliputi penyesuaian ukuran citra (*resize*) menjadi 400 piksel. Reduksi *denoise* untuk menghapus gangguan visual pada citra menggunakan metode *Non-Local Means (NLM)*. Serta konversi HSV untuk mengubah citra asli RGB ke ruang warna HSV. Selain itu, dilakukan normalisasi *hue* agar sesuai rentang OpenCV yaitu 0 hingga 179.

C. Segmentasi HSV

Tahapan yang dilakukan dalam segmentasi dihasilkan dari thresholding yang digunakan untuk memisahkan daerah citra buah kopi dan latar belakang sehingga analisis warna hanya difokuskan pada area buah kopi. Hasil dari proses ini mengeluarkan mask citra yang menunjukkan area putih sebagai simbol buah kopi dan citra tersegmentasi yang memperlihatkan potongan warna sesuai tingkat kematangan,

D. Ekstraksi Fitur HSV

Pada penelitian ini, yang digunakan sebagai pembeda utama tingkat kematangan yaitu fitur warna diperoleh dari hasil segmentasi citra. Ekstraksi fitur dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata (*mean*) dari komponen *Hue*, *Saturation*, dan *Value*. Nilai tersebut diperoleh menggunakan persamaan berikut:

$$CMean(H) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N H_i$$

$$CMean(S) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_i$$

$$CMean(V) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V_i$$

Keterangan:

CMean : nilai rata-rata komponen

H_i, S_i, V_i : nilai komponen HSV pada piksel ke-*i*

N : jumlah total piksel objek hasil segmentasi

E. Pemodelan K-Means

K-Means merupakan salah satu metode yang menggunakan algoritma *unsupervised learning* dimana algoritma ini bekerja dengan cara membagi data ke dalam sejumlah cluster berdasarkan kedekatan jarak antar data

dengan centroid (pusat data). Proses ini dilakukan secara berulang hingga posisi centroid mencapai konvergensi. Proses ini diimplementasikan dengan menggunakan pustaka scikit-learn yaitu *sklearn.cluster.KMeans*. Dekat atau jauhnya centroid dihitung berdasarkan persamaan *Euclidean distance* berikut:

$$Dist(x.y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$$

Keterangan:

- x_i : data uji atau data training
- y_i : data latih atau data testing
- n : jumlah data training

Jumlah cluster dalam penelitian ini ditentukan sebanyak tiga sesuai dengan kategori kematangan empiris di lapangan. Proses inisialisasi centroid menggunakan metode *k-means++* untuk meningkatkan stabilitas konvergensi.

F. Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk mengetahui kualitas kluster yang dihasilkan oleh algoritma K-Means secara internal. Metrik utama yang digunakan adalah Silhouette Score, yang menilai kesamaan titik data dalam cluster internal dibandingkan dengan cluster yang berdekatan. Metriks ini menghasilkan nilai berada di antara -1 hingga +1. Selain menggunakan Silhouette Score, penelitian ini juga mempertimbangkan metrik evaluasi tambahan yaitu Davies Bouldin Index (DBI) untuk menilai kualitas pemisahan antar kluster. Davies Bouldin Index mengukur rasio kedekatan antar kluster dengan dispersi dalam kluster, di mana nilai yang lebih kecil menunjukkan kualitas kluster yang lebih baik. Penggunaan dua metrik evaluasi ini bertujuan untuk memberikan analisis yang lebih kuat terhadap performa metode clustering yang digunakan. Evaluasi Silhouette Score menggunakan persamaan berikut.

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max(a(i), b(i))}$$

Keterangan:

- $s(i)$: silhouette score
- $a(i)$: rata – rata antar titik dalam cluster yang sama
- $b(i)$: rata – rata ke cluster terdekat

Interpretasi skor yang dihasilkan ditunjukkan pada tabel berikut:

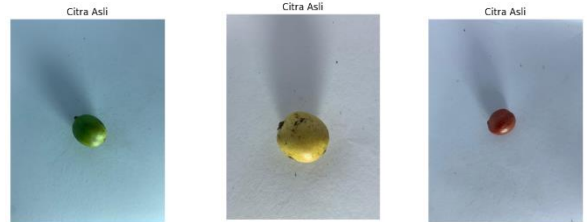
TABEL I
INTERPRETASI NILAI SILHOUETTE SCORE

| Skor | Kategori Kluster Terbentuk |
|-------------|----------------------------|
| 0.71 – 1.00 | Sangat Baik |
| 0.51 – 0.70 | Baik |
| 0.26 – 0.50 | Cukup |
| < 0.25 | Buruk |

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengumpulan Data

Hasil pengumpulan data pada penelitian ini sebanyak 901 citra dengan komposisi yang berbeda pada setiap kategori tingkat kematangan, yaitu mentah, setengah matang, dan matang. Seluruh citra digunakan pada tahap pengolahan citra, ekstraksi fitur, dan pemodelan K-Means.



Gambar 2. Citra Buah Kopi (a) Mentah (b) Setengah Matang (c) Matang

TABEL II
KOMPOSISI DATASET PENELITIAN

| Kategori | Jumlah Citra | Format | Karakteristik |
|-----------------|--------------|--------|--------------------------------|
| Mentah | 216 | JPG | Buah berwarna dominan hijau |
| Setengah Matang | 247 | JPG | Buah berwarna kuning kemerahan |
| Matang | 438 | JPG | Buah berwarna merah pekat |

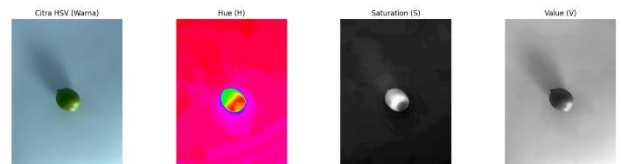
B. Hasil Pengolahan Citra dan Segmentasi HSV

Tahap pengolahan citra diawali dengan *preprocessing* yang meliputi penyesuaian ukuran citra dan reduksi noise untuk meningkatkan kualitas visual citra.



Gambar 3. Hasil Resize dan Denoise Citra

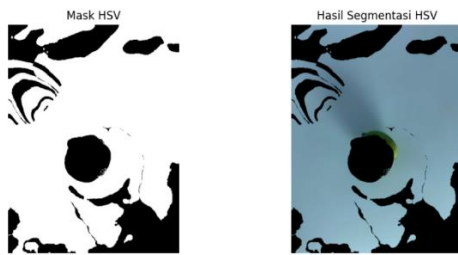
Selanjutnya, citra hasil denoise dikonversi dari ruang warna RGB ke HSV guna mempermudah proses segmentasi berbasis warna.



Gambar 4. Hasil Konversi HSV

Dilanjutkan proses segmentasi menggunakan rentang HSV guna memisahkan objek yang lebih stabil terhadap variasi

pencahayaan, sehingga area analisis dapat difokuskan pada kulit buah sebagai indikator kematangan.



Gambar 5. Hasil Segmentasi HSV

C. Analisis Ekstraksi Fitur

Ekstraksi fitur dilakukan pada area objek hasil segmentasi dengan menghitung nilai rata – rata komponen Hue, Saturation, dan Value sebagai representasi warna buah kopi. Contoh hasil ekstraksi fitur warna HSV dari citra buah kopi Robusta disajikan pada tabel III

TABEL III
CONTOH HASIL EKSTRAKSI FITUR HSV

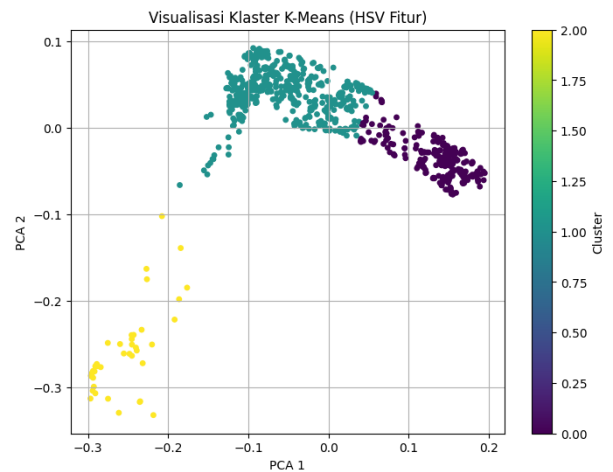
| No | Nama Citra | H | S | V |
|----|------------|-------|-------|-------|
| 1 | CM122.jpg | 0,556 | 0,258 | 0,683 |
| 2 | CM129.jpg | 0,562 | 0,229 | 0,655 |
| 3 | CM128.jpg | 0,566 | 0,339 | 0,695 |
| 4 | CM155.jpg | 0,195 | 0,048 | 0,510 |
| 5 | CM126.jpg | 0,196 | 0,048 | 0,508 |
| 6 | CM125.jpg | 0,576 | 0,064 | 0,642 |

Berdasarkan pada tabel III, terlihat bahwa nilai HSV memiliki perbedaan antar citra buah kopi. Perbedaan nilai tersebut menunjukkan bahwa fitur warna HSV mampu merepresentasikan karakteristik tingkat kematangan buah kopi secara numerik.

D. Analisis Hasil Pemodelan K-Means

Pemodelan dilakukan dengan algoritma K-Means dengan jumlah cluster yang disesuaikan dengan kategori tingkat kematangan buah kopi yaitu mentah, setengah matang, dan matang. Data masukan pada tahap ini berupa nilai mean fitur HSV hasil ekstraksi. Algoritma K-Means digunakan untuk mengelompokkan data berdasarkan kesamaan fitur tanpa memerlukan label kelas sebelumnya.

Hasil klusterisasi menunjukkan bahwa data citra berhasil dikelompokkan kedalam cluster dengan warna serupa. cluster yang terbentuk memiliki keterkaitan dengan indicator kematangan buah kopi, dimana cluster dengan nilai hue lebih rendah serta saturation dan value lebih tinggi merepresentasikan buah kopi matang, sedangkan nilai hue lebih tinggi serta saturation dan value lebih rendah merepresentasikan buah kopi mentah. Visualisasi hasil klusterisasi ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil K-Means Clustering

Nilai centroid hasil klusterisasi K-Means untuk masing-masing klaster berdasarkan fitur Hue, Saturation, dan Value ditunjukkan pada Gambar 7 Centroid tersebut merepresentasikan karakteristik warna rata-rata dari setiap klaster yang terbentuk.

| | H | S | V |
|---|----------|----------|----------|
| 0 | 0.564382 | 0.331116 | 0.659150 |
| 1 | 0.561537 | 0.126084 | 0.638772 |
| 2 | 0.218483 | 0.071571 | 0.522729 |

Gambar 7. Centroid HSV

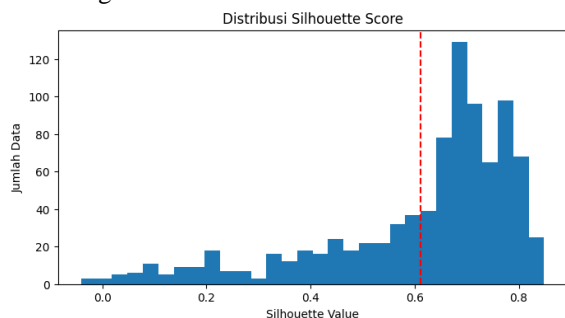
E. Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk mengevaluasi mutu dan stabilitas hasil klusterisasi K-Means. Kualitas klaster diukur dengan *Silhouette Score* untuk menilai sejauh mana pemisahan dan kekompakan klaster yang dihasilkan. Walaupun pendekatan yang diterapkan bersifat tanpa pengawasan dan tidak menggunakan label kelas selama proses *training*, dataset tetap dipisahkan menjadi data *training* dan data *testing* dengan rasio 80% dan 20%. Pembagian ini tidak dimaksudkan untuk proses pembelajaran yang berbasis label, tetapi untuk menguji kestabilan struktur klaster terhadap variasi data yang berbeda. Oleh karena itu, evaluasi dilakukan sepenuhnya berdasarkan sifat-sifat internal data tanpa campur tangan label kelas. Evaluasi *Silhouette Score* untuk data *training* dan data *testing* dapat dilihat pada Tabel IV

TABEL IV
HASIL EVALUASI TRAIN-TEST

| Dataset | Silhouette score |
|----------------|------------------|
| Training (80%) | 0,6079 |
| Test (20%) | 0,628 |
| Selisih | 0,0201 |
| Final Score | 0,6119 |

Berdasarkan Tabel IV, nilai silhouette score pada data *training* dan data *testing* memiliki selisih kecil, sehingga menunjukkan bahwa hasil klusterisasi bersifat stabil terhadap data yang berbeda. Hasil distribusi nilai silhouette score disajikan sebagai berikut:



Gambar 8. Hasil Distribusi Silhouette Score

*** === UJI MODEL DAVIES-BOULDIN INDEX ===
Davies-Bouldin Index (DBI): 0.5019

Gambar 9. Hasil Evaluasi DBI

Secara keseluruhan, nilai silhouette score hasil pemodelan K-Means yang diperoleh sebesar 0.6119 menunjukkan pemisahan cluster yang memadai. Selain itu, evaluasi tambahan menggunakan Davies Bouldin Index (DBI) juga dilakukan untuk menilai kualitas pemisahan antar kluster. Hasil perhitungan menunjukkan nilai DBI sebesar 0.5019, meskipun masih terdapat potensi overlap antara kategori setengah matang dan matang akibat kemiripan rentang hue. Hal ini mengindikasikan bahwa fitur warna saja belum sepenuhnya merepresentasikan kompleksitas karakteristik visual buah kopi. Penelitian ini terbatas pada fitur warna dan belum mengintegrasikan fitur tekstur atau bentuk, sehingga akurasi pemisahan masih bergantung pada distribusi warna dominan.

Potensi kesalahan pengelompokan terutama dapat terjadi pada kategori setengah matang dan matang karena kedua kategori tersebut memiliki rentang warna yang relatif berdekatan pada komponen Hue. Kondisi ini menyebabkan beberapa citra memiliki karakteristik warna yang mirip sehingga berada pada batas antar kluster. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan fitur warna saja belum sepenuhnya mampu merepresentasikan kompleksitas visual buah kopi. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan penambahan fitur tekstur atau bentuk untuk meningkatkan kemampuan pemisahan antar kategori kematangan.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini difokuskan untuk menerapkan pendekatan pengolahan citra digital untuk mendeteksi tingkat kematangan buah kopi Robusta Lempuyangan menggunakan segmentasi warna berbasis HSV dan algoritma K-Means Clustering. Segmentasi HSV mampu memisahkan objek buah

kopi dari latar belakang secara efektif dan relatif stabil terhadap variasi pencahayaan, sehingga analisis warna difokuskan pada area kulit buah.

Hasil ekstraksi fitur warna *Hue*, *Saturation*, dan *Value* menunjukkan adanya perbedaan karakteristik warna pada setiap warna pada setiap tingkat kematangan secara numerik. Pemodelan menggunakan K-Means Clustering berhasil mengelompokkan data citra ke dalam kluster dengan karakteristik warna sesuai kesamaan fitur.

Evaluasi klusterisasi menggunakan *Silhouette Score* menunjukkan nilai sebesar 0.6119 dan *Davies Bouldin Index* sebesar 0.5019 yang termasuk dalam kategori baik, dengan selisih nilai yang kecil antara data training dan data testing. Hal ini menandakan bahwa hasil klusterisasi memiliki tingkat pemisahan dan kekompakan yang memadai serta bersifat stabil terhadap data yang berbeda. Dengan demikian, kombinasi segmentasi HSV dan K-Means Clustering berpotensi digunakan sebagai dasar pengembangan sistem bantu sortir buah kopi Robusta secara otomatis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian Pertanian RI, "Outlook Komoditas Perkebunan Kopi," *Pus. Data dan Sist. Inf. Pertan. Sekr. Jendral - Kementrian Pertan.* 2022, pp. 1–103, 2022.
- [2] Agus AP, "Dari Total 35 Kabupaten dan Kota di Jateng, 29 Daerah Memiliki Perkebunan Kopi," <https://radarsemarang.jawapos.com/>, 2021. <https://radarsemarang.jawapos.com/service/721385309/dari-total-35-kabupaten-dan-kota-di-jateng-29-daerah-memiliki-perkebunan-kopi>
- [3] B. B. Bengkulu, "Dan Mutu Green Bean Kopi Robusta the Effect of Fruit Maturity Levels on the Yield Losses and Quality of," vol. 8, pp. 67–78, 2021.
- [4] I. N. Alam, W. Warkoyo, and D. D. Siskawardani., "Karakteristik Tingkat Kematangan Buah Kopi Robusta (Coffea," *Food Technol. Halal Sci. J.*, vol. 5, no. 2, pp. 169–185, 2022.
- [5] A. D. Riastuti, S. Komarayanti, and A. P. Utomo, "Karakteristik Morfologi Biji Kopi Tobusta (Coffea Canephora) pascapanen di kawasan lereng Meru Betiri sebagai sumber belajar smk dalam bentuk e-modul," *J. Ilmu Pendidik.*, vol. 5, no. 2, pp. 1–13, 2021.
- [6] K. P. R. Dirjen Perkebunan, "Akselerasi Nilai Tambah Untuk Mendorong Ekspor Melalui Perbaikan Pascapanen Kopi Di Jawa Tengah," <https://ditjenbun.pertanian.go.id/>, 2019. <https://ditjenbun.pertanian.go.id/akselerasi-nilai-tambah-untuk-mendorong-ekspor-melalui-perbaikan-pascapanen-kopi-di-jawa-tengah>
- [7] D. E. Maulina, Daryono, and Y. Purwanti, "Pengawasan Mutu pada Proses Pengolahan," *J. Technol. Food Process.*, vol. 2, no. 02, pp. 12–18, 2022.
- [8] J. Rusman and N. Pasae, "Prototype Sistem Penyortir Buah Kopi Arabika Berdasarkan Tingkat Kematangan Menggunakan Metode Support Vector Machine Prototype of Arabica Coffee Sorting System Based on Maturity Level Using Support Vector Machine," vol. 12, no. 1, pp. 65–72, 2023, doi: 10.34148/teknika.v12i1.602.
- [9] Kementerian Pertanian RI, "BUKU OUTLOOK komoditas perkebunan," *Sekr. Jenderal Kementeri. Pertan.*, p. 90, 2023.
- [10] S. Hira and S. Lande, "Detection of fruit ripeness using image processing," *Int. J. Health Sci. (Qassim).*, vol. 6, no. May, pp. 3874–3886, 2022, doi: 10.53730/ijhs.v6ns6.10146.
- [11] A. Tri Laksono, P. Citra Digital Buah, P. Wanarti Rusmamto, and M. Syarifuddin Zuhrie, "Pengolahan Citra Digital Buah Murbei Dengan Algoritma LDA (Linear Discriminant Analysis)," *Indones. J. Eng. Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 71–78, 2022, [Online]. Available: <https://journal.unesa.ac.id/index.php/inajet>

- [12] M. Fahmi Wibawa, M. A. Rahman, and A. W. Widodo, "Penerapan Ruang Warna HSV dan Ekstraksi Fitur Tekstur Local Binary Pattern untuk Tingkat Kematangan Sangrai Biji Kopi," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 7, pp. 2819–2825, 2021.
- [13] S. R. Raysyah, A. Veri, and I. M. Dadang, "Classification of Coffee Fruit Maturity Level Based on Color Detection Using Knn and Pca Method," *JSil (Journal Inf. Syst.)*, vol. 8, no. 2, pp. 88–95, 2021.
- [14] N. Auliasari, Rahma Nur; Novamizanti, Ledy; Ibrahim, "Identifikasi Kematangan Daun Teh Berbasis Fitur Warna Hue Saturation Intensity (HSI) dan Hue Saturation Value (HSV) (Identification Maturity Tea Leaves Based on Color Feature Hue Saturation Intensity (HSI) and Hue Saturation Value," *JUITA J. Inform. e-ISSN*, vol. 8, no. November, pp. 217–223, 2020.
- [15] M. Y. Pusadan and I. Safitri, "JURNAL RESTI The Image Extraction Using the HSV Method to Determine the Maturity Level of Palm Oil Fruit with the k-nearest Neighbor Algorithm," *J. RESTI (Rekayasa Sist. dan Teknol. Informasi)*, vol. 5, no. 158, pp. 1448–1456, 2026.
- [16] T. Andri; Paulus; Wong, Ng Poi; Gunawan, "Segmentasi Buah Menggunakan Metode K-Means," vol. 15, no. 2, pp. 91–100, 2014.