

Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Pisang Menggunakan Algoritma Support Vector Machine

Besra Laoli¹, Imam Muslem², Hannan Asrawi³
^{1,2,3}Universitas Almuslim

ARTICLE INFO

Article history:

Received : 25 Februari 2026

Revised : 03 Maret 2026

Accepted : 03 Maret 2026

Keywords:

banana ripeness classification,
digital image processing,
Support Vector Machine, HSV,
HOG



This work is licensed under a
[Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Kata kunci:

klasifikasi kematangan pisang,
pengolahan citra digital,
Support Vector Machine, HSV,
HOG

Corresponding Author:

Besra Laoli

Universitas Almuslim

Email: besralaoli1@gmail.com

ABSTRACT

[Classification of Banana Ripeness Level Using Support Vector Machine Algorithm] An This study aims to develop an automatic classification system for determining the ripeness level of bananas using digital image processing and the Support Vector Machine (SVM) algorithm. Banana ripeness is commonly assessed visually based on skin color, which is subjective and prone to inconsistency. To address this issue, a computer-based classification approach is proposed to improve accuracy and objectivity. The dataset used in this study consists of banana images categorized into three ripeness levels: unripe, ripe, and overripe. The images were obtained from direct acquisition using a smartphone camera and an online dataset platform. The preprocessing stage includes image resizing, color space conversion, and normalization. Feature extraction is performed using color features in the HSV color space combined with texture features extracted using the Histogram of Oriented Gradients (HOG) method. The extracted features are then classified using the Support Vector Machine algorithm with a Radial Basis Function (RBF) kernel. Model performance is evaluated using accuracy, precision, recall, and F1-score metrics. Experimental results show that the proposed SVM-based approach is able to classify banana ripeness levels effectively with satisfactory performance. The results indicate that the integration of digital image processing and SVM has strong potential to support automatic and consistent banana ripeness classification, which can be applied in agricultural and post-harvest quality control systems.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membangun sistem klasifikasi otomatis dalam menentukan tingkat kematangan buah pisang menggunakan pengolahan citra digital dan algoritma Support Vector Machine (SVM). Penentuan tingkat kematangan pisang umumnya masih dilakukan secara manual berdasarkan pengamatan visual warna kulit buah, yang bersifat subjektif dan kurang konsisten. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan pendekatan berbasis citra digital untuk meningkatkan akurasi dan objektivitas klasifikasi. Dataset yang digunakan terdiri dari citra buah pisang dengan tiga kategori tingkat kematangan, yaitu mentah, matang, dan terlalu matang. Citra diperoleh melalui pengambilan gambar langsung menggunakan kamera ponsel serta dari platform dataset daring. Tahapan prapemrosesan meliputi penyesuaian ukuran citra, konversi ruang warna, dan normalisasi. Proses ekstraksi fitur dilakukan dengan

memanfaatkan fitur warna pada ruang warna HSV dan fitur tekstur menggunakan metode Histogram of Oriented Gradients (HOG). Fitur-fitur tersebut kemudian diklasifikasikan menggunakan algoritma Support Vector Machine dengan kernel Radial Basis Function (RBF). Evaluasi kinerja model dilakukan menggunakan metrik akurasi, presisi, recall, dan F1-score. Hasil pengujian menunjukkan bahwa metode yang diusulkan mampu mengklasifikasikan tingkat kematangan buah pisang dengan baik dan konsisten. Penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi pengolahan citra digital dan algoritma SVM berpotensi diterapkan sebagai sistem pendukung dalam proses penyortiran dan pengendalian kualitas buah pisang.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan dan pengolahan citra digital telah memberikan kontribusi signifikan dalam berbagai bidang, termasuk sektor pertanian. Pemanfaatan teknologi ini memungkinkan proses identifikasi dan pengambilan keputusan dilakukan secara otomatis, cepat, dan objektif [1], [2], [3]. Salah satu penerapannya adalah dalam klasifikasi tingkat kematangan buah, yang menjadi faktor penting dalam menjaga kualitas hasil panen, menentukan waktu distribusi, serta meningkatkan nilai jual produk pertanian.[4], [5], [6] Sistem berbasis citra digital mampu mengolah informasi visual menjadi data numerik yang dapat dianalisis oleh algoritma pembelajaran mesin untuk menghasilkan klasifikasi yang lebih konsisten dibandingkan metode manual.[7], [8], [9], [10]

Buah pisang merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan banyak dikonsumsi di Indonesia. Tingkat kematangan buah pisang umumnya ditentukan berdasarkan perubahan warna kulit, mulai dari hijau, kuning, hingga cokelat kehitaman. Namun, proses penilaian kematangan masih sering dilakukan secara visual oleh manusia, sehingga hasilnya sangat bergantung pada pengalaman dan persepsi individu[11], [12]. Kondisi tersebut menyebabkan ketidakkonsistenan dalam proses penyortiran dan berpotensi menurunkan kualitas produk, khususnya pada skala distribusi dan industri pascapanen.[13], [14], [15], [16], [17], [18]

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan sistem klasifikasi otomatis berbasis pengolahan citra digital dan pembelajaran mesin. Salah satu algoritma supervised learning yang banyak digunakan dalam klasifikasi citra adalah Support Vector Machine (SVM) [19]. Algoritma ini dikenal memiliki kemampuan yang baik dalam menangani data berdimensi tinggi dan mampu menghasilkan batas pemisah optimal antar kelas. Selain itu, pemilihan fitur yang tepat juga berperan penting dalam meningkatkan performa klasifikasi [20]. Fitur warna pada ruang warna HSV efektif dalam merepresentasikan perubahan warna kulit buah, sedangkan fitur tekstur seperti Histogram of Oriented Gradients (HOG) mampu menangkap pola permukaan citra secara lebih detail.[21], [22]

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini mengusulkan sistem klasifikasi tingkat kematangan buah pisang menggunakan kombinasi pengolahan citra digital dan algoritma Support Vector Machine. Penelitian ini berfokus pada klasifikasi tiga tingkat kematangan, yaitu mentah, matang, dan terlalu matang, berdasarkan citra kulit buah pisang. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem klasifikasi buah secara otomatis serta menjadi solusi alternatif yang objektif dan efisien dalam proses penyortiran dan pengendalian kualitas buah pisang di bidang pertanian dan industri.[23], [24], [25]

Selain itu, beberapa penelitian terdahulu telah menunjukkan bahwa pendekatan berbasis pengolahan citra digital mampu meningkatkan akurasi dalam klasifikasi tingkat kematangan buah dibandingkan metode konvensional. Namun, tantangan utama yang masih sering ditemui adalah variasi pencahayaan, perbedaan sudut pengambilan citra, serta kemiripan karakteristik visual antar tingkat kematangan, khususnya pada fase peralihan antara buah matang dan terlalu matang. Oleh karena itu, diperlukan metode klasifikasi yang tidak hanya bergantung

pada satu jenis fitur, tetapi mampu menggabungkan beberapa ciri visual agar informasi yang diperoleh lebih representatif dan robust terhadap variasi kondisi citra.[26], [27]

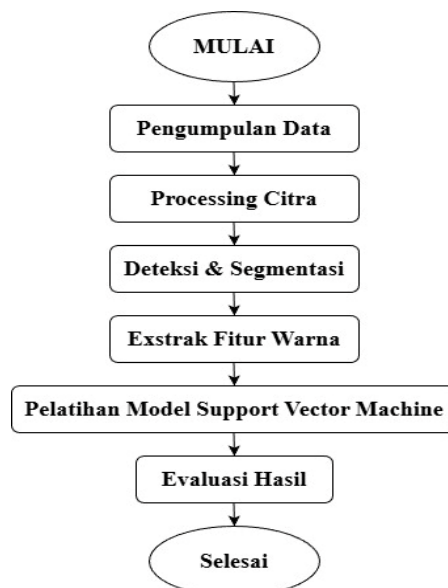
Dalam penelitian ini, kombinasi fitur warna dan tekstur dipilih sebagai pendekatan utama untuk meningkatkan performa klasifikasi. Fitur warna dari ruang warna HSV digunakan untuk menangkap perubahan warna kulit buah pisang yang menjadi indikator utama kematangan, sedangkan fitur tekstur HOG digunakan untuk merepresentasikan pola permukaan kulit buah yang tidak selalu terlihat jelas melalui warna saja. Dengan menggabungkan kedua jenis fitur tersebut dan menerapkannya pada algoritma Support Vector Machine, penelitian ini diharapkan mampu menghasilkan sistem klasifikasi yang lebih akurat, konsisten, dan dapat diimplementasikan sebagai solusi praktis dalam proses penyortiran buah pisang secara otomatis pada skala pertanian dan industri pascapanen [28], [29], [30]

METODE

Penelitian ini menggunakan metode pengolahan citra digital dan pembelajaran mesin untuk mengklasifikasikan tingkat kematangan buah pisang. Data yang digunakan berupa citra buah pisang yang dikelompokkan ke dalam tiga kelas, yaitu mentah, matang, dan terlalu matang. Tahapan penelitian diawali dengan pengumpulan dataset citra, kemudian dilakukan prapemrosesan yang meliputi penyesuaian ukuran citra, normalisasi, serta konversi ruang warna dari RGB ke HSV. Selanjutnya, ekstraksi fitur dilakukan dengan memanfaatkan fitur warna pada ruang warna HSV dan fitur tekstur menggunakan metode Histogram of Oriented Gradients (HOG). Fitur yang dihasilkan kemudian digunakan sebagai input pada proses klasifikasi menggunakan algoritma Support Vector Machine (SVM) dengan kernel Radial Basis Function (RBF). Kinerja model dievaluasi menggunakan metrik akurasi, presisi, recall, dan F1-score untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem dalam mengklasifikasikan tingkat kematangan buah pisang.

a. Alur Penelitian

Penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan yang saling berkaitan untuk menghasilkan sistem klasifikasi tingkat kematangan buah pisang secara otomatis. Alur penelitian dimulai dari proses pengumpulan dataset citra buah pisang yang kemudian dipersiapkan melalui tahapan prapemrosesan. Setelah itu, dilakukan ekstraksi fitur untuk memperoleh ciri visual citra yang representatif. Fitur-fitur yang dihasilkan selanjutnya digunakan pada proses pelatihan dan pengujian model klasifikasi menggunakan algoritma Support Vector Machine (SVM). Tahap akhir penelitian adalah evaluasi kinerja model untuk mengetahui tingkat keberhasilan sistem dalam melakukan klasifikasi.

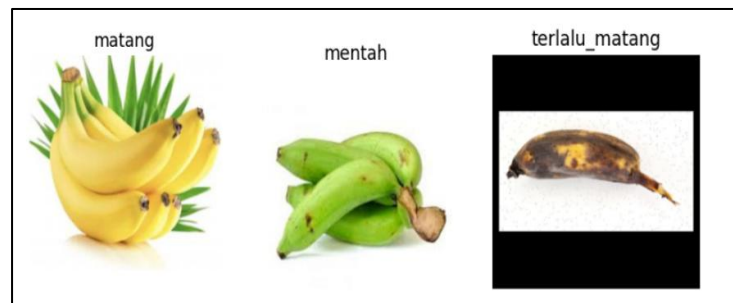


Gambar 1. Alur Penelitian

Berdasarkan alur penelitian tersebut, setiap tahapan memiliki peran penting dalam menentukan akurasi sistem klasifikasi. Proses prapemrosesan bertujuan untuk meningkatkan kualitas citra sebelum dianalisis, sedangkan ekstraksi fitur berfungsi untuk merepresentasikan informasi warna dan tekstur kulit buah pisang. Algoritma SVM digunakan sebagai pengklasifikasi untuk memisahkan data ke dalam kelas kematangan yang telah ditentukan, dan hasil klasifikasi dievaluasi menggunakan metrik pengujian guna memastikan performa sistem yang diusulkan.

b. Dataset Penelitian

Selain Dataset yang digunakan dalam penelitian ini berupa citra buah pisang yang merepresentasikan tiga tingkat kematangan, yaitu mentah, matang, dan terlalu matang. Citra diperoleh melalui dua sumber, yaitu pengambilan gambar secara langsung menggunakan kamera ponsel dan dataset daring yang relevan. Seluruh citra diseleksi untuk memastikan objek pisang terlihat jelas dan tidak mengalami gangguan latar belakang yang berlebihan. Dataset kemudian dibagi menjadi data latih dan data uji dengan perbandingan tertentu untuk keperluan pelatihan dan pengujian model klasifikasi. Pembagian data ini bertujuan untuk mengukur kemampuan model Support Vector Machine (SVM) dalam menggeneralisasi data baru yang belum pernah dilihat sebelumnya.



Gambar 2. Dataset Kematangan Pisang

Distribusi dataset citra buah pisang yang digunakan dalam penelitian ini berdasarkan tingkat kematangan disajikan pada Tabel 1. Dataset tersebut dikelompokkan ke dalam tiga kelas, yaitu mentah, matang, dan terlalu matang, untuk mendukung proses pelatihan dan pengujian model klasifikasi.

Tabel . Distribusi Gambar

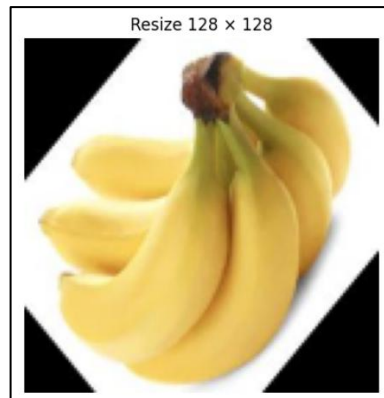
Tingkat Kematangan	Jumlah Citra
Mentah	500
Matang	500
Terlalu Matang	500

c. Preprocessing Citra

Tahap preprocessing citra bertujuan untuk menyiapkan citra buah pisang agar memiliki kualitas dan format yang seragam sebelum dilakukan proses ekstraksi fitur. Preprocessing dilakukan untuk mengurangi variasi yang tidak diperlukan pada citra, sehingga informasi visual yang relevan dapat diekstraksi secara optimal dan meningkatkan kinerja algoritma klasifikasi.

1. Resize Gambar

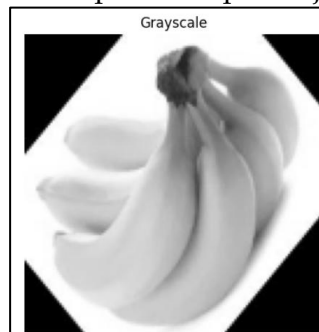
Proses resize gambar dilakukan terhadap seluruh citra buah pisang yang digunakan dalam penelitian untuk menyamakan dimensi citra. Pada penelitian ini, setiap citra diubah ukurannya menjadi 128×128 piksel agar seluruh data memiliki ukuran yang seragam. Penyeragaman ukuran citra bertujuan untuk memudahkan proses ekstraksi fitur serta mengurangi beban komputasi pada saat pelatihan model Support Vector Machine (SVM). Ukuran 128×128 piksel dipilih karena mampu mempertahankan informasi visual penting dari citra buah pisang tanpa menghasilkan data yang terlalu besar, sehingga proses analisis dan klasifikasi dapat dilakukan secara lebih optimal dan konsisten



Gambar 2. Resize Gambar

b. Grayscale

Tahap grayscale dilakukan dengan mengonversi citra berwarna menjadi citra berskala abu-abu. Proses ini bertujuan untuk menyederhanakan informasi warna menjadi nilai intensitas cahaya sehingga memudahkan analisis citra pada tahap selanjutnya



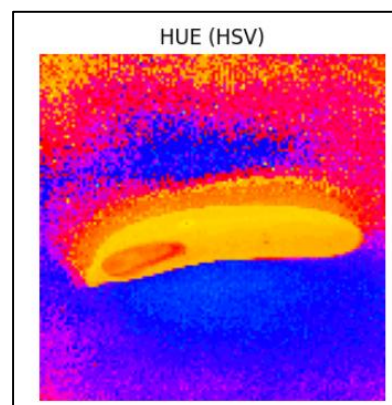
Gambar 3. Grayscale

d. Ekstraksi Fitur

Tahap ekstraksi fitur dilakukan untuk memperoleh ciri visual citra buah pisang yang digunakan sebagai masukan pada proses klasifikasi. Pada penelitian ini, fitur yang digunakan terdiri dari fitur warna dan fitur tekstur yang diharapkan mampu merepresentasikan perbedaan tingkat kematangan buah pisang.

1. Hue (HSV)

Fitur warna diekstraksi menggunakan komponen Hue pada ruang warna HSV. Komponen Hue dipilih karena mampu merepresentasikan perubahan warna kulit buah pisang secara lebih stabil terhadap variasi pencahayaan, sehingga efektif dalam membedakan tingkat kematangan buah pisang.

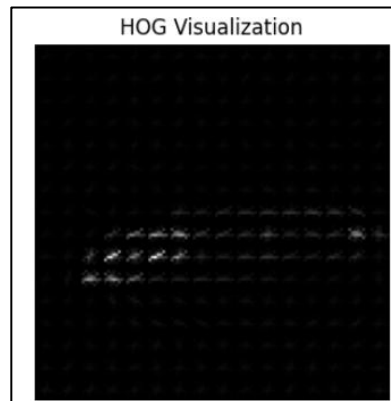


Gambar 4. Hue (HSV)

2. Histogram of Oriented Gradients (HOG)

Fitur tekstur diekstraksi menggunakan metode Histogram of Oriented Gradients (HOG) dengan memanfaatkan citra grayscale. Metode ini digunakan untuk menangkap pola gradien

dan struktur permukaan kulit buah pisang yang berperan dalam membedakan karakteristik tekstur pada setiap tingkat kematangan.

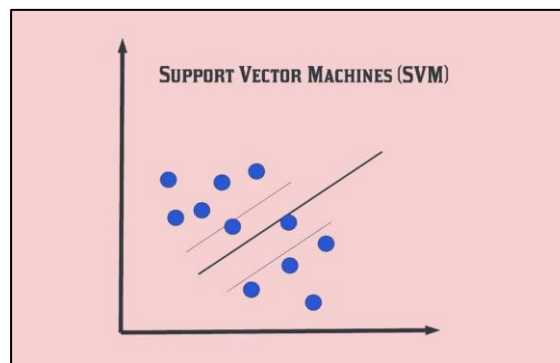


Gambar 4. Histogram of Oriented Gradients (HOG)

e. Support Vector Machine

Support Vector Machine (SVM) merupakan algoritma supervised learning yang digunakan untuk melakukan klasifikasi tingkat kematangan buah pisang berdasarkan fitur yang telah diekstraksi. Prinsip kerja SVM adalah mencari hyperplane optimal yang dapat memisahkan data ke dalam kelas-kelas yang berbeda dengan margin maksimum.

Secara matematis, fungsi keputusan pada algoritma SVM dapat dirumuskan sebagai berikut:



Gambar 5. Support Vector Machine

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem klasifikasi tingkat kematangan buah pisang berbasis pengolahan citra digital dan algoritma Support Vector Machine (SVM) mampu mengklasifikasikan citra ke dalam tiga kelas, yaitu mentah, matang, dan terlalu matang. Model dilatih menggunakan fitur warna Hue (HSV) dan fitur tekstur Histogram of Oriented Gradients (HOG) yang memberikan representasi visual citra kulit buah pisang secara komprehensif. Pada penelitian ini, dataset dibagi menjadi data latih dan data uji dengan perbandingan 80% sebagai data latih dan 20% sebagai data uji, sehingga model dapat dievaluasi menggunakan data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Secara umum, sistem mampu mengenali perbedaan tingkat kematangan buah pisang berdasarkan karakteristik warna dan tekstur permukaan kulit buah pisang dengan baik.

a. Evaluasi Model

Evaluasi model dilakukan untuk mengukur kinerja sistem klasifikasi tingkat kematangan buah pisang yang dibangun menggunakan algoritma Support Vector Machine (SVM). Pengujian dilakukan pada data uji yang terdiri dari 300 citra, dengan masing-masing kelas tingkat kematangan berjumlah 100 citra. Kinerja model dievaluasi menggunakan metrik precision, recall, f1-score, dan accuracy, yang diperoleh dari classification report hasil pengujian.

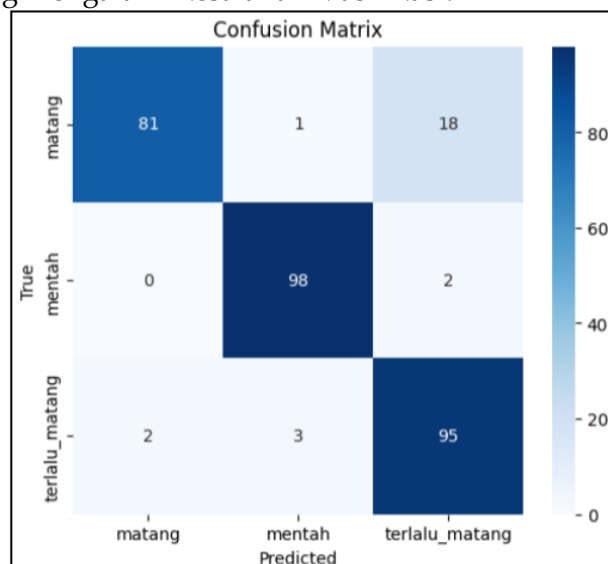
Classification Report:				
	precision	recall	f1-score	support
matang	0.98	0.81	0.89	100
mentah	0.96	0.98	0.97	100
terlalu_matang	0.83	0.95	0.88	100
accuracy			0.91	300
macro avg	0.92	0.91	0.91	300
weighted avg	0.92	0.91	0.91	300

Gambar 5. Classification Report

Berdasarkan classification report, model SVM menghasilkan nilai akurasi sebesar 91%, yang menunjukkan bahwa sebagian besar citra buah pisang berhasil diklasifikasikan dengan benar. Pada kelas *mentah*, model menunjukkan performa yang sangat baik dengan nilai precision sebesar 0,96, recall 0,98, dan f1-score 0,97, yang menandakan bahwa citra pisang mentah dapat dikenali secara akurat dan konsisten. Kelas *matang* memiliki nilai precision tertinggi sebesar 0,98, namun recall yang lebih rendah yaitu 0,81, menunjukkan bahwa masih terdapat beberapa citra matang yang salah diklasifikasikan ke kelas lain. Sementara itu, kelas *terlalu matang* memperoleh nilai recall yang tinggi sebesar 0,95, namun precision yang lebih rendah yaitu 0,83, yang mengindikasikan adanya kesalahan prediksi akibat kemiripan karakteristik visual dengan kelas matang. Secara keseluruhan, nilai macro average dan weighted average f1-score sebesar 0,91 menunjukkan bahwa model SVM memiliki performa klasifikasi yang baik dan seimbang pada seluruh kelas tingkat kematangan buah pisang.

b. Confusion Matrix

Confusion matrix digunakan untuk menganalisis secara lebih rinci hasil klasifikasi tingkat kematangan buah pisang yang dihasilkan oleh model Support Vector Machine (SVM). Matriks ini menunjukkan perbandingan antara label sebenarnya (true) dan label hasil prediksi (predicted) untuk setiap kelas, sehingga dapat diketahui jumlah citra yang diklasifikasikan dengan benar maupun yang mengalami kesalahan klasifikasi.



Gambar 5. Confusion Matrix

Berdasarkan confusion matrix, pada kelas matang terdapat 81 citra yang berhasil diklasifikasikan dengan benar, sedangkan 19 citra lainnya mengalami kesalahan klasifikasi, yaitu 1 citra diprediksi sebagai mentah dan 18 citra diprediksi sebagai terlalu matang. Pada kelas mentah, model menunjukkan performa yang sangat baik dengan 98 citra berhasil

diklasifikasikan secara benar, sementara 2 citra salah diklasifikasikan sebagai terlalu matang. Sementara itu, pada kelas terlalu matang, sebanyak 95 citra berhasil dikenali dengan benar, sedangkan 5 citra lainnya mengalami kesalahan klasifikasi, yaitu 2 citra diprediksi sebagai matang dan 3 citra sebagai mentah. Hasil ini menunjukkan bahwa kesalahan klasifikasi paling banyak terjadi antara kelas matang dan terlalu matang, yang disebabkan oleh kemiripan karakteristik visual pada fase peralihan tingkat kematangan buah pisang. atas.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem klasifikasi tingkat kematangan buah pisang berbasis pengolahan citra digital dan algoritma Support Vector Machine (SVM) mampu mengklasifikasikan citra buah pisang ke dalam tiga kelas, yaitu mentah, matang, dan terlalu matang dengan baik. Penerapan ekstraksi fitur warna Hue (HSV) dan fitur tekstur Histogram of Oriented Gradients (HOG) terbukti efektif dalam merepresentasikan karakteristik visual kulit buah pisang. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model SVM memperoleh tingkat akurasi sebesar 91%, dengan nilai precision, recall, dan f1-score yang seimbang pada seluruh kelas. Meskipun masih terdapat kesalahan klasifikasi pada kelas yang memiliki kemiripan karakteristik visual, khususnya antara kelas matang dan terlalu matang, secara keseluruhan sistem yang diusulkan memiliki kinerja yang baik dan berpotensi diterapkan sebagai sistem pendukung dalam proses klasifikasi dan pengendalian kualitas buah pisang secara otomatis. pengembangannya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. R. Muslem and T. M. Johan, "KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer Klasifikasi Citra Ikan Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network dengan Arsitektur VGG-16," *Media Online*), vol. 4, no. 2, pp. 978–985, 2023, doi: 10.30865/klik.v4i2.1209.
- [2] D. Armady and I. M. R, "Klasifikasi Kualitas Buah Pisang Berdasarkan Citra Buah Menggunakan Stochastic Gradient Descent," *KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer*, vol. 4, no. 2, 2023.
- [3] I. Muslem, I. Irvanizam, A. Almuzammil, and F. Johar, "Adaptive Heuristic-Based Ant Colony Optimization for Multi-Constraint University Course Timetabling with Morning Slot Preference for Energy Efficiency," *Jurnal Teknik Informatika (Jutif)*, vol. 6, no. 6, pp. 5930–5943, Jan. 2026, doi: 10.52436/1.jutif.2025.6.6.5588.
- [4] "Studi Perbandingan Deteksi Intrusi Jaringan Menggunakan Machine Learning (Metode SVM dan ANN)".
- [5] "Sistem Deteksi Stunting pada Balita Berbasis Web Menggunakan Metode Random Forest".
- [6] "Analisis Pengaruh Kernel Support Vector Machine (SVM) pada Klasifikasi Data Microarray untuk Deteksi Kanker".
- [7] "Penggunaan Algoritma Support Vector Machine (SVM) Untuk Deteksi Penipuan pada Transaksi Online".
- [8] "PENERAPAN SUPPORT VECTOR MACHINE (SVM) PADA SMALL DATASET UNTUK DETEKSI DINI GANGGUAN AUTISME".
- [9] R. Indraswari, W. Herulambang, and R. Rokhana, "Deteksi Penyakit Mata Pada Citra Fundus Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) Ocular Disease Detection on Fundus Images Using Convolutional Neural Network (CNN)." [Online]. Available: <https://www.kaggle.com/datasets/jr2ngb/cataractdataset>
- [10] "Deteksi Otomatis Jerawat Wajah Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN)".
- [11] N. G. Ramadhan, F. D. Adhinata, A. J. T. Segara, and D. P. Rakhmadani, "Deteksi Berita Palsu Menggunakan Metode Random Forest dan Logistic Regression," *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, vol. 9, no. 2, p. 251, Apr. 2022, doi: 10.30865/jurikom.v9i2.3979.

- [12] “Pembuatan Aplikasi Deteksi Objek Menggunakan TensorFlow Object Detection API dengan Memanfaatkan SSD MobileNet V2 Sebagai Model Pra - Terlatih,” *Jurnal Ilmiah Komputasi*, vol. 19, no. 3, Mar. 2020, doi: 10.32409/jikstik.19.3.68.
- [13] L. Ikhwanul Uzlal and R. Adi Saputra, “DETEKSI SERANGAN SIBER PADA JARINGAN KOMPUTER MENGGUNAKAN METODE RANDOM FOREST,” 2024. [Online]. Available: <https://bit.ly/CyberSecurityAttacks>.
- [14] A. Purnamawati, W. Nugroho, D. Putri, and W. F. Hidayat, “InfoTekJar : Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan Attribution-NonCommercial 4.0 International. Some rights reserved Deteksi Penyakit Daun pada Tanaman Padi Menggunakan Algoritma Decision Tree, Random Forest, Naïve Bayes, SVM dan KNN,” vol. 5, no. 1, 2020, doi: 10.30743/infotekjar.v5i1.2934.
- [15] M. Muchtar and R. A. Muchtar, “PERBANDINGAN METODE KNN DAN SVM DALAM KLASIFIKASI KEMATANGAN BUAH MANGGA BERDASARKAN CITRA HSV DAN FITUR STATISTIK,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 12, no. 2, Apr. 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i2.4010.
- [16] R. Yanti, F. R. Chan, and A. Ramadhanu, “Penerapan Image Processing untuk Identifikasi Jenis Pisang Emas dan Pisang Kapas Menggunakan Metode K-Means Clustering,” *Journal of Education Research*, vol. 5, no. 4, pp. 2024–4938.
- [17] S. Raysyah, V. Arinal, and D. I. Mulyana, “KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN BUAH KOPI BERDASARKAN DETEKSI WARNA MENGGUNAKAN METODE KNN DAN PCA,” *Sistem Informasi |*, vol. 8, no. 2, pp. 88–95, 2021.
- [18] Y. A. Pratama, “Membangun Sistem Identifikasi Kematangan Buah Alpukat menggunakan teknologi Pengolahan Citra Digital,” *Kalijaga: Jurnal Penelitian Multidisiplin Mahasiswa*, vol. 1, no. 3, pp. 102–108, Jul. 2024, doi: 10.62523/kalijaga.v1i3.18.
- [19] I. R. Muslem, “KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer Image Classification pada Kasus American Sign Language Menggunakan Support Vector Machine,” *Media Online*, vol. 4, no. 2, pp. 1184–1191, 2023, doi: 10.30865/klik.v4i2.1242.
- [20] C. H. H. Jannah, I. Muslem, and D. Azmi, “Jurnal Ilmu Komputer Aceh Klasifikasi Plat Nomor Kendaraan Berdasarkan Wilayah Tertentu Menggunakan Algoritma Optical Character Recognition,” *Jurnal Ilmu Komputer Aceh*, Oct. 2025, [Online]. Available: <https://jurnal.fikompublisher.com/ilka/article/view/16>
- [21] N. Utami Putri and E. Redi Susanto, “Klasifikasi Jenis Kayu Menggunakan Support Vector Machine Berdasarkan Ciri Tekstur Local Binary Pattern,” *CYBERNETICS*, vol. 4, no. 02, pp. 93–100, 2020.
- [22] S. P. Adenugraha, V. Arinal, and D. I. Mulyana, “Klasifikasi Kematangan Buah Pisang Ambon Menggunakan Metode KNN dan PCA Berdasarkan Citra RGB dan HSV,” *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, vol. 6, no. 1, p. 9, Jan. 2022, doi: 10.30865/mib.v6i1.3287.
- [23] A. I. Hanifah and A. Hermawan, “Klasifikasi Kematangan Pisang Menggunakan Metode Convolutional Neural Network,” *Komputika : Jurnal Sistem Komputer*, vol. 12, no. 2, pp. 49–56, Sep. 2023, doi: 10.34010/komputika.v12i2.9999.
- [24] M. F. Ajizi, D. Syauqy, M. Hannats, and H. Ichsan, “Klasifikasi Kematangan Buah Pisang Berbasis Sensor Warna Dan Sensor Load Cell Menggunakan Metode Naive Bayes,” 2019. [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- [25] M. Juventus, D. Deke, T. A. Anastasya, A. Diani, P. Saka, and E. Y. Puspaningrum, “ANALISIS PENGARUH METODE EKSTRAKSI FITUR CITRA BATIK TERHADAP KINERJA KLASIFIKASI SVM,” 2025. [Online]. Available: <https://www.kaggle.com/datasets/geryxg/cora>
- [26] N. Sularida, J. Y. Sari, I. Purwanti, and N. Purnama, “Identifikasi Tingkat Kematangan Buah Pisang Menggunakan Metode Ekstraksi Ciri Statistik Pada Warna Kulit Buah,” 98 *ULTIMATICS*, vol. X, no. 2, 2018.

- [27] R. Hadi, R. Dwiyanaputra, and P. Irfan, "IMPLEMENTASI LENET-5 DAN MOBILENET-V2 UNTUK KLASIFIKASI KEMATANGAN BUAH CABAI BERBASIS COMPUTER VISION," 2025.
- [28] N. Arifin, "KLASIFIKASI KEMATANGAN BUAH NAGA BERDASARKAN FITUR WARNA MENGGUNAKAN ALGORITMA MULTI-CLASS SUPPORT VECTOR MACHINE," 2023.
- [29] M. Abdul Hadi, R. Ferdian, and L. Arief, "Klasifikasi Tingkat Ancaman Kriminalitas Bersenjata Menggunakan Metode You Only Look Once (YOLO)," *CHIPSET*, vol. 2, no. 01, pp. 33–40, Apr. 2021, doi: 10.25077/chipset.2.01.33-40.2021.
- [30] G. M. Momole, "Perbandingan Naïve Bayes dan Random Forest Dalam Klasifikasi Bahasa Daerah," *JATISI (Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi)*, vol. 9, no. 2, 2022, doi: 10.35957/jatisi.v9i2.1857.