

Klasifikasi Jenis Buah Pisang Berdasarkan Citra Warna dengan Metode SVM

Yusuf Amrozi^{[1]*}, Dian Yuliati^[2], Agung Susilo^[3], Nur Novianto^[4], Rikza Ramadhan^[5]

Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Sunan Ampel Surabaya

yusuf.amrozi@gmail.com^[1], dian.yuliati@uinsby.ac.id^[2]

Abstrak—Indonesia is rich in various kinds of plants, including bananas, of which there are various types. The level of maturity of a type of banana is usually determined by the color, but due to age and fatigue of the farmers, measurement errors often occur. This study aims to identify or classify banana species based on color images using the Support Vector Machine (SVM) algorithm. The data used are banana images, with a total of 1256, which are classified into 2 types of bananas: the Ambon banana and the Lady Finger banana. The results obtained from this study are shown by the confusion matrix with True Positive (TP) = 0.82, False Positive (FP) = 0.18, and False Negative (FN) = 0.02 and True Negative (TN) = 0.98. From the value shown by the confusion matrix, it can be interpreted that the SVM algorithm is quite good for classifying banana species. So, that it can provide quality assurance for the products produced by farmers.

Keywords— Classification, Support Vector Machine, image colour

Abstrak— Indonesia kaya dengan berbagai macam tanaman diantaranya buah pisang yang mempunyai beragam jenis. Untuk mengetahui tingkat kematangan pada suatu jenis pisang biasanya dilihat dari warna, akan tetapi karena faktor usia dan kelelahan dari para petani biasanya sering terjadi kesalahan pada saat pengukuran akurasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasi jenis pisang berdasarkan citra warna dengan menggunakan algoritma Support Vector Machine (SVM). Data yang digunakan adalah citra pisang dengan total 1256, yang diklasifikasi menjadi 2 jenis pisang, Pisang ambon dan Pisang lady finger. Hasil yang didapat dari penelitian ini ditunjukkan oleh confusion matrix dengan nilai True Positive (TP) = 0,82 dan False Positive (FP) = 0,18, serta False Negative (FN) = 0,02 dan True Negative (TN) = 0,98. Dari nilai yang ditunjukkan oleh confusion matrix dapat diartikan bahwa algoritma SVM cukup baik digunakan dalam mengklasifikasi jenis pisang sehingga dapat memberikan jaminan mutu atas produk yang dihasilkan oleh petani.

Kata Kunci— Klasifikasi, Support Vector Machine, Citra Warna.

I. PENDAHULUAN

Pisang merupakan salah satu jenis buah di bidang perkebunan yang banyak memberikan manfaat bagi kesehatan karena kaya nutrisi. Salah satu kandungan gizi yang ada pada buah pisang adalah vitamin A. Di Indonesia terdapat beberapa jenis pisang yang ditanam oleh masyarakat diantaranya adalah pisang Ambon dan pisang Lady Finger. Meningkatnya permintaan terhadap buah pisang menyebabkan pemasokan

pisang harus ditingkatkan. Sehingga perlunya peningkatan produktivitas buah pisang. Untuk menentukan tingkat kematangan pisang pada umumnya melalui warna [1]. Warna memungkinkan sebuah objek dapat dikenali dan diidentifikasi dengan baik. Terdapat banyak jenis warna yang dilihat oleh mata manusia dalam membedakan antar objek. Berbagai jenis warna tersebut dapat diklasifikasikan sehingga memudahkan dalam mengidentifikasi objek. Misalnya dalam membedakan tingkat kematangan buah. Pada umumnya, dalam membedakan tingkat kematangan buah pisang dapat ditentukan hanya dengan melihat warna buahnya [2]. Namun. Warna biasanya dijadikan sebagai dasar untuk membedakan tingkat kematangan pada suatu buah. Namun mata manusia terkadang tidak akurat dikarenakan berbagai faktor, diantaranya faktor usia yang membuat berkurangnya fokus penglihatan manusia, selain itu terdapat banyak jenis warna yang dilihat mata manusia pada saat membedakan antar objek sehingga membuat tingkat persepsi manusia berbeda-beda. Beberapa kelemahan yang terjadi pada saat melakukan pengklasifikasian kematangan pisang secara manual yaitu proses proses yang lama, tingkat akurasi yang rendah serta cenderung kurang konsisten, hal tersebut terjadi Karena penentuan dilakukan secara subjektif dan faktor kelelahan yang dialami pekerja [3].

Teknologi pertanian yang semakin canggih mampu menggantikan peran manusia, seperti pemanfaatan pengolahan citra digital yang merupakan bagian dari perkembangan teknologi sehingga mesin komputer dapat mengenali citra seperti layaknya manusia, khususnya dalam mengenali tingkat kematangan buah [4]. Terdapat Berkaitan dengan hal tersebut, maka dibutuhkan sistem yang dapat mengklasifikasi tingkat kematangan pada buah pisang. Banyak algoritma untuk mengidentifikasi suatu citra diantaranya yaitu *Support Vector Machine* (SVM) yang merupakan metode yang digunakan untuk proses klasifikasi yang memiliki tingkat akurasi yang tinggi dan merupakan proses klasifikasi yang berkaitan dengan gambar.

Penelitian yang berkaitan dengan klasifikasi tanaman telah banyak dilakukan diantaranya pada penelitian Abitdavy dkk yang menggunakan metode *Support Vector Machine* (SVM) untuk mengklasifikasikan kematangan pada buah pisang melalui warna. Pada penelitian digunakan data sebanyak 80 gambar yang memiliki citra berbeda. Selanjutnya untuk memudahkan klasifikasi citra tersebut dikonversi menjadi grayscale kemudian dicari nilai A dari LAB dan RGB untuk

mengetahui tingkat kematangan pada buah tersebut serta akurasi dari metode yang digunakan. Dari penelitian tersebut didapatkan hasil yaitu akurasi kematangan sebesar 75% dari 80 data citra pisang [1].

Selanjutnya dalam penelitiannya Ichwan dkk, algoritma *Support Vector Machine* (SVM) dibandingkan dengan algoritma *K-Nearest Neighbour* (K-NN) untuk mengklasifikasikan citra warna buah cengkir. Data yang digunakan sebanyak 24 objek pengujian dengan tingkat akurasi 83,3%. Selanjutnya hasil yang didapatkan dari metode K-NN dengan $k=7$ adalah data valid 21 buah dari 24 buah, dan data tidak valid 3 buah dari 24 buah [5].

Dalam penelitiannya Arifin dkk mengklasifikasikan tanaman obat herbal menggunakan metode *support vector machine*. Pada penelitian ini parameter pembeda yang digunakan adalah warna, bentuk serta tekstur. Metode ini dilakukan dengan pencarian parameter Randomized Search Cross Validation kernel rbf dengan train 83.9% dan test 77.6% [6].

Selanjutnya Lidia dalam penelitiannya menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM) untuk mengklasifikasikan jenis dan tingkat kematangan buah pepaya melalui fitur warna, tekstur dan bentuk. Pada penelitian ini digunakan sebanyak 600 data citra buah pepaya yang diklasifikasikan menjadi data latih dan data uji. Hasil dari penelitian tersebut adalah citra yang sudah diklasifikasi [7].

Kemudian dalam penelitian Yusuf dkk, algoritma *Support Vector Machine* (SVM) dan *K-Nearest Neighbour* (K-NN) digunakan untuk mengidentifikasi atau mengklasifikasi jenis pisang berdasarkan citra (warna, tekstur, bentuk), pada penelitian ini menggunakan data sebanyak 399 buah yang telah diklasifikasi menjadi tujuh jenis, selanjutnya diambil fitur warna nilai rata-rata RGB, standar deviasi RGB, skewness RGB, entropy RGB, Fitur tekstur nilai rata-rata citra grayscale, standar deviasi grayscale, dan gray level co-occurrence matrix (kontras, energi, korelasi, homogeneity) serta fitur bentuk dari citra biner nilai area, perimeter, metric, major axis, minor axis, eccentricity. Hasil penelitian ini menunjukkan nilai akurasi dari fitur warna, tekstur, bentuk berturut-turut adalah sebagai berikut 41,67%, 33,3%, 8,3% [8].

Dari beberapa penelitian yang telah dipaparkan sebelumnya mengindikasikan bahwa terdapat peluang yang cukup banyak dalam mengidentifikasi atau mengklasifikasi jenis tanaman melalui fitur citra. Pada penelitian-penelitian tersebut nilai keakuratan dalam klasifikasinya masih kurang akurat yang dikarenakan menggunakan metode dan proses yang kurang tepat dan diketahui bahwa besar kemungkinan untuk menggunakan kecerdasan buatan yang disandingkan dengan pengolahan citra digital dalam mengklasifikasi tingkat kematangan pada buah pisang berdasarkan fitur warna dengan menggunakan metode dan proses yang tepat sehingga dapat membantu petani dalam mengklasifikasi tingkat kematangan dengan lebih akurat.

Pada penelitian ini, kami mengusulkan Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah pisang Berdasarkan Fitur Warna Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan dengan menggunakan

metode dan proses yang tepat berdasarkan citra warna dengan bahasa pemrograman *python* menggunakan algoritma *Support Vector Machine* (SVM). Penelitian ini termasuk dalam penelitian pengolahan citra digital karena memanfaatkan citra dari warna kulit buah pisang. Pengolahan citra digital merupakan bagian dari perkembangan teknologi yang menginginkan agar mesin (komputer) dapat mengenali citra seperti layaknya penglihatan manusia. Pengolahan citra merupakan cabang ilmu dalam Artificial Intelligence yang menggunakan objek citra dalam bentuk digital untuk penyelesaian kasusnya [9].

Tujuan dari penelitian ini adalah terciptanya pengembangan teknologi budidaya pisang dan peningkatan produktivitas dengan menggunakan sistem kecerdasan buatan yang disandingkan dengan pengolahan citra digital agar memudahkan para petani dalam mengklasifikasi tingkat kematangan pada buah pisang

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Klasifikasi

Klasifikasi digunakan untuk mengelompokkan makhluk hidup yaitu hewan dan tumbuhan. Selanjutnya, tumbuhan diklasifikasikan ke dalam pohon dan herba sedangkan hewan diklasifikasikan ke dalam vertebrata dan avertebrata. Klasifikasi pertama kali diperkenalkan oleh Aristoteles pada 384-322 sebelum masehi. Pada pembahasan mengenai *machine learning*, klasifikasi merupakan suatu teknik yang digunakan untuk mendapatkan model yang menjelaskan kelas data untuk melakukan prediksi kelas yang belum diketahui pada suatu objek yang diamati [10]. Teknik ini melakukan manipulasi data dengan memberikan klasifikasi data baru untuk mendapatkan suatu aturan. Analisis Diskriminan dan Regresi Logistik merupakan metode klasifikasi yang biasanya digunakan dalam statistika, akan tetapi semakin berkembangnya teknologi maka dibutuhkan suatu metode analisis yang multifungsi untuk memberikan informasi dari suatu data yang sangat besar sehingga menjadi pengetahuan yang terorganisir [10]. Pada *machine learning* metode klasifikasi yang sering digunakan diantaranya adalah *Classification and Regression Trees* (CART), *Random Forest*, *Naïve Bayes*, *Support Vector Machines* (SVM), dan sebagainya.

Beberapa langkah yang digunakan dalam pengklasifikasian data diantaranya langkah training, dimana serangkaian data latih dilakukan analisis dengan tujuan untuk mendapatkan model klasifikasi, dan langkah klasifikasi, yaitu langkah yang digunakan untuk mengidentifikasi model klasifikasi, dimana model yang telah didapatkan digunakan untuk memprediksi kelas untuk data testing [11].

B. Pisang Ambon dan Pisang Lady Finger

Pisang Ambon merupakan jenis pisang yang biasanya dikenal dengan nama *cavendish*. Pisang Ambon memiliki beragam jenis diantaranya pisang Ambon lumut, pisang Ambon putih, pisang Ambon kuning, dan sebagainya. Pisang Ambon mempunyai kulit berwarna hijau atau kuning, tekstur

kulitnya halus dan dagingnya berwarna putih, serta memiliki rasa yang manis. Pisang Ambon tidak memiliki biji dan berukuran cukup besar. Sedangkan Pisang *Lady Finger* merupakan jenis pisang yang mudah ditemukan. Pisang ini biasanya dikenal dengan nama pisang emas. Pisang berukuran kecil dengan diameter antara 3-4 cm. Pisang ini memiliki kulit yang tipis dan warna kuning terang serta memiliki rasa yang manis [3].

C. Citra Digital

Pengolahan Citra digital merupakan suatu pemrosesan citra yang memiliki tujuan untuk mendapatkan kualitas citra yang lebih baik. Teknik yang dilakukan pada proses pengolahan citra adalah dengan mentransformasikan citra menjadi citra lain [12]. Pada pengolahan citra digital pemrosesan citra sebagai hasil outputnya dapat berupa citra atau informasi dimana citra adalah suatu matrik dua dimensi yang mempunyai koordinat x, dan y. Setiap piksel matrik adalah representasi dari nilai intensitas [13].

D. Support Vector Machine (SVM)

Metode *Support Vector Machine* (SVM) merupakan suatu metode klasifikasi dalam pemecahan masalah untuk dua kelas. SVM biasanya digunakan dalam mengklasifikasikan data yang bisa dipisah secara linier, untuk data yang tidak dapat dilakukan pemisahan secara linier maka digunakan fungsi kernel yang tujuannya adalah untuk memetakan data input ke data fitur [14]. Pada SVM masalah pengklasifikasian dilakukan dengan mencari pemisah hyperplane yang optimal antar kelas. Hyperplane bergantung dari kasus pelatihan yang meletakkannya pada tepi dari deskriptor kelas yang disebut support vector. Prinsip dasar SVM adalah linear classifier, dan selanjutnya dikembangkan agar dapat bekerja pada masalah non-linear, dengan memasukkan konsep kernel trick pada ruang kerja berdimensi tinggi [4]. Sehingga pada penelitian yang terdiri dari dua kelas ini menggunakan metode SVM untuk memecahkan masalah dalam bidang pertanian [15].

E. SVM menggunakan Phytan dan Library

Python adalah aplikasi populer untuk menafsirkan bahasa komputer. *Python* adalah bahasa berfitur lengkap dengan platform yang dapat digunakan pada penelitian. Ada beberapa modul dan *library* yang diterapkan dalam mengimplementasikan *machine learning* menggunakan bahasa pemrograman *Python*. Tahapan yang harus dilakukan dalam *machine learning* diantaranya adalah mendefinisikan suatu masalah menyiapkan data, mengevaluasi algoritma, memperbaiki hasil dan menyajikan hasil.

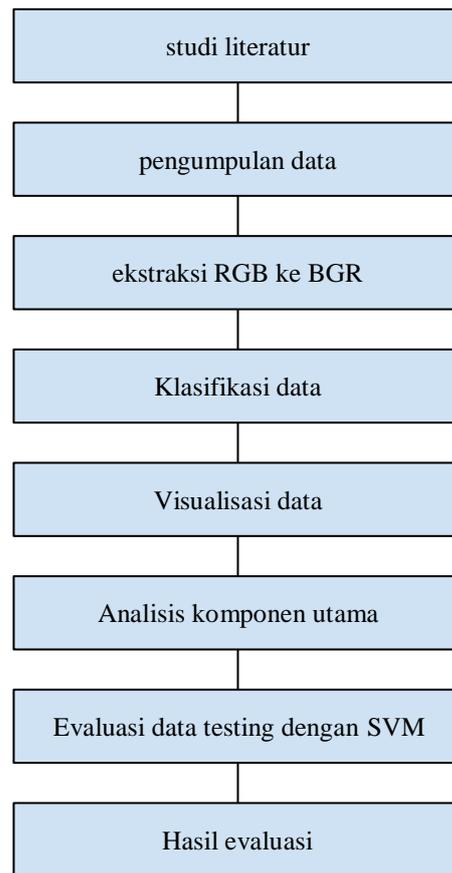
Library untuk *Support Vector Machine* pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. NumPy (Python Numerik) adalah perpustakaan yang berfokus pada perhitungan ilmiah. Keuntungan dari NumPy array adalah mereka memori yang digunakan sedikit dan berjalan sangat cepat. NumPy dapat memudahkan dalam perhitungan yang berkaitan dengan operasi vector.

2. Matplotlib adalah *library* Python yang digunakan dalam membuat visualisasi data dengan bantuan grafik..
3. *Scikit Learn* adalah *library Machine Learning open source* untuk Python, Fitur utamanya meliputi algoritma regresi, klasifikasi termasuk gradien, k-means, mesin vektor dukungan, DBSCAN, SciPy dan NumPy.
4. *OpenCV* adalah *library* yang dapat difungsikan untuk mengeksekusi gambar dan video, selain itu untuk mengekstrak informasi yang terkandung di dalamnya. OpenCV bekerja dengan menggunakan berbagai bahasa pemrograman.

III. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dari pengumpulan data, ekstraksi fitur warna dari RGB ke BGR, klasifikasi data, visualisasi data, analisis komponen utama, evaluasi data testing dengan SVM, dan hasil evaluasi klasifikasi jenis buah pisang.



Gambar 1. Kerangka kerja penelitian

A. Studi Literatur

Untuk mendapatkan informasi yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan serta mendapatkan literatur yang sesuai dengan objek kajian maka sebelumnya dilakukan studi literatur. Studi literatur dalam hal ini terkait dengan penelitian pengolahan citra digital untuk klasifikasi objek dengan metode Support Vector Machine (SVM).

B. Pengumpulan Data

Pada penelitian ini dataset yang digunakan diambil dari Kaggle.com. Jumlah data yang digunakan adalah 1256 buah foto pisang, yang diklasifikasikan ke dalam dua jenis yaitu foto buah pisang Ambon dan buah pisang Lady Finger. Foto yang digunakan merupakan foto 360 derajat pada masing-masing objek. Keseluruhan jumlah foto untuk masing-masing jenis pisang yaitu terdiri dari 600 gambar pisang Lady Finger dan 656 gambar pisang Ambon. Dari masing jenis pisang akan dibagi dengan perbandingan 60% data latih dan 40% data uji. Pada pisang Lady Finger dikelompokkan sebanyak 361 latih dan 241 data uji. Sedangkan pada pisang Ambon dikelompokkan sebanyak 394 data latih dan 262 data uji. Data tersebut dapat diakses melalui [//www.kaggle.com/code/waltermaffy/fruit-classification-pca-svm-knn-decision-tree/data](https://www.kaggle.com/code/waltermaffy/fruit-classification-pca-svm-knn-decision-tree/data).

C. Ekstraksi Warna RGB ke BGR

Sebuah warna didefinisikan dengan jumlah intensitas pokok yang terdiri dari warna pokok Red, Green and Blue (RGB) yang diperlukan untuk membuat suatu warna [16]. Ekstraksi warna dilakukan secara otomatis dengan modul *scikit learn* yang berbasis bahasa python. Setiap gambar dikonversi dalam array numpy 100x100 untuk setiap dimensi RGB (x3) ke dimensi BGR. Kemudian telah diratakan dalam satu vektor tunggal (Image Features Vector), selanjutnya diskalakan dengan mengurangi mean dari dataset untuk melakukan algoritma klasifikasi.

D. Visualisasi Data

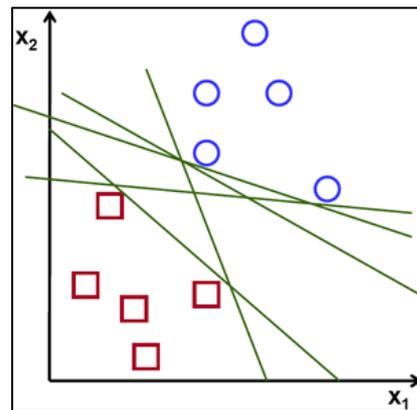
Agar data muncul pada dimensi yang lebih rendah maka dilakukan pengurangan dimensi kumpulan data dalam 2 atau 3 dimensi sehingga data dapat di plot dan divisualisasikan.

E. Analisis Komponen Utama PCA

Analisis Komponen Utama merupakan suatu teknik untuk mengetahui sebaran data dengan mempertahankan informasi sebelumnya [9]. Terdapat beberapa teknik berbeda untuk menerapkan PCA diantaranya berurutan, Matriks Kovarians dan Dekomposisi Nilai Singular (SVD).

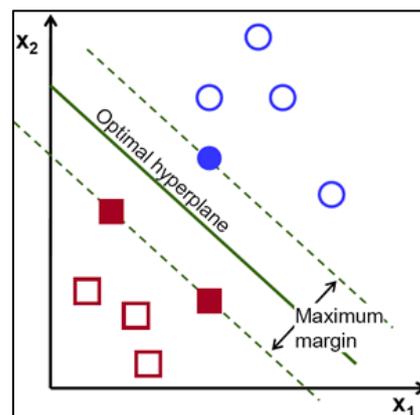
F. Evaluasi Data Testing dengan SVM

Support Vector Machine (SVM) merupakan suatu metode klasifikasi yang dapat mengidentifikasi titik baru dengan akurasi matematis yang tinggi. Jika suatu dataset dapat dilakukan pemisahan secara linier, maka bisa menggunakan pendekatan Hard margin sehingga jarak antara keduanya sebesar mungkin, dengan demikian dapat diidentifikasi kelas mana yang dimiliki setiap titik dataset. Tetapi sebagian besar waktu kumpulan data tidak dapat dipisahkan secara linier sehingga dapat dilakukan dua cara yaitu menggunakan pendekatan Linear menggunakan Soft Margin, atau dengan menggunakan Non-Linear Kernel (yang harus memenuhi Mercer Condition) atau lebih tepatnya pemetaan data pada dimensi di atasnya. SVM merupakan metode machine learning yang dapat digunakan untuk klasifikasi baik data linear maupun non-linear. SVM masuk ke dalam kelas supervised learning. Ide dasar SVM adalah memaksimalkan batas hyperplane [11].



Gambar 2. Grafik SVM

Gambar 2 tersebut menunjukkan grafik SVM yang tidak menggunakan hyperplane secara optimal. Sehingga jarak dari kedua kelas tidak seimbang yang pada akhirnya berdampak pada proses klasifikasi yang dilakukan. Untuk mengatasi hal tersebut perlu untuk menetapkan parameter hyperplane seoptimal mungkin sehingga jarak atau margin dari kedua kelas menjadi seimbang.



Gambar 3. Grafik SVM yang diukur

Pada gambar 3 menunjukkan grafik SVM yang telah dilakukan optimasi terhadap hyperplane.

G. Hasil Evaluasi Klasifikasi Gambar

Hasil dari klasifikasi menggunakan algoritma SVM ditunjukkan dengan teknik Confusion Matrix. Confusion Matrix adalah teknik optimasi kinerja algoritma klasifikasi. Perhitungan Confusion Matrix dapat memberi gambaran yang

lebih baik tentang model klasifikasi. Istilah yang terdapat pada confusion matrix diantaranya yaitu True Positive (TP), True Negative (TN), False Positive (FP) dan False Negative (FN). Accuracy ini menggambarkan akurasi model.

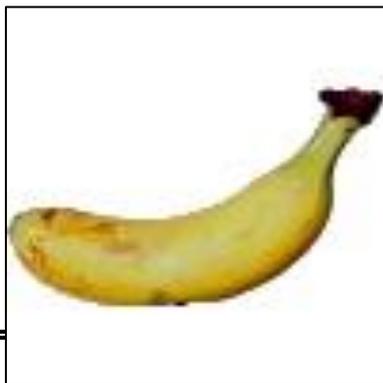
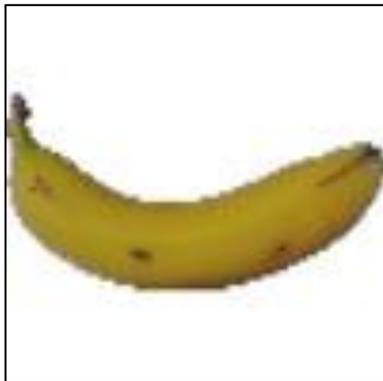
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dibutuhkan lingkungan implementasi sehingga seluruh proses kegiatan dapat bekerja sesuai harapan. Pada penelitian ini digunakan lingkungan implementasi seperti pada Tabel dibawah ini.

Jenis perangkat	Spesifikasi
Laptop	ASUS X441
Processor	Intel Core i3 6006U
RAM	8 GB
Storage	512 GB
Alat Pengujian	Google Colab, Python

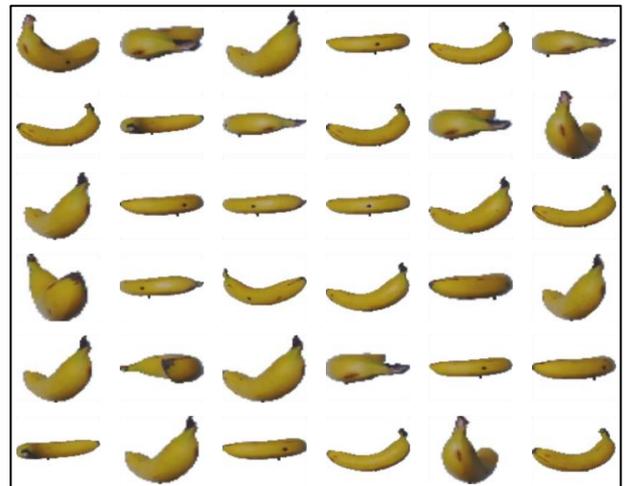
Tabel 1. Spesifikasi lingkungan penelitian

Penelitian dikerjakan pada bulan Mei 2022 sampai bulan Juni 2022. Penelitian ini menggunakan 1256 data, hasil dari perancangan Klasifikasi buah pisang menggunakan bahasa pemrograman python dengan metode Support Vector Machine. Berikut adalah gambar sampel percobaan dengan mengambil warna, bentuk, dan tekstur dari buah pisang.

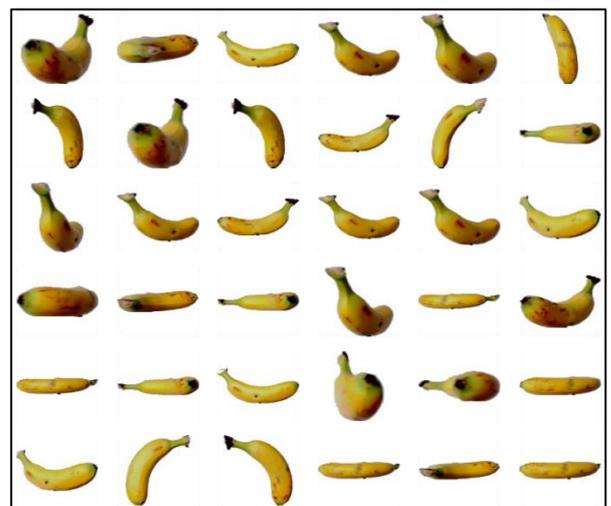


Gambar 4. Gambar buah pisang Ambon dan Lady Finger

Terlihat dari gambar diatas kedua buah pisang memiliki warna, bentuk, dan tekstur yang berbeda satu sama lain, perbedaan tersebut dijadikan fitur sebagai dataset untuk membedakan kedua objek tersebut. Fitur yang digunakan untuk mendeskripsikan objek adalah fitur Histogram of Oriented Gradient. Selanjutnya, pada proses ekstraksi fitur yang digunakan adalah fitur warna, bentuk, dan tekstur yang signifikan antara buah pisang Ambon dan Lady Finger yang terdapat perbedaan antara kedua objek tersebut. Ekstraksi ciri dilakukan berdasarkan warna, bentuk, dan tekstur. Nilai-nilai ini digabungkan dan algoritma PCA diterapkan untuk menghapus fitur yang berlebihan dan memilih yang penting. Hasil ekstraksi pemisahan warna RGB dan reduksi oleh PCA ditampilkan dengan size window 6x6. Dalam hal ini teknik Kovarian Matriks diterapkan dengan menghapus nilai asli yang tidak penting yaitu nilai yang memiliki ukuran vektor eigen kecil.

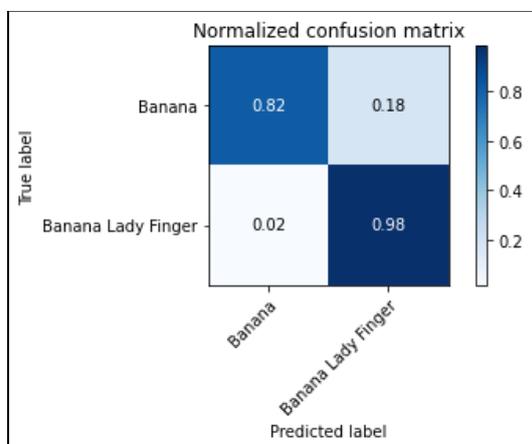


Gambar 5. Gambar sample pisang Ambon



Gambar 6. Gambar sample pisang Lady Finger

Perhitungan akurasi dilakukan dengan menggunakan metode Confusion Matrix untuk mendapatkan hasil persentase dari akurasi algoritma klasifikasi ini. Berikut hasil yang diberikan confusion matrix.



Gambar 7. Gambar Confusion Matrix

Pada gambar diatas diketahui nilai *True Positive* (TP) = 0,82 dan *False Positive* (FP)= 0,18. Sedangkan *False Negative*(FN) = 0,02 dan *True Negative* (TN) = 0,98. Dari data tersebut didapatkan tingkat akurasi sebesar 89,86%.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini dapat membantu mengklasifikasikan dua varietas buah pisang dalam hal ekstraksi fitur, reduksi, dan SVM (*Support Vector Machine*). Kombinasi warna, fitur tekstur, dan pengukuran bentuk menggunakan SVM menghasilkan hasil yang akurat. Eksperimen yang ditunjukkan mencapai akurasi klasifikasi yang signifikan sebesar 89,86%. Semua fitur yang diekstraksi direduksi dan disimpan dalam vektor fitur PCA (*Principal Component Analysis*). Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan metode dan model warna lain sebagai perbandingan hasil keakuratan sistem.

REFERENCES

[1] A. A. Muhammad, A. Arkadia, S. NaufalRifqi, Trianto, and D. S.

Prasvita, "Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Pisang Berdasarkan Fitur Warna dengan Metode SVM," *J. Ilmu Komput. dan Desain Komun. Vis.*, vol. 4, no. 1, pp. 9–16, 2019.

[2] Alfian Firlansyah, Andi Baso Kaswar, and Andi Akram Nur Risal, "Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Pepaya Berdasarkan Fitur Warna Menggunakan JST," *Techno Xplore J. Ilmu Komput. dan Teknol. Inf.*, vol. 6, no. 2, pp. 55–60, 2021, doi: 10.36805/technoxplore.v6i2.1438.

[3] M. Arief, "Klasifikasi Kematangan Buah Jeruk Berdasarkan Fitur Warna Menggunakan Metode SVM," *J. Ilmu Komput. dan Desain Komun. Vis.*, vol. 4, no. 1, pp. 9–16, 2019.

[4] I. S. Areni, I. Amirullah, and N. Arifin, "Klasifikasi Kematangan Stroberi Berbasis Segmentasi Warna dengan Metode HSV," *J. Penelit. Enj.*, vol. 23, no. 2, pp. 113–116, 2019, doi: 10.25042/jpe.112019.03.

[5] M. Ichwan, I. A. Dewi, and Z. M. S., "Klasifikasi Support Vector Machine (SVM) Untuk Menentukan Tingkat Kemanisan Mangga Berdasarkan Fitur Warna," *MIND J.*, vol. 3, no. 2, pp. 16–23, 2019, doi: 10.26760/mindjournal.v3i2.16-23.

[6] A. Arifin, J. Hendyli, and D. E. Herwindiati, "Klasifikasi Tanaman Obat Herbal Menggunakan Metode Support Vector Machine," *Comput. J. Comput. Sci. Inf. Syst.*, vol. 5, no. 1, p. 25, 2021, doi: 10.24912/computatio.v1i1.12811.

[7] T. Akhir, "Klasifikasi Jenis Dan Tingkat Kematangan Buah Pepaya Berdasarkan Fitur Warna, Tekstur Dan Bentuk Berdasarkan Fitur Warna, Tekstur Dan Bentuk," 2020.

[8] Y. E. Yana and N. Nafi'iyah, "Klasifikasi Jenis Pisang Berdasarkan Fitur Warna, Tekstur, Bentuk Citra Menggunakan SVM dan KNN," *Res. J. Comput. Inf. Syst. Technol. Manag.*, vol. 4, no. 1, p. 28, 2021, doi: 10.25273/research.v4i1.6687.

[9] S. P. Adenugraha, V. Arinal, and D. I. Mulyana, "Klasifikasi Kematangan Buah Pisang Ambon Menggunakan Metode KNN dan PCA Berdasarkan Citra RGB dan HSV," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 6, no. 1, p. 9, 2022, doi: 10.30865/mib.v6i1.3287.

[10] S. Agarwal, *Data mining: Data mining concepts and techniques*. 2014. doi: 10.1109/ICMIRA.2013.45.

[11] P. R. Sihombing and I. F. Yuliati, "Penerapan Metode Machine Learning dalam Klasifikasi Risiko Kejadian Berat Badan Lahir Rendah di Indonesia," *MATRIK J. Manajemen, Tek. Inform. dan Rekayasa Komput.*, vol. 20, no. 2, pp. 417–426, 2021, doi: 10.30812/matrik.v20i2.1174.

[12] R. Munir, "Pengantar Pengolahan Citra Interpretasi dan Pengolahan Citra," no. Bagian 1, p. 49, 2019.

[13] M. R. K. Huda, "Identifikasi Penyakit Daun Kentang Berdasarkan Fitur Warna, Tekstur, dan Bentuk dengan SVM dan KNN Identification of Potato Leaf Disease Based on Color, Texture, and Shape Features with," pp. 100–106, 2020.

[14] N. Hikmatia and M. I. Zul, "Jurnal Politeknik Caltex Riau," *J. Komput. Terap.*, vol. 7, no. 1, pp. 50–61, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/jkt/>

[15] D. Meilvinasvita, Safaruddin, and Yuliana, "Vocational education and technology journal," *Vocat. Educ. Technol. J.*, vol. 1, no. 2, pp. 21–27, 2020, [Online]. Available: <http://ojs.aknacehbarat.ac.id/index.php/vocatech/index>

[16] N. A. Banyal, S. Surianti, and A. R. Dayat, "Klasifikasi Citra Plasmodium Penyebab Penyakit Malaria dalam Sel Darah Merah Manusia dengan Menggunakan Metode Multi Class Support Vector Machine (SVM)," *Ilk. J. Ilm.*, vol. 8, no. 2, pp. 111–118, 2016, doi: 10.33096/ilkom.v8i2.54.111-118.