

Ekstraksi Fitur HSV dan GLCM Untuk Klasifikasi Varietas Buah Rambutan Menggunakan Multilayer Perceptron

^{1*}Bima Putra Prsetya, ²Danang Wahyu Widodo, ³Patmi Kasih

^{1,2,3} Teknik Informatika, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: ¹bimaosd681@gmail.com, ²danagwahyuwido@unp.ac.id, ³patmikasih@unp.ac.id

Penulis Korespondens : Bima Putra Prasetya

Abstrak— Identifikasi jenis buah rambutan secara manual masih bergantung pada persepsi visual manusia yang bersifat subjektif dan rentan terhadap ketidakkonsistenan, terutama pada varietas yang memiliki kemiripan karakter visual. Penelitian ini mengembangkan sistem klasifikasi jenis buah rambutan berbasis citra digital menggunakan kombinasi ekstraksi fitur warna HSV dan tekstur GLCM dengan metode Multilayer Perceptron (MLP). Dataset yang digunakan terdiri dari 298 citra tiga varietas rambutan, yaitu Kuning, Aceh, dan Binjai, yang diperoleh dari platform Kaggle. Tahap preprocessing meliputi resize citra menjadi 128×128 piksel, konversi RGB ke HSV dan grayscale, normalisasi Z-Score, serta augmentasi data yang menghasilkan lima variasi per citra sehingga volume data latih meningkat lima kali lipat. Ekstraksi fitur menghasilkan 18 fitur yang terdiri dari 12 fitur HSV dan 6 fitur GLCM. Model MLP dibangun dengan tiga hidden layer berukuran 128, 64, dan 32 neuron dilengkapi BatchNormalization, regularisasi L2, dan Dropout. Melalui tiga skenario pengujian bertahap, model final mencapai akurasi sebesar 85,42% dengan macro average precision 0,86, recall 0,85, dan F1-score 0,85, membuktikan bahwa kombinasi fitur HSV dan GLCM efektif dalam membedakan ketiga varietas buah rambutan secara otomatis dan objektif.

Kata Kunci— Rambutan, HSV, GLCM, Multilayer Perceptron, Klasifikasi Citra

Abstract— Manual identification of rambutan fruit varieties still relies on human visual perception, which is subjective and prone to inconsistency, especially among varieties with similar visual characteristics. This study develops a digital image-based rambutan variety classification system using a combination of HSV color feature extraction and GLCM texture features with the Multilayer Perceptron (MLP) method. The dataset consists of 298 images of three rambutan varieties, namely Kuning, Aceh, and Binjai, obtained from the Kaggle platform. Preprocessing stages include resizing images to 128×128 pixels, RGB to HSV and grayscale conversion, Z-Score normalization, and data augmentation producing five variations per image, increasing the training data volume fivefold. Feature extraction produces 18 features consisting of 12 HSV features and 6 GLCM features. The MLP model is built with three hidden layers of 128, 64, and 32 neurons equipped with BatchNormalization, L2 regularization, and Dropout. Through three progressive testing scenarios, the final model achieves an accuracy of 85.42% with a macro average precision of 0.86, recall of 0.85, and F1-score of 0.85, proving that the combination of HSV and GLCM features is effective in automatically and objectively distinguishing the three rambutan varieties.

Keywords— Rambutan, HSV, GLCM, Multilayer Perceptron, Image Classification



I. PENDAHULUAN

Rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) merupakan salah satu komoditas buah tropis unggulan Indonesia yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), produksi rambutan di Indonesia pada tahun 2022 mencapai 855.162 ton, sedikit berkurang dari tahun sebelumnya yang mencapai 884.702 ton[1]. Tingginya produksi ini menunjukkan bahwa rambutan menjadi komoditas hortikultura yang penting, sehingga diperlukan sistem pengelolaan dan identifikasi varietas yang lebih baik. Namun proses identifikasi secara konvensional menggunakan visual mata manusia memiliki kelemahan, di antaranya membutuhkan tenaga lebih banyak, tingkat persepsi yang berbeda-beda, serta konsistensi yang tidak terjamin karena manusia dapat mengalami kelelahan[2]

Indonesia memiliki banyak varietas rambutan, di antaranya Kuning, Aceh, dan Binjai, yang masing-masing memiliki karakter visual berbeda pada warna kulit, rambut buah, dan tekstur permukaan. Kemiripan visual antar varietas sering menyulitkan proses identifikasi secara manual dan berdampak pada proses sortasi serta penentuan nilai jual. Hal ini mendorong perlunya pendekatan berbasis komputasi, di mana ekstraksi ciri GLCM dan ekstraksi ciri warna HSV terbukti efektif digunakan dalam klasifikasi citra buah rambutan karena masing-masing metode memiliki keunggulan tersendiri dalam merepresentasikan karakteristik visual buah. Fitur warna HSV digunakan untuk menentukan tingkat kemerahan, kehijauan, kemurnian warna, serta kecerahan objek, sementara fitur tekstur GLCM merepresentasikan pola permukaan kulit buah secara numerik[3]

Perkembangan teknologi pengolahan citra digital dan kecerdasan buatan telah membuka peluang besar dalam bidang pertanian, khususnya untuk klasifikasi objek berbasis citra. Penelitian yang menerapkan Jaringan Saraf Tiruan dengan ekstraksi fitur GLCM untuk klasifikasi buah pepaya berhasil menunjukkan bahwa model JST mampu mengklasifikasikan kematangan buah dengan akurasi yang memuaskan. Hal ini membuktikan bahwa pendekatan berbasis fitur visual dan jaringan saraf tiruan sangat relevan diterapkan pada objek buah dengan karakteristik visual yang kompleks seperti rambutan[4].

Untuk proses klasifikasi, Jaringan Saraf Tiruan jenis Multilayer Perceptron (MLP) merupakan pilihan yang tepat karena kemampuannya memodelkan hubungan non-linear antar fitur. MLP terdiri atas tiga lapisan utama yakni lapisan input, satu atau lebih lapisan tersembunyi, serta lapisan output, di mana normalisasi fitur diterapkan untuk mempercepat proses pelatihan serta meningkatkan stabilitas kinerja model[5]. Fitur warna dan tekstur yang diekstrak selanjutnya dapat direduksi atau dinormalisasi untuk meningkatkan efisiensi klasifikasi, sehingga model yang dihasilkan lebih stabil dan akurat[6].

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem klasifikasi varietas buah rambutan Kuning, Aceh, dan Binjai berbasis citra digital menggunakan kombinasi ekstraksi fitur warna HSV dan tekstur GLCM dengan metode Multilayer Perceptron (MLP). Penerapan metode Z-Score Standardization diterapkan untuk menormalisasi nilai fitur hasil ekstraksi agar seluruh fitur berada pada skala yang konsisten, sehingga fitur dengan skala besar tidak mendominasi proses pelatihan. Dengan pendekatan ini diharapkan proses identifikasi

varietas rambutan dapat dilakukan secara lebih akurat, objektif, dan konsisten dibandingkan penilaian manual[7].

II. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan Development Research dengan model SDLC Prototyping, menghasilkan sistem klasifikasi jenis buah rambutan berbasis citra digital dalam bentuk aplikasi website. Dataset yang digunakan adalah "Deep Learning Klasifikasi Jenis Buah Rambutan" dari Kaggle, terdiri dari tiga kelas varietas yaitu Rambutan Kuning (100 citra), Rambutan Aceh (100 citra), dan Rambutan Binjai (98 citra). Tahap preprocessing meliputi resize citra menjadi 128×128 piksel, konversi RGB ke HSV dan grayscale, normalisasi Z-Score Standardization, serta augmentasi data yang menghasilkan 5 variasi per citra sehingga volume data latih meningkat lima kali lipat.

Ekstraksi fitur dilakukan secara paralel menggunakan dua metode, yaitu fitur warna HSV yang menghasilkan 12 fitur dan fitur tekstur GLCM yang menghasilkan 6 fitur, sehingga total vektor fitur berdimensi 18 digunakan sebagai input model MLP dengan arsitektur tiga hidden layer berukuran 128, 64, dan 32 neuron dilengkapi BatchNormalization, regularisasi L2, Dropout, optimizer Adam, dan EarlyStopping. Evaluasi model dilakukan menggunakan metrik accuracy, precision, recall, dan F1-score melalui tiga skenario pengujian bertahap, dengan model final diimplementasikan dalam sistem website yang mengintegrasikan antarmuka PHP, Flask API, dan model MLP.

2.1 Pengumpulan Data

Dataset yang digunakan adalah "Deep Learning Klasifikasi Jenis Buah Rambutan" yang diperoleh dari platform Kaggle (<https://www.kaggle.com/datasets/mariayekwam/deep-learning-klasifikasi-jenis-buah-rambutan>). Dataset ini terdiri dari tiga kelas varietas, yaitu Rambutan Kuning (100 citra), Rambutan Aceh (100 citra), dan Rambutan Binjai (98 citra), yang telah diberi label sesuai jenisnya.

Table 1 Dataset Rambutan

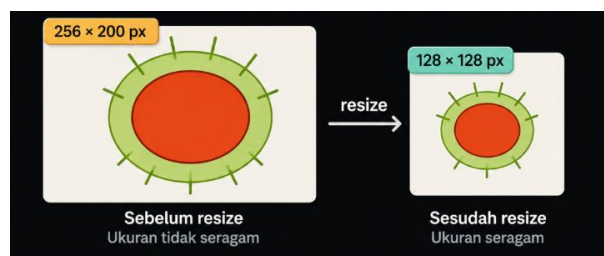
Jenis	Ciri
 Rambutan Aceh	Ukuran buah tergolong besar, bentuk buah bulat hingga oval, warna kulit merah kehijauan hingga merah tua saat matang, rambut buah panjang, lebat, dan berwarna merah dengan ujung kehijauan.
 Rambutan Kuning	Ukuran buah sedang, warna kulit kuning hingga kuning keemasan saat matang — inilah ciri paling khas yang membedakannya dari varietas lain, rambut buah berwarna kuning dengan ujung kehijauan.

Lanjutan Table 2 Dataset Rambutan

 Rambutan Binjai	Ukuran buah besar, termasuk varietas terbesar di Indonesia, warna kulit merah cerah hingga merah tua saat matang, rambut buah lebat, panjang, dan berwarna merah.
--	--

2.2 Preprocessing Data

Tahap preprocessing dilakukan untuk memastikan seluruh citra buah rambutan berada dalam kondisi seragam sebelum masuk ke tahap ekstraksi fitur. Teknik pre-processing yang diterapkan meliputi konversi ruang warna, normalisasi intensitas piksel, dan augmentasi data untuk mempersiapkan data gambar sebelum masuk ke dalam model pembelajaran mesin[8].



Gambar 1 Data Resize

Proses diawali dengan resize citra menjadi ukuran 128×128 piksel agar dimensi seluruh data seragam, dilanjutkan konversi ruang warna dari RGB ke HSV untuk ekstraksi fitur warna, dan konversi ke grayscale untuk ekstraksi fitur tekstur GLCM. Normalisasi menggunakan Z-Score Standardization diterapkan agar seluruh fitur berada pada skala yang sebanding sehingga fitur dengan rentang nilai besar tidak mendominasi proses pelatihan.



Gambar 2 Teknik Augmentasi Data

Augmentasi data dilakukan untuk memperbesar volume data latih dengan menghasilkan 5 variasi dari setiap citra asli. Seperti yang ditunjukkan pada gambar di atas, teknik augmentasi yang diterapkan meliputi (1) original tanpa modifikasi, (2) flip horizontal yang mencerminkan gambar secara horizontal, (3) flip vertikal yang mencerminkan gambar secara vertikal, (4) translasi sebesar 15% yang menggeser posisi objek ke arah kanan dan bawah, serta (5) rotasi 15 derajat searah jarum jam. Dengan penerapan kelima teknik ini, volume data latih meningkat hingga lima kali lipat dari jumlah data aslinya, sehingga model dapat mempelajari pola visual buah rambutan dari berbagai kondisi dan orientasi secara lebih optimal[9].

2.3 Implementasi Sistem

Tabel 1 Digram Proses Citra

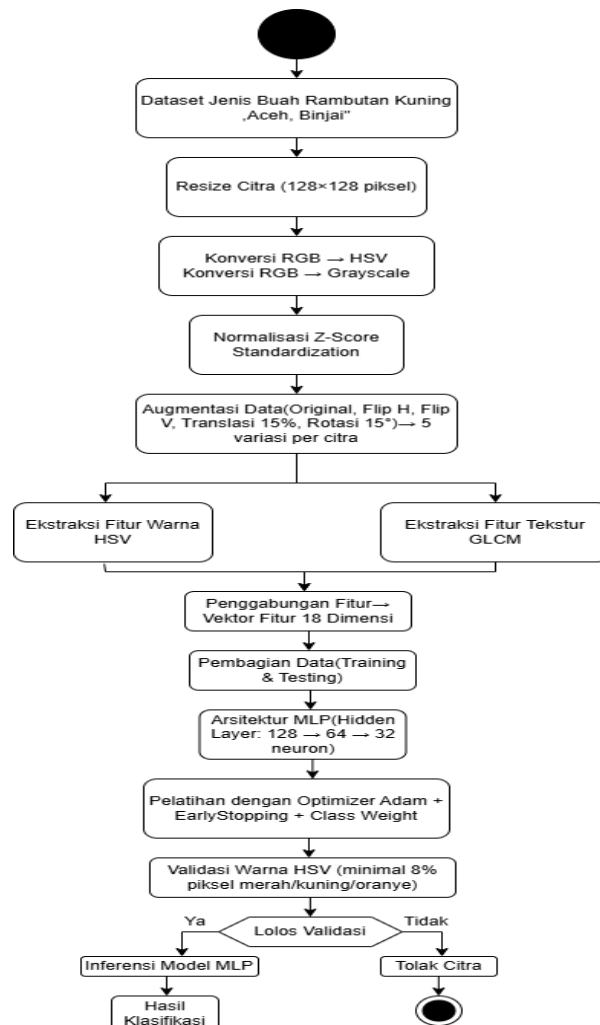


Diagram di atas menggambarkan alur proses sistem klasifikasi jenis buah rambutan secara keseluruhan. Proses dimulai dari input dataset citra buah rambutan yang terdiri dari tiga varietas yaitu Kuning, Aceh, dan Binjai.

Tahap selanjutnya adalah preprocessing yang dilakukan secara berurutan, diawali dengan resize citra menjadi 128×128 piksel untuk menyeragamkan dimensi data, kemudian konversi ruang warna dari RGB ke HSV dan grayscale, normalisasi menggunakan Z-Score Standardization, serta augmentasi data yang menghasilkan 5 variasi per citra meliputi original, flip horizontal, flip vertikal, translasi 15%, dan rotasi 15 derajat.

Setelah preprocessing, dilakukan ekstraksi fitur secara paralel menggunakan dua metode, yaitu ekstraksi fitur warna HSV yang menghasilkan 12 fitur dan ekstraksi fitur tekstur GLCM

yang menghasilkan 6 fitur. Kedua hasil ekstraksi kemudian digabungkan menjadi vektor fitur berdimensi 18 sebagai input model.

Tahap pelatihan model menggunakan arsitektur MLP dengan tiga hidden layer berukuran 128, 64, dan 32 neuron, dilatih menggunakan optimizer Adam dilengkapi EarlyStopping dan Class Weight. Sebelum proses inferensi, citra divalidasi terlebih dahulu melalui mekanisme validasi warna HSV dengan ambang batas minimal 8% piksel merah, kuning, atau oranye. Apabila citra lolos validasi maka dilanjutkan ke proses inferensi model MLP untuk menghasilkan hasil klasifikasi, sedangkan citra yang tidak lolos validasi akan langsung ditolak oleh sistem.

2.4 Evaluasi

Evaluasi kinerja model dilakukan menggunakan confusion matrix yang mencakup True Positive (TP), True Negative (TN), False Positive (FP), dan False Negative (FN) untuk menghitung akurasi, precision, recall, dan F1-score. Pengujian dilakukan pada data uji terpisah melalui tiga skenario bertahap. Selain akurasi, precision, recall, dan F1-score digunakan untuk memberikan evaluasi yang lebih baik, terutama pada data tidak seimbang[10].

a. Confusion Matrix

Confusion matrix digunakan untuk mengevaluasi performa model klasifikasi dengan menganalisis prediksi benar dan salah melalui kategori TP, TN, FP, dan FN. Metode ini memungkinkan perhitungan accuracy, precision, recall, dan F1-score secara lebih objektif, serta membantu mengidentifikasi kesalahan klasifikasi pada tiga kelas varietas rambutan.

b. Metrik evaluasi

Metrik Evaluasi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi accuracy, precision, recall, dan F1-score yang dihitung berdasarkan nilai TP, TN, FP, dan FN dari confusion matrix. Rumus perhitungan masing-masing metrik adalah sebagai berikut:

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+FP+FN+TN} \dots\dots\dots (1)$$

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP} \dots\dots\dots (2)$$

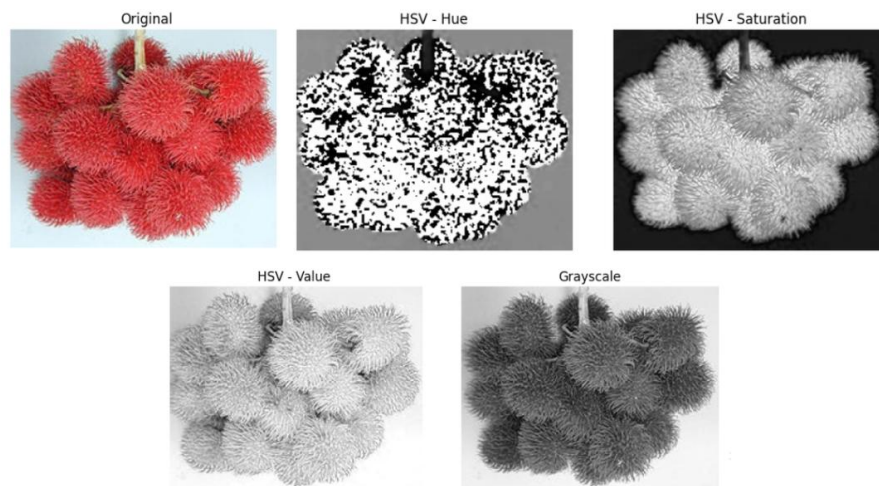
$$Recall = \frac{TP}{TP+FN} \dots\dots\dots (3)$$

$$F1 = 2 \times \frac{Precision \cdot Recall}{Precision + Recall} \dots\dots\dots (4)$$

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengumpulan Data

Dataset yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 298 citra buah rambutan yang terbagi ke dalam tiga kelas varietas, yaitu Rambutan Kuning sebanyak 100 citra, Rambutan Aceh sebanyak 100 citra, dan Rambutan Binjai sebanyak 98 citra. Dataset diperoleh dari platform Kaggle dengan variasi kondisi pencahayaan, sudut pengambilan gambar, serta latar belakang yang berbeda-beda sehingga mampu merepresentasikan kondisi nyata pada proses klasifikasi citra buah rambutan.



Gambar 3 Data Konversi Citra

Gambar di atas menunjukkan hasil konversi citra buah rambutan asli (original) ke berbagai representasi ruang warna yang digunakan dalam proses ekstraksi fitur. Citra original berwarna merah dikonversi ke tiga channel HSV secara terpisah, yaitu channel Hue yang merepresentasikan informasi warna dasar dalam bentuk pola hitam putih, channel Saturation yang menggambarkan tingkat kemurnian warna permukaan buah, dan channel Value yang merepresentasikan tingkat kecerahan objek. Selain itu, citra juga dikonversi ke bentuk grayscale yang digunakan sebagai dasar ekstraksi fitur tekstur menggunakan metode GLCM. Kelima representasi citra ini membuktikan bahwa satu citra buah rambutan dapat menghasilkan informasi visual yang kaya, baik dari sisi warna maupun tekstur, yang selanjutnya diekstrak menjadi 18 fitur numerik sebagai input model klasifikasi.

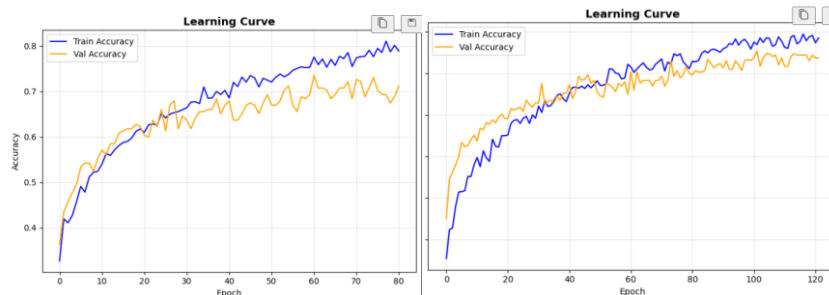
3.2 Preprocessing

Tahap preprocessing dilakukan secara bertahap untuk mempersiapkan citra buah rambutan sebelum masuk ke proses ekstraksi fitur. Proses diawali dengan resize citra menjadi ukuran 128×128 piksel agar seluruh data memiliki dimensi yang seragam meskipun ukuran asli setiap citra berbeda-beda. Setelah ukuran diseragamkan, citra dikonversi dari ruang warna RGB ke HSV yang memisahkan informasi warna menjadi tiga channel, yaitu Hue yang merepresentasikan warna dasar kulit buah, Saturation yang menggambarkan tingkat kemurnian warna permukaan buah, dan Value yang merepresentasikan tingkat kecerahan objek. Selain konversi ke HSV, citra juga dikonversi ke format grayscale yang menghilangkan informasi warna dan hanya mempertahankan nilai intensitas piksel, di mana perbedaan gelap terang pada permukaan kulit rambutan menjadi dasar perhitungan fitur tekstur GLCM.

Setelah proses konversi, diterapkan normalisasi menggunakan Z-Score Standardization untuk menyeragamkan skala nilai fitur hasil ekstraksi sehingga tidak ada fitur yang mendominasi proses pelatihan model. Tahap terakhir adalah augmentasi data yang menghasilkan 5 variasi dari setiap citra asli, meliputi original tanpa modifikasi, flip horizontal, flip vertikal, translasi 15% ke arah kanan dan bawah, serta rotasi 15 derajat searah jarum jam. Dengan seluruh tahapan preprocessing ini, satu citra original berhasil diproses menjadi representasi fitur yang kaya dan bervariasi sehingga model MLP dapat mempelajari karakteristik visual ketiga varietas buah rambutan secara lebih optimal.

3.3 Uji Data

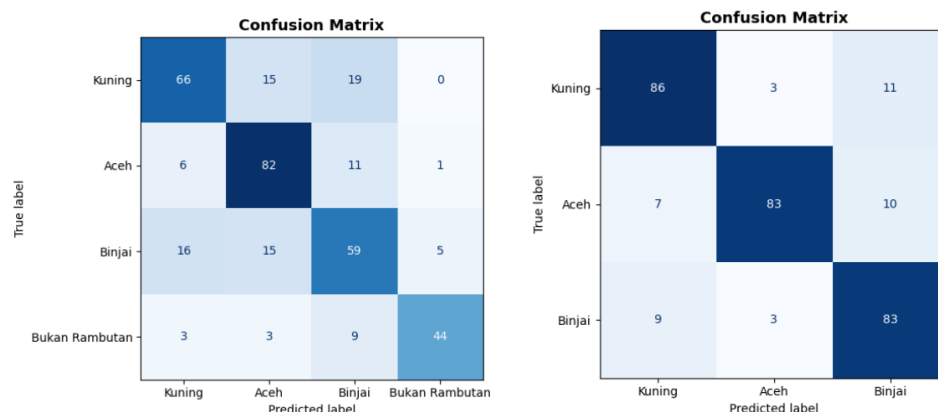
Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan model Multilayer Perceptron (MLP) dalam mengklasifikasikan tiga varietas buah rambutan berdasarkan fitur warna HSV dan tekstur GLCM yang telah diekstraksi sebelumnya. Evaluasi dilakukan menggunakan data uji terpisah agar performa model dapat diukur secara objektif terhadap data yang belum pernah dipelajari selama proses pelatihan.



Gambar 4 Learning Curve Pelatihan Model MLP

Berdasarkan perbandingan kedua grafik learning curve di atas, terlihat peningkatan performa yang signifikan dari skenario 2 ke skenario 3. Pada skenario 2, akurasi model berkisar antara 0,4 hingga 0,8 dengan fluktuasi Val Accuracy yang cukup tinggi hingga epoch ke-80, mengindikasikan model belum stabil dan kemampuan generalisasinya masih kurang optimal. Sementara pada skenario 3 sebagai model final, kedua kurva Train Accuracy dan Val Accuracy menunjukkan tren peningkatan yang konsisten dan konvergen hingga epoch ke-120 tanpa gap yang signifikan, membuktikan bahwa penyempurnaan yang diterapkan berupa penambahan fitur menjadi 18 dimensi dan validasi warna HSV secara terpisah berhasil menghasilkan model yang lebih stabil dan memiliki kemampuan generalisasi yang baik.

3.4 Evaluasi



Gambar 5 Confusion Matrix Hasil Klasifikasi Model MLP

Berdasarkan confusion matrix, performa model meningkat dari skenario 2 ke skenario 3. Pada skenario 2, model masih mengalami banyak kesalahan klasifikasi, terutama pada kelas Rambutan Binjai yang sering diprediksi sebagai Kuning dan Aceh. Pada skenario 3, jumlah kesalahan klasifikasi berkurang dan nilai prediksi benar meningkat menjadi 86, 83, dan 83. Penghapusan kelas “Bukan Rambutan” serta penerapan validasi warna HSV terbukti meningkatkan akurasi dan mengurangi konflik klasifikasi antar kelas.

	precision	recall	f1-score	support
Rambutan Kuning	0.55	0.60	0.57	20
Rambutan Aceh	0.50	0.30	0.38	20
Rambutan Binjai	0.40	0.53	0.45	19
accuracy			0.47	59
macro avg	0.48	0.48	0.47	59
weighted avg	0.48	0.47	0.47	59

Classification Report:				
	precision	recall	f1-score	support
Kuning	0.73	0.66	0.69	100
Aceh	0.71	0.82	0.76	100
Binjai	0.60	0.62	0.61	95
Bukan Rambutan	0.88	0.75	0.81	59
accuracy			0.71	354
macro avg	0.73	0.71	0.72	354
weighted avg	0.71	0.71	0.71	354

Classification Report:				
	precision	recall	f1-score	support
Kuning	0.84	0.86	0.85	100
Aceh	0.93	0.83	0.88	100
Binjai	0.80	0.87	0.83	95
accuracy			0.85	295
macro avg	0.86	0.85	0.85	295
weighted avg	0.86	0.85	0.86	295

Gambar 6 Classification Report Model MLP

Berdasarkan ketiga classification report tersebut, terlihat bahwa performa model mengalami peningkatan yang signifikan pada setiap skenario pengujian. Pada skenario pertama, model masih memiliki performa rendah dengan akurasi sebesar 47% dan nilai precision, recall, serta F1-score yang belum stabil pada seluruh kelas. Pada skenario kedua, performa model meningkat menjadi 71% setelah penambahan kelas “Bukan Rambutan”, namun masih terdapat kesalahan klasifikasi terutama pada kelas Binjai. Sementara pada skenario ketiga sebagai model final, performa meningkat secara optimal dengan akurasi mencapai 85%, macro average precision sebesar 0,86, recall 0,85, dan F1-score 0,85. Hasil ini menunjukkan bahwa kombinasi ekstraksi fitur HSV dan GLCM serta penyempurnaan arsitektur MLP berhasil meningkatkan kemampuan model dalam membedakan varietas Rambutan Kuning, Aceh, dan Binjai secara lebih akurat dan konsisten.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem klasifikasi jenis buah rambutan berbasis citra digital menggunakan kombinasi ekstraksi fitur warna HSV dan tekstur GLCM dengan metode Multilayer Perceptron (MLP). Proses ekstraksi fitur menghasilkan 18 fitur yang terdiri dari 12 fitur warna HSV dan 6 fitur tekstur GLCM, yang selanjutnya digunakan sebagai input model klasifikasi. Melalui tiga skenario pengujian yang dilakukan secara bertahap, model terbaik dicapai pada skenario ketiga dengan akurasi sebesar 85,42%, macro average precision 0,86, recall 0,85, dan F1-score 0,85, membuktikan bahwa kombinasi fitur HSV dan GLCM mampu merepresentasikan perbedaan karakteristik visual antar varietas Rambutan Kuning, Rambutan Aceh, dan Rambutan Binjai secara efektif.

Keberhasilan model final diraih melalui beberapa penyempurnaan, yaitu augmentasi dataset yang memperbesar volume data latih hingga lima kali lipat, penyempurnaan arsitektur MLP dengan tiga hidden layer berukuran 128, 64, dan 32 neuron dilengkapi BatchNormalization dan regularisasi L2, serta penerapan mekanisme validasi warna HSV secara terpisah sebagai lapisan penyaringan sebelum proses inferensi model. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk memperluas dataset dengan variasi kondisi pencahayaan yang lebih beragam, menambah fitur ekstraksi seperti ruang warna Lab atau YCbCr, serta mengeksplorasi arsitektur deep learning seperti CNN untuk meningkatkan akurasi klasifikasi lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Sari, L. Suryani, L. Gaol, and W. Simarmata, “Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Buah Rambutan Terbaik Menerapkan Metode WASPAS,” pp. 459–465, 2018.
- [2] K. Mutu *et al.*, “khazanah informatika Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika 100.”
- [3] H. P. Hadi and E. H. Rachmawanto, “JIP (Jurnal Informatika Polinema) EKSTRAKSI FITUR WARNA DAN GLCM PADA ALGORITMA KNN UNTUK KLASIFIKASI KEMATANGAN RAMBUTAN”.
- [4] D. N. T. Setiawan and E. I. Sela, “Klasifikasi Tingkat Kematangan Buah Pepaya Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Berdasarkan Warna Kulit Buah,” *Jurnal Nasional Komputasi dan Teknologi Informasi (JNKTI)*, vol. 7, no. 5, pp. 1441–1455, 2024.
- [5] M. Ilato, L. Yahya, and S. N. Abdussamad, “Penerapan Multilayer Perceptron (MLP) untuk Klasifikasi Citra Kue Karawo Berdasarkan Fitur Tekstur GLCM dan Warna HSV di Viana Cookies,” *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, vol. 4, no. 4, pp. 5486–5494, Dec. 2025, doi: 10.31004/riggs.v4i4.4243.
- [6] A. Sebastian,) Vivian, and J. Atmadjaya, “Jurnal Ilmu Komputer dan Sistem Informasi KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN PISANG DENGAN METODE HSV, GLCM, PCA, SVM.”
- [7] M. Ilato, L. Yahya, and S. N. Abdussamad, “Penerapan Multilayer Perceptron (MLP) untuk Klasifikasi Citra Kue Karawo Berdasarkan Fitur Tekstur GLCM dan Warna HSV di Viana Cookies,” *RIGGS: Journal of Artificial Intelligence and Digital Business*, vol. 4, no. 4, pp. 5486–5494, Dec. 2025, doi: 10.31004/riggs.v4i4.4243.
- [8] B. P. Statistik, *Statistik Hortikultura 2023*. Jakarta: Badan Pusat Statistik, 2024. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/en/publication/2024/06/10/790c957ba8892f9771aeefb7/statistik-hortikultura-2023.html>
- [9] A. Kornelia Ulandari, G. Kamilah Ramdhani, M. Naufal Arwansyuri, F. Bimantoro, and T. Informatika, “Program Studi Teknik Informatika,” 2024.
- [10] A. J. Bastari and A. Cherid, “Klasifikasi Penyakit Tanaman Tomat Menggunakan Convolutional Neural Network dan Implementasi Model H5 Pada Aplikasi Desktop,” *SIMKOM*, vol. 8, no. 2, pp. 199–207, Aug. 2023, doi: 10.51717/simkom.v8i2.194.