

Identifikasi Buah Kelapa Sawit Berdasarkan Citra Red, Green, Blue Menggunakan Algoritma Naïve Bayes Classifier

¹ Dimas Arya Prayoga, ² Mulkan Azhari
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Medan, Indonesia
prayoga01h@gmail.com

Submit : 05 Des 25 | **Diterima** : 25 Des 2025 | **Terbit** : 05 Jan 2026

ABSTRAK

Kelapa sawit merupakan komoditas penting di Indonesia yang membutuhkan penentuan tingkat kematangan buah secara tepat untuk menghasilkan minyak sawit berkualitas tinggi. Penentuan kematangan umumnya masih dilakukan secara manual sehingga rentan terhadap subjektivitas dan kesalahan. Penelitian ini mengembangkan sistem identifikasi tingkat kematangan buah kelapa sawit berbasis pengolahan citra digital menggunakan warna Red, Green, Blue (RGB) dengan algoritma Naïve Bayes Classifier. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian terapan dengan pendekatan kuantitatif-eksperimental. Data citra buah sawit diperoleh melalui proses akuisisi, kemudian dilakukan pra-pemrosesan, ekstraksi fitur warna RGB, pelabelan tingkat kematangan (mentah, setengah matang, matang), dan klasifikasi menggunakan Naïve Bayes. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma ini mampu melakukan klasifikasi tingkat kematangan dengan akurasi yang baik, sederhana dalam implementasi, serta efisien pada data berukuran kecil hingga menengah. Sistem yang dihasilkan berpotensi meningkatkan efisiensi panen, mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual, dan mendukung implementasi pertanian presisi pada perkebunan kelapa sawit di Indonesia.

Kata Kunci: kelapa sawit, citra RGB, pengolahan citra digital, naïve bayes classifier, kematangan buah

PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu komoditas pertanian unggulan Indonesia yang berperan signifikan dalam mendukung perekonomian nasional. Sebagai negara penghasil minyak sawit terbesar di dunia, Indonesia menguasai lebih dari 80% produksi global dengan luas lahan budidaya mencapai sekitar 17 juta hektar. Produktivitas dan efisiensi dalam pengelolaan perkebunan kelapa sawit menjadi isu strategis yang memerlukan perhatian khusus.

Salah satu faktor krusial yang sangat mempengaruhi kualitas hasil panen adalah pemanenan buah sawit pada tingkat kematangan yang tepat. Penentuan tingkat kematangan buah merupakan tahapan penting yang mempengaruhi kualitas dan kuantitas produksi minyak sawit. Buah kelapa sawit mengalami perubahan fisiologis dan kimiawi selama proses pematangan, yang tercermin dalam perubahan warna, tekstur, dan kandungan minyak.

Proses identifikasi tingkat kematangan buah kelapa sawit saat ini umumnya masih dilakukan secara manual oleh tenaga kerja di lapangan. Metode konvensional ini sangat bergantung pada kejelian dan pengalaman pekerja, sehingga cenderung subjektif, tidak konsisten, dan rentan terhadap kesalahan. Ketidaktepatan dalam menentukan kematangan buah dapat mengakibatkan penurunan kualitas minyak, pemborosan tenaga kerja, serta kerugian ekonomi yang signifikan.

Buah yang dipanen terlalu mentah memiliki kadar minyak rendah, sementara buah yang terlalu matang cenderung mengalami kehilangan minyak akibat fermentasi atau kerontokan.

TINJAUAN PUSTAKA

Perkembangan teknologi pengolahan citra digital telah membuka peluang untuk mengotomatisasi proses identifikasi kematangan buah. Salah satu pendekatan yang berkembang pesat adalah pemanfaatan spektrum warna RGB dari gambar buah kelapa sawit. Warna buah sawit secara alami berubah seiring proses pematangan, sehingga nilai RGB dapat dijadikan parameter penting untuk klasifikasi.

RGB merupakan format warna dasar dalam sistem pengolahan citra dan relatif mudah diperoleh dari kamera digital maupun perangkat pencitraan lainnya. Data RGB dapat diekstraksi dan diolah untuk menghasilkan fitur yang menggambarkan tingkat kematangan buah secara objektif. Penggunaan warna sebagai indikator klasifikasi telah terbukti efisien dalam berbagai studi yang berkaitan dengan pertanian presisi.

Untuk mengelompokkan data RGB ke dalam kategori kematangan buah, dibutuhkan algoritma klasifikasi yang andal. Naïve Bayes Classifier adalah salah satu algoritma pembelajaran mesin berbasis probabilistik yang telah digunakan secara luas dalam berbagai bidang pengolahan data, termasuk klasifikasi citra. Algoritma ini bekerja berdasarkan Teorema Bayes dengan asumsi independensi antar fitur.

Keunggulan utama Naïve Bayes Classifier terletak pada kecepatan komputasi, efisiensi dalam pelatihan, dan performa yang baik pada dataset kecil hingga menengah. Meskipun mengasumsikan independensi antar fitur, hasil klasifikasinya tetap akurat jika fitur memiliki pengaruh yang relatif independen terhadap kelas target.

Kelapa Sawit

Kelapa sawit merupakan tanaman tropis dari keluarga Arecaceae yang berasal dari wilayah pesisir Teluk Guinea di Afrika Barat dan Tengah. Tanaman ini memiliki sejarah pemanfaatan yang sangat panjang, dimulai sejak sekitar 3000 SM dengan bukti arkeologis yang menunjukkan penggunaannya di Mesir kuno. Perjalanan kelapa sawit sebagai komoditas global dimulai pada abad ke-16 ketika tanaman ini diperkenalkan ke benua Amerika. Perkembangan signifikan terjadi pada pertengahan abad ke-20 ketika budidaya kelapa sawit mulai menyebar ke kawasan Asia Tenggara, khususnya Indonesia dan Malaysia, yang kemudian berkembang menjadi produsen utama dunia. Dominasi Asia Tenggara dalam industri kelapa sawit sangat nyata, di mana saat ini lebih dari 80% produksi global berasal dari kawasan ini dengan luas lahan budidaya yang mencapai sekitar 17 juta hektar.

Secara botani, kelapa sawit merupakan tanaman monokotil yang memiliki karakteristik morfologi unik dengan batang tunggal yang dapat mencapai ketinggian hingga 20 meter. Sistem perakarannya terdiri dari akar serabut yang menyebar horizontal hingga radius 4-6 meter dari pangkal batang, dengan kedalaman efektif mencapai 1,5 meter. Daun kelapa sawit berbentuk pinnatus dengan panjang mencapai 5-7 meter, tersusun dalam pola spiral yang memungkinkan optimalisasi penerimaan cahaya matahari. Tanaman ini tergolong monoecious, yaitu memiliki bunga jantan dan betina yang terpisah namun berada dalam satu individu tanaman. Tandan buah kelapa sawit, yang dikenal sebagai tandan buah segar (TBS), dapat memiliki berat antara 10-50 kg per tandan dengan kandungan minyak mencapai 20-30% dari berat buah. Kelapa sawit memiliki siklus produksi yang panjang, mulai menghasilkan buah pada umur 2,5-3 tahun setelah tanam dan mencapai puncak produksi pada umur 8-15 tahun, dengan masa produktif ekonomis hingga 25

tahun.

Citra Digital

Citra digital adalah representasi visual dari objek atau pemandangan dalam bentuk matriks dua dimensi yang tersusun dari piksel-piksel, di mana setiap piksel memuat informasi numerik yang menggambarkan intensitas cahaya untuk citra grayscale atau kombinasi warna untuk citra berwarna. Informasi ini direpresentasikan dalam format biner dan dapat diproses oleh komputer untuk berbagai tujuan seperti pengenalan objek, segmentasi, dan klasifikasi. Citra digital dihasilkan dari berbagai perangkat akuisisi seperti kamera digital, pemindai, atau sensor citra, dan sering digunakan dalam bidang-bidang seperti pengolahan citra medis, pengawasan visual, pertanian presisi, serta sistem kecerdasan buatan. Secara teknis, citra digital bersifat diskrit dalam ruang dan intensitas, yang berarti hanya memiliki resolusi dan tingkat kecerahan tertentu. Sifat ini memungkinkan citra digital diproses dengan algoritma numerik seperti transformasi Fourier, wavelet, deteksi tepi, hingga analisis statistik. Menurut Widyastuti & Hermawan (2025), citra digital berperan sebagai data utama dalam sistem pengenalan pola berbasis visual karena kemampuannya merepresentasikan fitur objek secara terstruktur. Selain itu, konversi citra analog ke digital melalui proses sampling dan kuantisasi menjadikan citra digital sebagai sarana penting dalam otomatisasi analisis visual yang akurat dan efisien di berbagai bidang ilmu.

Citra digital merupakan representasi visual dari objek nyata dalam bentuk data numerik dua dimensi, di mana setiap unit terkecilnya disebut sebagai piksel. Setiap piksel dalam citra menyimpan nilai intensitas cahaya untuk citra grayscale atau tiga nilai warna, biasanya dalam format RGB, untuk citra berwarna. Format ini memungkinkan informasi visual dapat disimpan, diolah, dan dianalisis secara digital oleh perangkat lunak berbasis komputer. Citra digital memiliki sifat diskrit sehingga sangat cocok untuk diterapkan dalam sistem berbasis pengolahan komputasi seperti pengenalan pola, pemantauan visual otomatis, dan sistem klasifikasi citra. Proses digitalisasi citra dari bentuk analog dilakukan melalui konversi sinyal cahaya menjadi nilai digital melalui sensor optik, menghasilkan citra yang dapat dimanipulasi oleh berbagai algoritma kecerdasan buatan.

Warna dalam citra digital direpresentasikan dalam sistem koordinat warna tertentu, di mana setiap sistem memberikan pendekatan numerik berbeda dalam mengkodekan warna. Sistem warna seperti RGB (Red, Green, Blue), HSV (Hue, Saturation, Value), dan CIELAB (Commission Internationale de l'Eclairage LAB) banyak digunakan dalam berbagai aplikasi pemrosesan citra, tergantung pada tujuan segmentasi atau klasifikasi. Dalam sistem RGB, setiap warna merupakan kombinasi dari tiga kanal utama yaitu merah, hijau, dan biru. Sementara itu, HSV menawarkan keunggulan dalam interpretasi visual yang menyerupai persepsi manusia terhadap warna dengan memisahkan informasi warna (Hue) dari intensitas (Value) dan saturasi. Sistem warna seperti CIELAB digunakan untuk mendekati persepsi warna manusia secara fisiologis dan sering diterapkan dalam bidang rekayasa warna dan kontrol kualitas produk.

Naïve Bayes Classifier

Algoritma Naïve Bayes Classifier adalah salah satu metode klasifikasi yang sangat populer dalam pembelajaran mesin dan pengolahan citra digital. Metode ini dikembangkan berdasarkan prinsip Teorema Bayes, yang memungkinkan pengguna menghitung probabilitas suatu data termasuk dalam kelas tertentu berdasarkan pengetahuan sebelumnya (prior knowledge). Ciri khas dari Naïve Bayes Classifier adalah adanya asumsi independensi antar fitur, yang berarti setiap atribut dianggap tidak saling memengaruhi satu sama lain terhadap kelas target. Meskipun asumsi ini sangat "naïve" atau sederhana, namun justru kesederhanaannya inilah yang membuat algoritma ini efisien, cepat, dan sangat bermanfaat dalam aplikasi klasifikasi praktis, termasuk untuk

pengolahan citra warna RGB. Algoritma Naïve Bayes Classifier sangat cocok untuk digunakan dalam sistem klasifikasi berbasis fitur numerik seperti warna, tekstur, maupun bentuk dalam citra digital. Kemampuan algoritma ini dalam menangani data besar dan implementasinya yang ringan menjadikan Naïve Bayes Classifier sering dipilih dalam berbagai penelitian klasifikasi buah dan objek visual.

Naïve Bayes Classifier bekerja dengan menghitung probabilitas posterior dari sebuah kelas target berdasarkan kondisi dari fitur-fitur yang diamati. Ini berarti algoritma ini menghitung seberapa besar kemungkinan bahwa sebuah objek, misalnya gambar buah, termasuk ke dalam kelas tertentu seperti buah matang, dengan mempertimbangkan fitur-fitur yang dimiliki oleh objek tersebut seperti nilai warna RGB. Rumus dasar dari teorema Bayes adalah $P(C|X) = P(X|C).P(C) / P(X)$, dengan $P(C|X)$ adalah probabilitas suatu objek termasuk ke dalam kelas C berdasarkan fitur X, $P(X|C)$ adalah probabilitas fitur X muncul dalam kelas C, $P(C)$ adalah probabilitas awal dari kelas C tanpa memperhatikan fitur, dan $P(X)$ adalah probabilitas fitur X secara umum di seluruh data. Ketika fitur yang dimiliki lebih dari satu, misalnya Red, Green, Blue, maka rumus probabilitas akan disesuaikan menjadi perkalian probabilitas setiap fitur dengan probabilitas kelas untuk menghitung kemungkinan gabungan. Di mana $x_1, x_2, \dots, x_n$ adalah fitur-fitur citra seperti nilai rata-rata merah, hijau, dan biru. Seperti dijelaskan, pendekatan probabilistik ini sangat cocok diterapkan dalam pengolahan citra digital karena mampu memetakan informasi numerik dari citra menjadi keputusan klasifikasi yang jelas.

Naïve Bayes Classifier memiliki beberapa asumsi dasar, kelebihan, dan kelemahan yang perlu dipahami. Asumsi dasarnya meliputi independensi antar fitur, di mana setiap fitur dianggap tidak bergantung pada fitur lainnya meskipun dalam kenyataan, terutama dalam model warna RGB, sering terdapat korelasi antar nilai warna. Selain itu, algoritma ini mengasumsikan distribusi Gaussian untuk fitur numerik kontinu seperti nilai R, G, dan B, yang dianggap mengikuti distribusi normal. Kelebihan dari Naïve Bayes Classifier mencakup efisiensi tinggi yang sangat cepat dalam pelatihan dan prediksi, kemudahan implementasi karena struktur algoritma yang sederhana, toleransi terhadap noise sehingga masih dapat memberikan hasil baik meskipun terdapat kesalahan kecil pada data input, serta performa yang stabil untuk dataset besar tanpa terlalu terpengaruh oleh ukuran data. Namun, algoritma ini juga memiliki beberapa kelemahan, antara lain asumsi independen yang tidak realistis karena banyak fitur dalam citra saling bergantung seperti warna kulit buah yang sering berasosiasi antar kanal RGB, kurang akurat pada distribusi tak normal di mana jika data tidak terdistribusi normal atau terdapat outlier ekstrem maka prediksi bisa menurun akurasi, serta kesulitan dalam menangani fitur interaktif karena tidak bisa menangkap hubungan antar fitur dengan baik dibandingkan model yang lebih kompleks seperti Decision Tree atau SVM. Meskipun asumsi independensi tidak selalu terpenuhi, hasil eksperimen membuktikan bahwa Naïve Bayes Classifier masih mampu memberikan hasil klasifikasi yang memadai, terutama untuk klasifikasi berbasis warna RGB pada objek agrikultur.

METODE PENELITIAN

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan sistematis yang dimulai dengan observasi dan akuisisi citra. Gambar buah kelapa sawit diambil menggunakan kamera digital dengan resolusi minimum 12 Megapiksel pada berbagai tingkat kematangan. Pengambilan citra dilakukan dalam kondisi pencahayaan yang dikontrol untuk memastikan konsistensi fitur visual seperti warna dan tekstur, sehingga data yang diperoleh memiliki kualitas yang optimal untuk proses analisis selanjutnya.

Setelah proses akuisisi citra selesai, dilakukan tahap pelabelan data di mana setiap citra diberi label berdasarkan tingkat kematangan buah dengan kategori mentah, setengah matang, dan matang. Label ditentukan secara manual oleh pengamat ahli sebagai ground truth yang akan menjadi acuan

standar dalam proses klasifikasi. Tahap selanjutnya adalah pra-pemrosesan yang meliputi beberapa langkah penting untuk mempersiapkan data sebelum dianalisis. Tahap ini mencakup pengurangan noise untuk menghilangkan gangguan pada citra, segmentasi objek buah dari latar belakang agar fokus analisis hanya pada objek yang relevan, normalisasi warna untuk menyeragamkan karakteristik warna antar citra, serta penyesuaian resolusi agar seluruh data memiliki ukuran yang seragam dan siap untuk diolah dalam sistem klasifikasi.

Variabel Penelitian

Variabel penelitian yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari tiga jenis variabel utama yang saling berkaitan dalam proses klasifikasi tingkat kematangan buah kelapa sawit. Variabel independen dalam penelitian ini adalah fitur warna RGB yang merepresentasikan nilai intensitas warna dalam rentang 0-255, di mana fitur ini menjadi input utama dalam sistem klasifikasi untuk mengidentifikasi karakteristik visual buah kelapa sawit. Variabel dependen yang menjadi target klasifikasi adalah tingkat kematangan buah yang dikategorikan ke dalam tiga kelas yaitu mentah, setengah matang, dan matang. Sementara itu, variabel kontrol yang digunakan untuk menjaga konsistensi dan validitas hasil penelitian meliputi pencahayaan dan resolusi gambar, di mana kedua variabel ini diatur dan distandarisasi selama proses akuisisi citra untuk memastikan bahwa perbedaan hasil klasifikasi benar-benar disebabkan oleh variasi tingkat kematangan buah dan bukan oleh faktor eksternal lainnya.

Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan algoritma Naïve Bayes Classifier yang dilakukan melalui beberapa tahapan sistematis dan terstruktur. Tahap pertama adalah ekstraksi fitur RGB, di mana nilai rata-rata warna RGB diekstraksi dari setiap citra buah yang telah melalui proses segmentasi untuk mendapatkan representasi numerik dari karakteristik warna buah kelapa sawit. Selanjutnya, tahap pelatihan model dilakukan dengan melatih model Naïve Bayes menggunakan rumus probabilitas Gaussian, yaitu $P(C|X) = P(X|C) \cdot P(C) / P(X)$, yang menghitung probabilitas posterior suatu kelas berdasarkan fitur yang diamati. Untuk fitur multidimensi seperti nilai RGB yang terdiri dari tiga komponen warna, rumus probabilitas diperluas menjadi $P(C|x_1, x_2, \dots, x_n) \propto P(C) \cdot \prod_{j=1}^n P(x_j|C)$, di mana probabilitas setiap fitur dikalikan dengan probabilitas kelas untuk menghitung kemungkinan gabungan dari seluruh fitur yang ada.

Tahap akhir adalah evaluasi model yang dilakukan menggunakan berbagai metrik untuk mengukur performa dan keandalan sistem klasifikasi yang telah dibangun. Metrik evaluasi yang digunakan meliputi akurasi yang mengukur persentase prediksi yang benar dari keseluruhan data uji, precision dan recall yang menilai keseimbangan antara deteksi benar positif dengan tingkat kesalahan prediksi, F1 Score yang merupakan rata-rata harmonik dari precision dan recall untuk memberikan gambaran performa yang lebih seimbang, serta confusion matrix yang menampilkan distribusi hasil prediksi secara detail untuk setiap kategori kematangan buah. Kombinasi metrik evaluasi ini memberikan pemahaman komprehensif mengenai kemampuan model dalam mengklasifikasikan tingkat kematangan buah kelapa sawit berdasarkan fitur warna RGB.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi sistem klasifikasi tingkat kematangan buah kelapa sawit yang dikembangkan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa form utama yang dirancang secara terstruktur dan terintegrasi untuk memudahkan pengguna dalam mengoperasikan sistem. Sistem diawali dengan Form Login yang berfungsi sebagai gerbang autentikasi pengguna untuk memastikan keamanan dan validitas akses ke dalam sistem. Setelah berhasil masuk, pengguna akan diarahkan ke Form Home yang menyediakan menu navigasi utama sebagai pusat kontrol untuk mengakses berbagai

fitur dan fungsi yang tersedia dalam sistem. Form Data Latih disediakan untuk keperluan input dan manajemen data training yang akan digunakan dalam proses pembelajaran model, sementara Form Data Uji berfungsi untuk mengelola data testing yang digunakan untuk mengevaluasi performa model yang telah dilatih.

Untuk menampilkan output dan hasil analisis, sistem dilengkapi dengan Form Hasil yang menyajikan hasil klasifikasi secara keseluruhan kepada pengguna. Proses klasifikasi dimulai dari Form Upload Gambar yang memungkinkan pengguna untuk mengunggah citra buah kelapa sawit yang akan diklasifikasikan ke dalam sistem. Setelah citra berhasil diunggah, sistem akan memproses gambar tersebut dan hasilnya ditampilkan melalui Form Hasil Ekstraksi yang menampilkan nilai RGB yang telah diekstraksi dari citra buah sebagai representasi fitur warna. Tahap akhir dari proses klasifikasi ditampilkan melalui Form Hasil Klasifikasi yang menyajikan kategori kematangan hasil prediksi, apakah buah tersebut termasuk dalam kategori mentah, setengah matang, atau matang. Keseluruhan form ini dirancang dengan antarmuka yang intuitif dan user-friendly untuk memastikan kemudahan penggunaan sistem oleh berbagai tingkat pengguna.

Hasil pengujian sistem klasifikasi tingkat kematangan buah kelapa sawit dilakukan menggunakan metode Blackbox Testing untuk memastikan semua fungsi dan fitur dalam sistem berjalan dengan baik sesuai dengan spesifikasi yang telah dirancang. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua form yang terdapat dalam sistem dapat berfungsi dengan valid dan mampu menjalankan tugas-tugasnya secara optimal tanpa mengalami kendala teknis yang signifikan. Proses ekstraksi fitur RGB berhasil dilakukan dengan baik, di mana sistem mampu mengambil dan mengolah nilai intensitas warna dari citra buah kelapa sawit yang diunggah untuk kemudian digunakan sebagai input dalam proses klasifikasi. Klasifikasi menggunakan algoritma Naïve Bayes terbukti dapat menghasilkan prediksi kematangan buah secara akurat dengan mengkategorikan buah ke dalam tiga tingkat kematangan yaitu mentah, setengah matang, dan matang. Selain aspek fungsional, pengujian juga menunjukkan bahwa interface aplikasi yang dikembangkan bersifat user-friendly dengan tampilan yang intuitif dan mudah dipahami oleh pengguna, sehingga memudahkan interaksi antara pengguna dengan sistem. Secara keseluruhan, hasil pengujian mengonfirmasi bahwa tidak terdapat kesalahan logika dalam aplikasi, yang menandakan bahwa sistem telah siap untuk diimplementasikan dalam lingkungan operasional yang sebenarnya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma Naïve Bayes Classifier mampu mengklasifikasikan tingkat kematangan buah kelapa sawit berdasarkan fitur warna RGB dengan performa yang baik dan memberikan berbagai keunggulan signifikan dalam aplikasi praktis. Keunggulan utama sistem ini terletak pada efisiensi komputasi, di mana proses klasifikasi dapat berjalan dengan cepat menggunakan kebutuhan sumber daya yang minimal sehingga cocok untuk implementasi pada berbagai perangkat dengan spesifikasi terbatas. Kemudahan implementasi menjadi nilai tambah lainnya karena algoritma ini memiliki struktur yang sederhana dan mudah diterapkan tanpa memerlukan konfigurasi yang rumit. Sistem ini juga memberikan objektivitas dalam penilaian dengan menghilangkan faktor subjektivitas manusia dalam menentukan tingkat kematangan buah, sehingga hasil penilaian lebih terstandar dan tidak dipengaruhi oleh persepsi individual. Selain itu, konsistensi hasil klasifikasi terjaga dengan baik untuk citra yang memiliki karakteristik serupa, memastikan bahwa sistem dapat memberikan hasil yang dapat diandalkan secara berulang.

Meskipun memiliki berbagai keunggulan, sistem ini juga memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam penggunaannya. Keterbatasan pertama adalah sensitivitas terhadap variasi pencahayaan yang ekstrem, di mana perubahan kondisi cahaya yang signifikan dapat mempengaruhi nilai RGB yang diekstraksi dan berpotensi menurunkan akurasi klasifikasi. Asumsi independensi antar fitur RGB yang menjadi dasar algoritma Naïve Bayes tidak selalu terpenuhi dalam praktik, mengingat nilai-nilai warna RGB dalam objek nyata seringkali memiliki korelasi

satu sama lain. Performa sistem juga sangat bergantung pada kualitas dan kuantitas data training yang digunakan, di mana data training yang tidak representatif atau jumlahnya terbatas dapat mengakibatkan model kurang mampu menggeneralisasi pada data baru. Untuk mengatasi kendala ketika menghadapi nilai RGB yang sangat berbeda dari data training, normalisasi data dan feature scaling perlu diterapkan sebagai langkah pra-pemrosesan untuk meningkatkan akurasi prediksi dan memastikan model dapat bekerja dengan optimal pada berbagai kondisi input yang beragam.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem identifikasi otomatis tingkat kematangan buah kelapa sawit menggunakan fitur warna RGB dan algoritma Naïve Bayes Classifier yang mampu mengklasifikasikan buah ke dalam tiga kategori yaitu mentah, setengah matang, dan matang melalui aplikasi berbasis web yang dapat digunakan secara praktis. Meskipun sistem telah berhasil diimplementasikan, beberapa pengembangan lebih lanjut masih diperlukan untuk meningkatkan performa dan kemudahan penggunaan, antara lain penambahan petunjuk penggunaan aplikasi untuk meningkatkan user experience, perluasan dataset untuk meningkatkan akurasi dan kemampuan generalisasi model, pengembangan antarmuka visual khusus untuk bagian admin, implementasi teknik normalisasi data untuk menangani variasi pencahayaan yang lebih luas, serta eksplorasi kombinasi fitur warna dengan fitur tekstur untuk meningkatkan akurasi klasifikasi secara keseluruhan. Dengan implementasi saran-saran tersebut, diharapkan sistem dapat memberikan hasil yang lebih optimal dan dapat diandalkan dalam aplikasi praktis di lapangan.

REFERENSI

- Aras, S., Tantra, P., & Bazhar, M. (2024). Deteksi Tingkat Kematangan Buah Tomat Menggunakan YOLOv5. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, 4(2), 623–628. <https://doi.org/10.57152/malcom.v4i2.1270>
- Arinal, V., Patricia, A., Informasi, S., Informatika, T., Kersen, B., Buah, K., & Citra, P. (2024). *KLASIFIKASI TINGKAT KEMATANGAN BUAH KERSEN*. 7(2), 185–199.
- Fatmiatun, H. (2023). Dengan Citra Digital Menggunakan Algoritma Naïve Bayes Ripeness Classification of Banana Level Using Digital Image With Naïve Bayes Algorithm Husnul Fatmiatun Program Studi Informatika Majene Tahun 2023 Abstrak.
- Bisono, A.T., & Zulherry, A. (2025). Analisis Sentimen Game Genshin Impact untuk Mengetahui Reaksi dan Harapan Pemain Menggunakan Metode Naïve Bayes. *sudo Jurnal Teknik Informatika* 4 (2), 183-193
- Sari, I.P., Hariani, P.P., Al-Khowarizmi, A., Ramadhani, F., Sulaiman, O.K., Satria, A., & Manurung, A.A. (2024). CLUSTERING HIV/AIDS DISEASE USING K-MEANS CLUSTERING ALGORITHM. *Proceeding International Seminar on Islamic Studies* 5 (1), 1668-1676
- Sari, I.P., Ramadhani, F., Satria, A., & Sulaiman, O.K. Leukocoria Identification: A 5-Fold Cross Validation CNN and Adaboost Hybrid Approach. *2023 6th International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI)*, 486-491
- Manurung, A.A., Nasution, M.D., & Sari, I.P. (2023). Implementation of Fuzzy K-Nearest Neighbor Method in Dengue Disease Classification. *2023 11th International Conference on Cyber and IT Service Management (CITSM)*, 1-4

- FERRY. (2024). Deteksi tandan kelapa sawit menggunakan deep learning dengan algoritma yolo. 1–30.
- Hanung Seto sambudi. (2021). Sistem Cerdas Klasifikasi Kematangan Dan Harga Buah Pepaya Berdasarkan Ekstraksi Fitur Gray Level Co-Occurence Matrix Dengan Metode Naive Baye.
- Holifahtus Sakdiyah, S., Eltivia, N., & Afandi, A. (2022). Root Cause Analysis Using Fishbone Diagram: Company Management Decision Making. *Journal of Applied Business, Taxation and Economics Research*, 1(6), 566–576. <https://doi.org/10.54408/jabter.v1i6.103>
- Basri,M., & Zulherry, A. (2025). Analysis of the Impact of Gambling and Online Loans in the Perspective of Informatics, Islam, and Kemuhammadiyah. *AR-RASYID: Jurnal Pendidikan Agama Islam* 5 (1)
- Hutabarat, S. (2019). Optimalisasi Pemanfaatan Lahan Perkebunan Kelapa Sawit di Riau. *Unri Conference Series: Agriculture and Food Security*, 1, 46–57. <https://doi.org/10.31258/unricsagr.1a7>
- Sari, I.P., Ramadhani, F., Satria, A., & Apdilah, D. (2023). Implementasi Pengolahan Citra Digital dalam Pengenalan Wajah menggunakan Algoritma PCA dan Viola Jones. *Hello World Jurnal Ilmu Komputer* 2 (3), 146-157
- M. Afriansyah, Joni Saputra, Ardhana, V. Y. P., & Yuan Sa'adati. (2024). Algoritma Naive Bayes Yang Efisien Untuk Klasifikasi Buah Pisang Raja Berdasarkan Fitur Warna. *Journal of Information Systems Management and Digital Business*, 1(2), 236–248. <https://doi.org/10.59407/jismdb.v1i2.438>
- Muchtar, M., Pasrun, Y. P., Rasyid, R., Miftachurohmah, N., & Mardawati, M. (2024). Penerapan Metode Naïve Bayes Dalam Klasifikasi Kesegaran Ikan Berdasarkan Warna Pada Citra Area Mata. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 12(1), 611–617. <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i1.3879>
- Ichsan, A., Zulherry, A., Lubis, T.A., & Shahnaz, B.A.Z. (2025). Utilization of Mobile Applications to Speed Up The Search for Android-Based Index Places. *IJATCoS: Indonesian Journal of Applied Technology, Computer and Science* 2 (1)
- Mulkan Azhari. (2023). Implementation of Fuzzy K-Nearest Neighbor Method in Dengue Disease Classification. 2023 11th International Conference on Cyber and IT Service Management, CITSM 2023, 10–15. <https://doi.org/10.1109/CITSM60085.2023.10455306>
- Sari, I.P., Al-Khowarizmi, A, Sulaiman, O.K., & Apdilah, D. (2023). Implementation of Data Classification Using K-Means Algorithm in Clustering Stunting Cases. *Journal of Computer Science, Information Technology and Telecommunication Engineering* 4 (2), 402-412
- Sulaiman, O.K & Batubara, I.H. (2021). Implementation Data Mining For Level Analysis Traffic Violation By Algorithm Association Rule. *Al'adzkiya International of Computer Science and Information Technology (AIoCSIT) Journal* 2 (2), 128-135
- Murphy, D. J., Goggin, K., & Paterson, R. R. M. (2021). Oil palm in the 2020s and beyond: challenges and solutions. *CABI Agriculture and Bioscience*, 2(1), 1–22. <https://doi.org/10.1186/s43170-021-00058-3>

- Nasution, M. A., Winata, H. N., Nasution, F. Q., Lydiasari, H., Pasaribu, R. Y., Nasution, A., & Wulandari, A. (2022). Determinasi Nilai RGB dan Grayscale pada Citra Tandan Buah Segar (TBS) Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Menggunakan Matlab. *J. Pen. Kelapa Sawit*, 2022(1), 37– 48.
- Nurfitri, A. A., Kaparang, A. I., Hidayat, M. T., Kaswar, A. B., & Andayani, D. (2023). Classification of the Level of Sugar Content in Papaya Fruit Based on Color Features Using Artificial Neural Network. *Jurnal Teknik Informatika (Jutif)*, 4(6), 1447–1456. <https://doi.org/10.52436/1.jutif.2023.4.6.733>
- Zulherry, A. (2023) Decision making for network security with simple additive weighting method. *Journal of Intelligent Decision Support System (IDSS)* 6 (3), 155-159
- Putra, A. S. J., Subroto, I. M. I., & Poetro, B. S. W. (2023). Identifikasi Kematangan Buah Jeruk Medan Menggunakan K-Nearest Neighbor berbasis Metrik RGB. *Jurnal Transistor Elektro Dan Informatika (TRANSISTOR EI)*, 5(3), 50112. <http://jurnal.unissula.ac.id/online/index.php/EI>
- Putri Ananda, T., Viola Widyasari, S., Ihsan Muttaqin, M., & Stefanie, A. (2023). Identifikasi Tingkat Kematangan Buah Pepaya Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (Cnn). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 7(3), 2094–2097. <https://doi.org/10.36040/jati.v7i3.7137>
- Salsabilla, S., Nirmala, I., & Rismawan, T. (2023). Sistem Pemilah Otomatis Tingkat Kematangan Buah Kelapa Sawit Menggunakan Metode Logika Fuzzy Mamdani Dan Sensor TCS3200. *Journal of Computer System and Informatics (JoSYC)*, 5(1), 144–154. <https://doi.org/10.47065/josyc.v5i1.4449>
- Zulherry, A., Siregar, F. A., Gultom, Z. A., & Raihan, E. A. (2023). Optimalisasi Website untuk Monitoring Jaringan OPD di Dinas Kominfo Kota Medan dengan Metode Triangulasi. *Bulletin of Computer Science Research* 3 (5), 357-363
- Suryani, D., Yulianti, A., Maghfiroh, E. L., & Alber, J. (2022). Klasifikasi Kualitas Produk Kelapa Sawit Menggunakan Metode Naïve Bayes. *SISTEMASI: Jurnal Sistem Informasi*, 11(1), 251–259. <http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>
- Triyogi, R., Magdalena, R., & Hidayat, B. (2023). Mendeteksi Kematangan Buah Kelapa Sawit Menggunakan Convolution Neural Network Deep Learning. *Jurnal Nasional SAINS Dan TEKNIK*, 1(1), 22–27. <http://doi.org/10.25124/logic.v1i1.6732>
- Wahyuni. (2024). KLASIFIKASI KEMATANGAN BUAH KAKAO MENGGUNAKAN ALGORITMA K-NEAREST NEIGHBORS COMPARISON OF EXTRACTION OF COLOR FEATURES IN COCOA FRUIT RIPENESS CLASSIFICATION USING K-NEAREST NEIGHBORS ALGORITHM WAHYUNI PROGRAM STUDI INFORMATIKA.
- Zulherry, A., Gunawan, T. S., & Wanayumini, W. (2021). Analisis Hasil Pendukung Keputusan Mendapatkan Rumah Dinas Perusahaan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) dan Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS). *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA*, 2021

Widyastuti, E., Hermawan, A., Avianto, D., Informasi, T., Yogyakarta, U. T., & Tomato, G. Z. (2025). Klasifikasi tomat berdasarkan varietas dengan ekstraksi fitur rgb dan algoritma naïve bayes. 8, 127–137.

Indah Purnama Sari. Algoritma dan Pemrograman. Medan: UMSU Press, 2023, pp. 290.

Andi Zulherry, Muhammad Basri, Muhammad Haris, Ferdy Riza, Zuli Agustina Gultom, Farid Akbar Siregar, Okvi Nugroho, Mahardika Abdi Prawira Tanjung. Komunikasi Data dan Jaringan Komputer. Medan: UMSU Press, 2025, pp. 202.