

Comparison of K-NN and Naive Bayes Algorithms for Identification of Star Fruit Ripeness Using RGB-Based Digital Images

Perbandingan Algoritma K-NN dan Naive Bayes untuk Identifikasi Kematangan Buah Belimbing Melalui Citra Digital Berbasis RGB

Iif Alfiatul Mukaromah^{1*}, Yusuf Heriyanto²

^{1,2}UIN Prof. K.H. Saifuddin Zuhri Purwokerto
Email: ¹iifam1604@gmail.com, ²yusuf@uinsaizu.ac.id

Abstract

Automatically identifying fruit ripeness is an important aspect in the sorting and distribution of agricultural products, including star fruit, which has economic value. This study aims to analyze and compare the performance of two classification algorithms, namely K-Nearest Neighbor (K-NN) and Naive Bayes, in identifying the ripeness level of star fruit based on digital images. The process begins with capturing images of star fruit in three ripeness categories: unripe, semi-ripe, and ripe. Next, color feature extraction is performed using the average value of the Red, Green, and Blue (RGB) components of the image. These features are then used as input for each classification algorithm. Evaluation is carried out based on accuracy, precision, and recall metrics to assess the performance of each model. The results show that both algorithms are able to classify the ripeness level quite well, but the K-NN algorithm shows superior performance compared to Naive Bayes in the context of the dataset used.

Keywords: K-NN, Naive Bayes, Digital Image Processing, RGB, Star Fruit.

Abstrak

Identifikasi tingkat kematangan buah secara otomatis menjadi aspek penting dalam proses sortir dan distribusi hasil pertanian, termasuk pada buah belimbing yang memiliki nilai ekonomi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kinerja dua algoritma klasifikasi, yaitu K-Nearest Neighbor (K-NN) dan Naive Bayes, dalam mengidentifikasi tingkat kematangan buah belimbing berdasarkan citra digital. Proses dimulai dengan pengambilan gambar buah belimbing pada tiga kategori kematangan: mentah, setengah matang, dan matang. Selanjutnya dilakukan ekstraksi fitur warna menggunakan nilai rata-rata komponen Red, Green, dan Blue (RGB) dari citra. Fitur-fitur tersebut kemudian digunakan sebagai input untuk masing-masing algoritma klasifikasi. Evaluasi dilakukan berdasarkan metrik akurasi, presisi, dan recall untuk menilai performa masing-masing model. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua algoritma mampu mengklasifikasikan tingkat kematangan dengan cukup baik, namun algoritma K-NN menunjukkan performa yang lebih unggul dibandingkan Naive Bayes dalam konteks dataset yang digunakan.

Kata kunci: K-NN, Naive Bayes, Pengolahan Citra Digital, RGB, Buah Belimbing.

1. PENDAHULUAN

Di era modern, otomatisasi proses identifikasi kualitas dan tingkat kematangan buah menjadi kebutuhan penting dalam mendukung efisiensi pascapanen dan distribusi produk pertanian. Secara tradisional, petani dan pekerja agribisnis masih mengandalkan metode visual manual—menilai warna kulit buah secara subjektif—yang rentan terhadap kesalahan dan inkonsistensi. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa fitur warna seperti dan nilai rata-rata komponen RGB dari citra digital dapat digunakan sebagai indikator yang efektif untuk menentukan kematangan buah[1]. Yustika & Saputra (2017) berhasil mengklasifikasikan buah belimbing dengan Naive Bayes berbasis nilai RGB, mencapai akurasi sekitar 80%[2].

Penelitian-penelitian terdahulu mengklasifikasikan kematangan tomat menggunakan Naive Bayes dan histogram fitur berhasil mencapai akurasi tinggi pada dataset tertentu[3]. Demikian pula, implementasi K-NN pada buah belimbing dan pisang berbasis fitur RGB atau HSV menunjukkan performa klasifikasi yang menjanjikan sebagai metode non-balik dan mudah diimplementasikan[4].

Penelitian ini secara khusus melakukan perbandingan langsung antara algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN) dan Naive Bayes dalam mengidentifikasi tingkat kematangan buah belimbing menggunakan dataset yang sama. Pendekatan ini memberikan hasil yang lebih objektif dan konkret mengenai algoritma mana yang lebih cocok untuk klasifikasi citra buah dalam konteks tersebut. Studi-studi terdahulu umumnya hanya menggunakan satu algoritma tertentu, seperti Naive Bayes, tanpa menyandingkannya secara langsung dengan metode lain seperti K-NN dalam aplikasi khusus pada buah belimbing, sehingga belum memberikan gambaran menyeluruh mengenai kelebihan dan kekurangan masing-masing metode.

Penelitian ini menggunakan fitur yang sangat sederhana, yaitu nilai rata-rata RGB dari citra digital sebagai input untuk klasifikasi. Tidak seperti beberapa penelitian lain yang memanfaatkan fitur warna kompleks seperti histogram warna, transformasi ke ruang warna HSV, atau ekstraksi tekstur, pendekatan ini jauh lebih ringan secara komputasi. Kesederhanaan ini memungkinkan sistem untuk diterapkan dalam perangkat sederhana atau skala kecil, seperti di lingkungan petani, pengepakan buah, atau distribusi lokal. Meskipun fitur yang digunakan sederhana, hasil klasifikasi tetap menunjukkan tingkat akurasi yang kompetitif, sehingga menjadi solusi praktis dan efisien di lapangan.

Penelitian ini adalah pada buah belimbing, yang relatif jarang dijadikan bahan studi klasifikasi tingkat kematangan jika dibandingkan dengan buah-buahan lain seperti mangga, jeruk, alpukat, atau tomat. Padahal, buah belimbing memiliki karakteristik warna yang juga berubah secara bertahap seiring dengan proses pematangan. Sebagian besar literatur yang ada lebih banyak menyoroti buah-buahan yang lebih populer di pasar global, sehingga penelitian terhadap belimbing masih terbatas. Dengan mengangkat buah ini sebagai objek utama, penelitian ini turut memperkaya khazanah penelitian klasifikasi buah tropis dan memberikan kontribusi nyata dalam pemanfaatan teknologi pengolahan citra di sektor pertanian lokal.

Dalam konteks teknologi, K-NN merupakan algoritma berbasis jarak yang sederhana dan tidak membutuhkan asumsi distribusi data, sementara Naive Bayes bekerja berdasarkan probabilitas klasifikasi yang mengasumsikan fitur saling independen (assumption probabilistik)[1]. Dengan membandingkan kedua algoritma ini terhadap fitur RGB rata-rata, penelitian ini bertujuan memberikan wawasan mengenai trade-off antara kesederhanaan, akurasi, dan kemudahan implementasi sistem klasifikasi otomatis berbasis citra.

Dengan mengintegrasikan nilai RGB rata-rata sebagai fitur utama dan melakukan perbandingan sistematis antara K-NN dan Naive Bayes pada dataset citra buah belimbing terbagi atas tiga kategori kematangan (mentah, setengah matang, matang), penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan sistem pengecekan kualitas buah belimbing secara cepat, objektif, dan murah. Hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi petani, usaha pengepakan, dan distributor buah dalam menerapkan proses sortir otomatis berbasis visi komputer.

2. LANDASAN TEORI

a. Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital (digital image processing) merupakan teknik untuk melakukan manipulasi citra melalui perangkat komputer guna meningkatkan kualitas visual atau mengekstrak informasi tertentu dari gambar tersebut. Dalam konteks penelitian ini, pengolahan citra dilakukan untuk mendeteksi fitur warna dari buah belimbing berdasarkan gambar digital. Proses pengolahan umumnya melibatkan tahapan seperti akuisisi citra, pra-pemrosesan (misalnya cropping, resize, normalisasi), ekstraksi fitur, dan klasifikasi. Menurut Gonzalez dan Woods (2008), pengolahan citra digital memungkinkan analisis kuantitatif terhadap citra melalui representasi piksel numerik, yang sangat berguna dalam bidang pertanian presisi dan sistem klasifikasi otomatis[5][6].

b. Estraksi Fitur (RGB)

Citra digital berwarna direpresentasikan oleh tiga kanal utama: Red (R), Green (G), dan Blue (B). Setiap piksel dalam citra memiliki nilai intensitas untuk ketiga kanal tersebut, dengan rentang nilai 0–255. Nilai rata-rata intensitas dari ketiga kanal ini—yang dihitung dari keseluruhan piksel—dapat menjadi fitur warna yang efektif untuk mendeteksi perubahan warna seiring kematangan buah, misalnya dari hijau ke kuning pada buah belimbing[6]. Dalam penelitian ini, fitur warna diekstraksi dengan menghitung rata-rata nilai RGB dari seluruh piksel pada citra buah. Teknik ini tergolong sederhana, namun cukup efektif untuk merepresentasikan informasi warna yang berkaitan dengan tingkat kematangan buah. Warna kulit buah belimbing cenderung berubah dari hijau ke kuning cerah seiring dengan proses pematangan, dan hal ini dapat diwakili oleh perubahan nilai RGB secara signifikan[7][8]. Menurut Shapiro & Stockman (2001), pemanfaatan nilai rata-rata RGB dapat digunakan untuk klasifikasi objek berbasis warna secara efisien dalam aplikasi real-time[9]. Rumus perhitungan rata-rata setiap kanal warna RGB adalah sebagai berikut:

$$R = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N R_i \quad G = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N G_i \quad B = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N B_i$$

Keterangan:

- R, G, B adalah rata-rata nilai piksel untuk masing-masing kanal Red, Green, dan Blue.
- N adalah jumlah total piksel pada citra.
- Ri, Gi, Bi adalah nilai kanal warna untuk piksel ke-i.

Nilai rata-rata ini dapat digunakan sebagai fitur untuk proses klasifikasi karena merepresentasikan warna keseluruhan dari objek

c. Algoritma Klasifikasi K-NN

K-Nearest Neighbor (KNN) bekerja berdasarkan konsep jarak. Data uji akan diklasifikasikan berdasarkan kedekatannya terhadap data latih yang sudah diketahui kelasnya. Jarak paling umum yang digunakan adalah jarak Euclidean, yang rumusnya adalah[10]:

$$d(x, y) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_n - y_n)^2}$$

Untuk kasus dengan fitur RGB (3 dimensi), rumus Euclidean distance antara dua vektor warna (R1,G1,B1) dan (R2,G2,B2) menjadi:

$$d = \sqrt{(R_1 - R_2)^2 + (G_1 - G_2)^2 + (B_1 - B_2)^2}$$

Data uji akan diklasifikasikan ke dalam kelas yang paling sering muncul di antara k tetangga terdekatnya. Seperti dinyatakan oleh Cover dan Hart (1967), KNN efektif untuk dataset yang jumlahnya tidak terlalu besar dan memiliki fitur dengan jarak yang bermakna seperti pada fitur warna RGB.

d. Algoritma Klasifikasi Naïve Bayes

Naive Bayes merupakan algoritma klasifikasi probabilistik yang mengadopsi teorema Bayes dengan asumsi independensi antar fitur. Meskipun asumsi tersebut jarang terpenuhi di dunia nyata, Naive Bayes tetap mampu berkompetisi dengan algoritma yang lebih kompleks karena sifatnya yang sederhana dan efisien dalam penelitian ini[11], algoritma ini dimanfaatkan untuk memprediksi tingkat kematangan buah belimbing berdasarkan distribusi fitur warna RGB. Formulasi matematisnya dinyatakan sebagai :

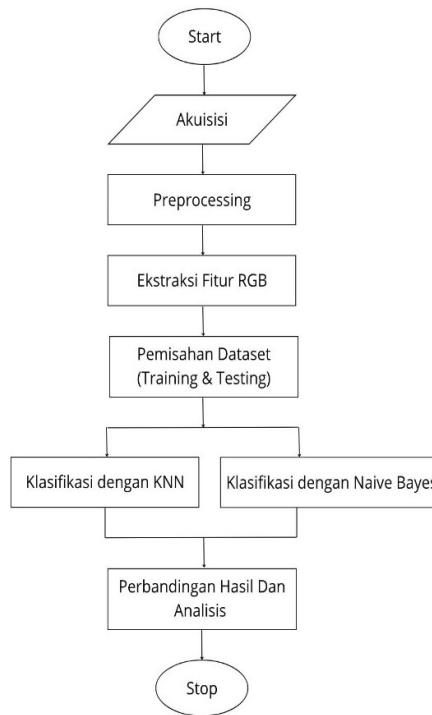
$$P(kelas|Fitur) = \frac{P(Fitur|Kelas).P(Kelas)}{(Fitur)}$$

di mana:

- $P(Kelas)$ adalah probabilitas prior tiap kelas (mentah, setengah matang, matang)
- $P(Fitur|Kelas)$ diestimasi

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen komparatif. Tujuan utama dari penelitian ini adalah membandingkan performa dua algoritma klasifikasi, yaitu K-Nearest Neighbor (K-NN) dan Naive Bayes, dalam mengidentifikasi tingkat kematangan buah belimbing berdasarkan fitur warna citra digital. Proses klasifikasi dilakukan dengan memanfaatkan rata-rata nilai RGB (Red, Green, Blue) yang diekstrak dari setiap citra buah..



Gambar 1 Alur Sistem

a. Akuisisi

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa gambar buah belimbing dengan tiga kategori kematangan: mentah, setengah matang, dan matang. Gambar dikumpulkan secara langsung menggunakan kamera digital dengan pencahayaan yang dikontrol secara konsisten. Setiap gambar memiliki resolusi dan jarak pengambilan yang seragam untuk mengurangi variasi pencahayaan dan sudut pandang yang dapat memengaruhi hasil ekstraksi fitur

b. Preprocessing

Pra-pemrosesan dilakukan untuk memastikan kualitas citra dan konsistensi data. Tahapan yang dilakukan meliputi:

- Pengubahan ukuran citra menjadi dimensi seragam (misal: 256x256 piksel)
- Konversi ke format RGB standar jika diperlukan
- Pemotongan (cropping) area latar belakang untuk fokus pada bagian buah
- Normalisasi intensitas warna untuk mengurangi pengaruh pencahayaan eksternal

c. Ekstraksi

Setelah proses pra-pemrosesan, dilakukan ekstraksi fitur warna dengan menghitung rata-rata nilai RGB dari seluruh piksel pada citra buah. Nilai ini kemudian dijadikan vektor fitur yang akan digunakan sebagai input untuk proses klasifikasi

Ekstraksi fitur warna dilakukan dengan menghitung nilai rata-rata (mean), standar deviasi (standard deviation), dan variansi untuk setiap kanal warna RGB. Formula yang digunakan:

Rata-rata RGB:

$$R_mean = (1/N) \times \Sigma(R_i)$$

$$G_mean = (1/N) \times \Sigma(G_i)$$

$$B_mean = (1/N) \times \Sigma(B_i)$$

Standar Deviasi RGB:

$$R_std = \sqrt{[(1/N) \times \Sigma(R_i - R_mean)^2]}$$

$$G_std = \sqrt{[(1/N) \times \Sigma(G_i - G_mean)^2]}$$

$$B_std = \sqrt{[(1/N) \times \Sigma(B_i - B_mean)^2]}$$

Dimana N adalah jumlah total piksel dalam ROI, dan R_i , G_i , B_i adalah nilai intensitas piksel ke-i untuk masing-masing kanal warna. Total fitur yang diekstraksi adalah 9 fitur: 3 rata-rata RGB, 3 standar deviasi RGB, dan 3 variansi RGB.

d. Dataset

Dataset yang digunakan terdiri dari citra digital buah belimbing yang dikategorikan ke dalam tiga kelas tingkat kematangan:

- Kelas 1 (Mentah): Buah belimbing berwarna hijau dengan permukaan yang keras
- Kelas 2 (Setengah Matang): Buah belimbing berwarna hijau kekuningan
- Kelas 3 (Matang): Buah belimbing berwarna kuning penuh dengan tekstur yang lebih lunak

Dengan jumlah total sampai 86 sampel data training dengan resolusi yang telah diseragamkan untuk memastikan konsistensi dalam proses pengolahan

e. Klasifikasi

Model klasifikasi dilakukan menggunakan dua algoritma:

- K-Nearest Neighbor (K-NN): Algoritma ini mengklasifikasikan sampel berdasarkan mayoritas kelas dari k tetangga terdekat dalam ruang fitur. Nilai k yang digunakan divariasikan untuk mencari performa optimal (misalnya: k = 3, 5, dan 7).
- Naive Bayes: Menggunakan pendekatan probabilistik berdasarkan distribusi data dari masing-masing kelas. Algoritma ini mengasumsikan independensi antar fitur.

f. Perbandingan dan Analisis

Hasil dari kedua model dikompilasi dan dibandingkan. Analisis dilakukan untuk menentukan algoritma mana yang memiliki performa terbaik dalam mengklasifikasikan tingkat kematangan buah belimbing berdasarkan fitur warna RGB. Pertimbangan juga diberikan pada efisiensi waktu komputasi dan kemudahan implementasi algoritma.


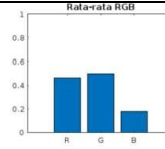

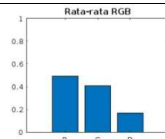

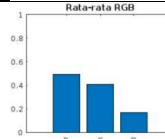

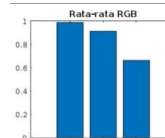

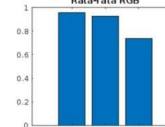

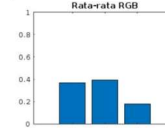

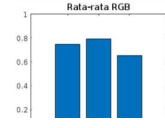
4. HASI DAN PEMBAHASAN

Program klasifikasi kematangan buah belimbing berhasil dibuat menggunakan MATLAB GUI dengan metode Naive Bayes dan K-Nearest Neighbor (KNN). Sistem ini bekerja dengan mengekstraksi nilai rata-rata RGB dari citra digital buah, lalu mengklasifikasikannya ke dalam tiga tingkat kematangan: mentah, setengah matang, dan matang. Berdasarkan hasil pengujian, sistem menampilkan nilai RGB

gambar yaitu Red = 0.4702, Green = 0.5741, dan Blue = 0.1616. Nilai ini divisualisasikan dalam grafik batang RGB, yang membantu pengguna memahami komposisi warna buah secara visualDocument Letters.

Dalam pengujian gambar uji, sistem menghasilkan prediksi "Setengah Matang" dari kedua algoritma (Naive Bayes dan KNN) dan dinyatakan benar, karena sesuai label sebenarnya. Selain klasifikasi individu, pengguna juga dapat menghitung akurasi global. Pada percobaan ini, akurasi untuk kedua algoritma tercatat menunjukkan performa klasifikasi yang baik. Antarmuka GUI mendukung interaksi yang mudah dengan tombol seperti "Pilih Gambar", "Proses", "Uji Gambar Ini", serta fitur penyimpanan hasil ke Excel dan gambar GUI. Secara keseluruhan, sistem ini terbukti efektif, praktis, dan mampu memberikan hasil klasifikasi yang akurat serta informatif berdasarkan fitur warna buah.

Tabel 1 Hasil Klasifikasi
Kematangan Buah Blimbing Menggunakan KNN dan Naïve Bayes

No	Hasil Klasifikasi RGB			
	Sampel	RGB	KNN	Naïve Bayes
1			91,86 (Setengah Matang)	91,86 (Setengah Matang)
2			96,51 (Setengah Matang)	91,86 (Setengah Matang)
3			94,19 (Setengah Matang)	91,86 (Setengah Matang)
4			93,33 (Matang)	91,11 (Matang)
5			93,33 (Matang)	93,33 (Matang)
6			95,56 (Mentah)	93,33 (Mentah)
7			95,56 (Mentah)	88,89 (Mentah)

Berdasarkan Tabel I, terlihat bahwa algoritma KNN memiliki akurasi lebih tinggi (96,56%) dibandingkan dengan Naive Bayes (93.33%) dalam mengklasifikasikan kematangan buah belimbing.

Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan berbasis jarak yang digunakan oleh KNN lebih sesuai dalam mengelompokkan data berdasarkan kesamaan warna citra buah. Kelebihan KNN terletak pada kemampuannya dalam menangkap variasi spasial antar fitur RGB yang cenderung saling bergantung, sementara Naive Bayes mengasumsikan independensi antar fitur, yang dalam konteks citra warna seringkali tidak terpenuhi. Sehingga, performa Naive Bayes cenderung lebih rendah dalam kasus ini.

Hasil ini sejalan dengan penelitian oleh Kusuma et al. (2019) yang menyatakan bahwa algoritma KNN memberikan hasil lebih akurat klasifikasi kematangan buah berdasarkan fitur warna sederhana[3]. Selain itu, KNN menunjukkan performa lebih stabil ketika digunakan pada citra buah jeruk dan tomat. Algoritma ini *instance-based learning* yang bekerja dengan cara menghitung jarak (biasanya Euclidean) antara data baru dan data latih, lalu menentukan kelas berdasarkan mayoritas label dari k tetangga terdekat dan Tidak melakukan asumsi distribusi data atau independensi antar fitur.

Sementara itu, meskipun akurasi Naive Bayes lebih rendah, algoritma ini tetap relevan karena memiliki keunggulan dalam kecepatan proses klasifikasi dan efisiensi memori. Ini sejalan dengan temuan oleh Rish (2001) yang menyatakan bahwa Naive Bayes tetap kompetitif dalam berbagai tugas klasifikasi meski asumsi independensi sering tidak terpenuhi[11]. Karena algoritma berbasis probabilitas yang menghitung kemungkinan suatu data masuk ke kelas tertentu berdasarkan distribusi nilai fitur dan asumsi *independensi* antar fitur. Dalam konteks RGB, Naive Bayes mengasumsikan bahwa nilai komponen R, G, dan B tidak saling bergantung, padahal dalam kenyataannya ketiganya seringkali berkorelasi. Metode ini memudahkan proses ekstraksi fitur tanpa memerlukan analisis histogram atau transformasi warna kompleks. Hal ini penting terutama untuk aplikasi di bidang pertanian digital yang mengedepankan kemudahan implementasi di lapangan, misalnya melalui kamera ponsel atau alat sortir buah otomatis dengan spesifikasi terbatas.

Tabel 2 Perbandingan KNN dan Naie Bayes

No	Perbandingan K-NN dan Naïve Bayes		
	Aspek	K-NN	Naïve Bayes
1	Prinsip Kerja	Berdasarkan kedekatan jarak (misalnya Euclidean) ke data latih terdekat.	Menghitung probabilitas berdasarkan distribusi data dan asumsi independensi fitur.
2	Asumsi Data	Tidak memerlukan asumsi distribusi atau independensi fitur.	Mengasumsikan bahwa fitur (R, G, B) bersifat independen.
3	Sensitivitas terhadap Pola Warna	Tinggi, dapat menangkap gradasi warna dan pola kompleks.	Rendah, karena hanya mengandalkan distribusi probabilitas.
4	Akurasi dalam Data RGB	Cenderung lebih tinggi karena bekerja langsung pada data asli.	Cenderung lebih rendah jika distribusi data tidak sesuai.
5	Ketahanan terhadap Variasi Pencahayaan	Lebih adaptif terhadap variasi warna dan cahaya.	Rentan terhadap noise dan perubahan warna.

Tabel 2 diatas menunjukkan perbedaan utama antara algoritma K-Nearest Neighbors (K-NN) dan Naive Bayes dalam penerapan klasifikasi tingkat kematangan buah belimbing berdasarkan citra digital berbasis komponen warna RGB. Dalam kasus ini, pemilihan algoritma sangat mempengaruhi tingkat akurasi dan ketahanan terhadap variasi data.

K-NN bekerja dengan membandingkan kedekatan nilai RGB dari buah yang diuji terhadap data latih yang telah diklasifikasikan sebelumnya. Karena tidak membutuhkan asumsi tentang distribusi data atau hubungan antar fitur, K-NN mampu menangkap pola warna dan gradasi kompleks pada kulit buah

belimbing yang sering kali menjadi indikator utama kematangan. Hal ini membuat K-NN lebih akurat, terutama dalam kondisi nyata di lapangan yang sering mengalami variasi pencahayaan atau perbedaan kondisi visual.

Sebaliknya, Naive Bayes mengandalkan pendekatan probabilistik dengan asumsi bahwa fitur RGB (R, G, dan B) bersifat independen satu sama lain. Meskipun algoritma ini cenderung lebih cepat dan efisien secara komputasi, terutama pada dataset berskala besar, kinerjanya menurun bila asumsi independensi fitur tidak terpenuhi—seperti pada citra buah belimbing, di mana nilai RGB sering kali saling berkorelasi. Selain itu, jika distribusi warna tidak mengikuti pola yang diharapkan (misalnya distribusi normal), akurasi Naive Bayes dapat menurun secara signifikan.

Dengan demikian, dalam konteks klasifikasi kematangan buah belimbing, K-NN lebih unggul karena kemampuannya dalam menangani pola visual yang kompleks dan tidak bergantung pada asumsi statistik tertentu, meskipun memiliki kelemahan dalam hal kecepatan saat proses prediksi.

Secara keseluruhan, hasil eksperimen menunjukkan bahwa kombinasi antara fitur RGB sederhana dan algoritma KNN dapat menjadi solusi klasifikasi kematangan buah yang akurat, cepat, dan layak diterapkan dalam sistem pertanian cerdas.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil membandingkan performa dua algoritma klasifikasi, yaitu K-Nearest Neighbor (K-NN) dan Naive Bayes, dalam mengidentifikasi tingkat kematangan buah belimbing menggunakan citra digital berbasis fitur warna RGB. Dengan pendekatan sederhana berupa ekstraksi rata-rata nilai RGB pada masing-masing citra buah, sistem mampu mengklasifikasikan buah ke dalam kategori matang atau belum matang secara efisien.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa algoritma K-NN memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan Naive Bayes dalam konteks dataset yang digunakan. Hal ini menunjukkan bahwa K-NN lebih sensitif terhadap kedekatan spasial fitur warna, sementara Naive Bayes cenderung kurang efektif karena asumsi independensi antar fitur warna yang dalam praktiknya tidak selalu terpenuhi.

6. REFERENSI

- [1] A. J. Saputra and W. Andriyani, "Fruit Image Classification Using Naïve Bayes Algorithm with Histogram of Oriented Gradients (HOG) Feature Extraction," vol. 5, no. 1, pp. 215–227, 2025, doi: 10.30811/jaise.v5i1.6536.
- [2] F. Y. Manik *et al.*, "Klasifikasi Belimbing Menggunakan Naïve Bayes Berdasarkan Fitur Warna RGB," vol. 11, no. 1, 2017.
- [3] A. Kusuma, D. R. Ignatius, and M. Setiadi, "Tomato Maturity Classification using Naive Bayes Algorithm and Histogram Feature Extraction," no. August 2018, 2019, doi: 10.33633/jais.v3i1.1988.
- [4] L. H. Aulia, F. Azhari, and M. D. Bimantara, "Implementation of HSV Imagery with K-Nearest Neighbor for Classification of Maturity Levels in Tomatoes," vol. 1, no. 2, 2023.
- [5] D. I. Processing, "BAB 1 : Konsep Pengolahan Citra Digital".
- [6] S. Jurnal *et al.*, "Analisis Sistem Aplikasi Pengolahan Citra Pada Pertanian Cerdas Untuk Pemantauan Tanaman," vol. 2, no. 3, pp. 221–228, 2024.
- [7] A. Mueez, "A Cost-Effective Framework to Predict the Ripeness of any Fruit Based on Color Space," no. June, 2020, doi: 10.1109/TENSYMP50017.2020.9231002.
- [8] H. Galal, S. Elsayed, O. Elsherbiny, A. Allam, and M. Farouk, "Using RGB Imaging , Optimized Three-Band Spectral Indices , and a Decision Tree Model to Assess Orange Fruit Quality," 2022.
- [9] S. R. Dubey and A. S. Jalal, "Application of Image Processing in Fruit and Vegetable Analysis : A Review," vol. 24, no. 4, pp. 405–424, 2015, doi: 10.1515/jisys-2014-0079.
- [10] P. S. Statistika, U. I. Bandung, P. S. Statistika, and U. I. Bandung, "Perbandingan Ukuran Jarak Pada Algoritma K-Nearest Neighbor Dalam Analisis Sentimen Alfiari Firdaus 1 , Dwi Agustin Nuriani Sirodj 2* 1," vol. 4, no. 2, pp. 166–177, 2022.
- [11] I. Rish, "An Empirical Study of the Naïve Bayes Classifier An empirical study of the naive Bayes

classifier,” no. January 2001, 2014.