

MENINGKATKAN EFISIENSI PEMROSESAN CITRA UNTUK KLASIFIKASI KUALITAS BIJI JAGUNG BERBASIS TEKSTUR

Dicky Chandra, Shelia Sembiring²

^{1,2}Sistem Informasi, Universitas Potensi Utama

Email: ¹Dickychan3@gmail.com, ²shelias95@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: Dickychan3@gmail.com

ABSTRAK

Pertanian jagung seringkali ditemui biji jagung yang rusak, kusam, kotor, atau patah akibat proses pengeringan dan pemipilan. Biji jagung yang ukurannya lebih kecil dari yang seharusnya juga dapat memperburuk kualitasnya. Penilaian kualitas biji jagung umumnya dilakukan secara manual melalui pengamatan visual. Namun, metode manual ini memakan waktu lama dan menghasilkan produk dengan kualitas yang tidak konsisten karena adanya keterbatasan visual, kelelahan, dan perbedaan persepsi antar pengamat. Dalam penelitian ini, dirancang sebuah sistem klasifikasi untuk menilai kualitas biji jagung dengan menggunakan analisis tekstur berbasis pengolahan citra digital, sehingga menghasilkan evaluasi yang objektif dan tepat. Data citra yang digunakan adalah sampel biji jagung yang diambil dengan menggunakan kamera digital. Algoritma yang digunakan untuk ekstraksi ciri dan klasifikasi kualitas biji jagung adalah K-Nearest Neighbour (K-NN). Berdasarkan simulasi secara keseluruhan, disimpulkan bahwa sistem ini mampu mengklasifikasikan biji jagung menjadi tiga tingkat kualitas, yaitu kualitas satu, kualitas dua, dan kualitas tiga. Hasil akurasi tertinggi tercapai saat $k=3$, yaitu sebesar 91,85%.

Kata Kunci: Jagung, Klasifikasi, Citra, Algoritma K-Nearest Neighbour, KNN

ABSTRACT

Corn farms often encounter corn kernels that are damaged, dull, dirty, or broken due to the drying and shelling process. Corn kernels that are smaller than they should be can also worsen their quality. Corn grain quality assessment is generally carried out manually through visual observation. However, this manual method takes a long time and produces products with inconsistent quality due to visual limitations, fatigue, and differences in perception between observers. In this research, a classification system was designed to assess the quality of corn kernels using texture analysis based on digital image processing, resulting in an objective and precise evaluation. The image data used is a sample of corn seeds taken using a digital camera. The algorithm used for feature extraction and corn grain quality classification is K-Nearest Neighbor (K-NN). Based on the overall simulation, it is concluded that this system is able to classify corn seeds into three quality levels, namely quality one, quality two, and quality three. The highest accuracy results were achieved when $k=3$, namely 91.85%.

Keywords: Corn, Classification, Image, K-Nearest Neighbor Algorithm, KNN

1. PENDAHULUAN

Penggunaan citra digital dalam pertanian telah menunjukkan kemajuan yang signifikan, memungkinkan para petani dan ilmuwan untuk memantau dan meningkatkan kualitas hasil panen dengan lebih efisien. Dengan teknologi ini, kita dapat mengidentifikasi berbagai aspek penting seperti mutu, cemaran, dan tingkat kematangan tanaman, yang semuanya memiliki dampak langsung terhadap nilai jual produk pertanian.

Khususnya, jagung, sebagai salah satu komoditas pangan utama di Indonesia, mendapat manfaat besar dari teknologi ini. Jagung tidak hanya penting sebagai sumber kalori bagi manusia tetapi juga sebagai pakan ternak. Namun, proses pemipilan jagung sering kali menyebabkan kerusakan pada biji, yang berdampak negatif pada kualitasnya. Metode evaluasi manual yang ada saat ini tidak cukup efektif karena membutuhkan waktu yang lama dan sering kali menghasilkan penilaian kualitas yang subjektif dan tidak konsisten.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi citra digital yang dapat mengatasi masalah tersebut dengan menyediakan penilaian yang cepat dan objektif terhadap kualitas biji jagung. Sistem ini dirancang untuk menganalisis tekstur biji jagung menggunakan pola citra digital yang diambil dengan kamera digital. Prosesnya meliputi tahapan preprocessing untuk mempersiapkan data, ekstraksi ciri untuk mengidentifikasi atribut penting dari tekstur, dan klasifikasi menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN) untuk menentukan kualitas biji jagung.

Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam penilaian kualitas biji jagung, yang pada akhirnya akan berkontribusi pada peningkatan produktivitas dan keberlanjutan sektor pertanian di Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ilmiah, penting bagi peneliti untuk mengadopsi pendekatan yang sistematis dan metodis untuk memastikan bahwa hasil penelitian dapat diandalkan dan valid. Metode ilmiah memberikan kerangka kerja yang kuat untuk menyelidiki fenomena, menguji hipotesis, dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti empiris. Dalam konteks penelitian ini, metode ilmiah diterapkan untuk mengembangkan sistem klasifikasi biji jagung yang efektif menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN).

Proses penelitian dimulai dengan konseptualisasi, di mana peneliti mendefinisikan masalah dan merumuskan hipotesis berdasarkan tinjauan literatur yang ada. Langkah selanjutnya adalah pengumpulan data, di mana sampel biji jagung akan dikumpulkan dan diambil citranya menggunakan kamera digital. Data ini kemudian akan diproses melalui tahap preprocessing untuk memastikan bahwa citra siap untuk analisis lebih lanjut.

Setelah preprocessing, dilakukan ekstraksi ciri, di mana karakteristik tekstur biji jagung diekstraksi menggunakan metode statistik orde pertama dan orde kedua. Ciri-ciri ini akan menjadi dasar untuk klasifikasi, di mana algoritma K-NN diterapkan untuk mengidentifikasi dan membedakan kualitas biji jagung berdasarkan tekstur mereka.

Alur kerja penelitian ini dirancang untuk memastikan bahwa setiap langkah dilakukan dengan teliti dan sistematis, mengarah pada hasil yang dapat diulang dan akurat. Dengan

menggunakan metode ilmiah dan teknologi pengolahan citra digital, penelitian ini berupaya untuk memberikan solusi yang inovatif untuk penilaian kualitas biji jagung, yang tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga membantu dalam memastikan konsistensi dan objektivitas dalam klasifikasi produk pertanian.



Gambar 1. Alur Kerja Penelitian

Berdasarkan gambar di atas dapat dijelaskan bahwa ada beberapa tahapan yang digunakan dalam pembuatan program aplikasi ini yaitu sebagai berikut:

Tahapan persiapan dalam penelitian ini merupakan fondasi penting yang menentukan arah dan efektivitas seluruh proses penelitian. Berikut adalah pengembangan dari setiap poin yang Anda sebutkan:

1. Persiapan

- Menentukan Latar Belakang Masalah:** Langkah ini melibatkan identifikasi dan pemahaman mendalam tentang masalah yang ada di lapangan, yang dalam hal ini adalah ladang jagung. Peneliti akan melakukan survei langsung ke lokasi untuk mengumpulkan data awal dan memahami konteks spesifik dari masalah yang dihadapi.
- Merumuskan Masalah:** Setelah mengidentifikasi masalah, peneliti akan merumuskan masalah secara spesifik dan jelas, yang akan menjadi fokus dari penelitian. Ini termasuk menentukan pertanyaan penelitian yang akan dijawab.
- Memberikan Batasan Masalah:** Langkah ini penting untuk memfokuskan penelitian pada aspek-aspek tertentu yang dapat dikelola dan relevan. Batasan ini mencakup jenis data yang akan dikumpulkan, variabel yang akan dianalisis, sistem yang akan dikembangkan, dan hasil yang diharapkan, yaitu sistem klasifikasi kualitas biji jagung.
- Menentukan Tujuan:** Tujuan penelitian harus jelas dan terukur, memberikan gambaran tentang hasil yang ingin dicapai melalui penelitian ini, seperti pengembangan sistem klasifikasi yang akurat dan efisien.

- e. Manfaat Penelitian: Manfaat yang dihasilkan dari penelitian ini harus diidentifikasi, baik dalam konteks akademis maupun aplikatif, seperti peningkatan kualitas biji jagung yang diklasifikasikan dan efisiensi proses klasifikasi.
2. Kajian Teori: Pada tahap ini, peneliti akan melakukan tinjauan literatur untuk membangun kerangka teoretis penelitian. Kajian ini akan mencakup:
 - a. Pengolahan Citra Digital: Memahami prinsip dan teknik yang digunakan dalam pengolahan citra digital, serta bagaimana teknologi ini dapat diterapkan dalam konteks pertanian.
 - b. Metode K-Nearest Neighbor (K-NN): Meninjau algoritma K-NN sebagai metode klasifikasi, termasuk kelebihan dan keterbatasannya, serta cara penerapannya dalam klasifikasi tekstur biji jagung.
 - c. Biji Jagung: Memahami karakteristik biji jagung yang relevan dengan kualitas dan bagaimana citra digital dapat digunakan untuk menilai karakteristik tersebut.
3. Pengumpulan Data:
 - a. Wawancara (Interview): Peneliti akan berinteraksi langsung dengan pemilik ladang jagung untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang kondisi di lapangan dan masalah yang dihadapi dalam kualitas biji jagung.
 - b. Observasi (Observation): Melalui observasi langsung, peneliti akan memotret biji jagung yang baik dan yang rusak menggunakan kamera handphone, yang akan menjadi data visual untuk analisis lebih lanjut.
 - c. Analisa Data: Data citra biji jagung yang dikumpulkan akan dianalisis menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor. Analisis ini akan membantu dalam mengidentifikasi karakteristik tekstur yang menentukan kualitas biji jagung.
4. Pengujian dan Implementasi:
 - a. Persiapan Data: Data yang diperlukan untuk analisis akan disiapkan, termasuk data input, data latih, dan data bobot yang diperoleh dari ekstraksi ciri citra biji jagung, serta data target yang akan digunakan untuk memudahkan proses klasifikasi.
 - b. Penentuan Parameter K: Parameter K akan ditentukan untuk proses pelatihan dan pengujian data menggunakan software Matlab, yang akan memfasilitasi klasifikasi kualitas biji jagung.
 - c. Klasifikasi Hasil: Hasil dari proses kerja sistem akan diklasifikasikan menggunakan metode K-Nearest Neighbor untuk menentukan kualitas biji jagung.
5. Tahap Akhir: Tahap ini adalah tentang menarik kesimpulan dari penelitian dan memberikan rekomendasi untuk penelitian masa depan. Kesimpulan akan diambil berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada tahap-tahap sebelumnya, dan saran akan diberikan untuk meningkatkan proses klasifikasi biji jagung di masa depan.

Proses klasifikasi kualitas biji jagung merupakan langkah penting dalam menentukan standar kualitas produk pertanian. Proses ini dibagi menjadi dua skenario utama:

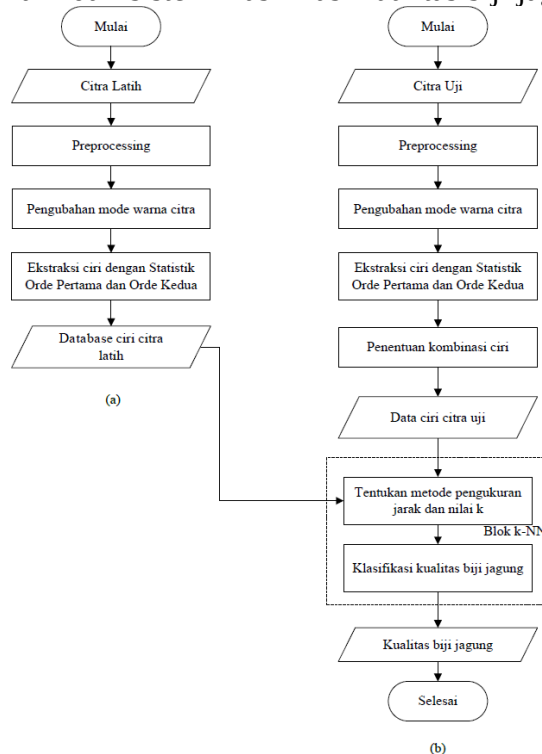
1. Pembuatan Database: Tahap ini melibatkan pengumpulan dan penyimpanan citra biji jagung yang akan digunakan sebagai data latih dan data uji. Citra-citra ini diambil

dari biji jagung nyata dan kemudian diproses untuk menghasilkan data yang siap digunakan dalam sistem klasifikasi.

2. Pengujian Sistem Klasifikasi**: Setelah database terbentuk, sistem klasifikasi diuji menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN). Dalam pengujian ini, citra latih dan citra uji yang telah diekstraksi fitur-fiturnya akan dibandingkan untuk menemukan jarak terdekat antara keduanya. Jarak terdekat ini menunjukkan tingkat kemiripan antara citra uji dengan citra latih, yang selanjutnya digunakan untuk menentukan kualitas biji jagung.

Hasil dari proses klasifikasi ini adalah penentuan kualitas biji jagung, yang dikategorikan berdasarkan karakteristik citra yang telah diekstraksi dan dibandingkan. Keluaran sistem ini memberikan informasi yang berguna bagi petani dan distributor dalam menilai kualitas produk mereka.

Berikut adalah diagram alir dari sistem klasifikasi kualitas biji jagung:



Gambar 2. (a) Diagram Alir Pembuatan Database (b) Diagram Alir Pengujian

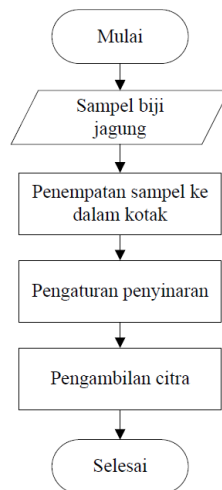
Database dalam sistem klasifikasi kualitas biji jagung ini berperan sebagai repositori sentral yang menyimpan ciri-ciri khusus dari setiap kategori kualitas biji jagung. File dengan format *.mat digunakan untuk menyimpan data ini karena format tersebut efisien untuk menyimpan array besar yang sering digunakan dalam pemrosesan citra dan analisis data. Ciri-ciri ini mencakup berbagai aspek visual dari biji jagung, seperti tekstur, warna, dan bentuk, yang telah diekstraksi dari citra latih.

Selanjutnya, database ini digunakan sebagai dasar perbandingan dalam proses klasifikasi. Ciri-ciri dari citra uji—yang juga telah diekstraksi—dibandingkan dengan ciri-ciri dalam database untuk menentukan kemiripan. Algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN) digunakan dalam proses ini, di mana jarak antara ciri-ciri citra uji dan citra latih dihitung. Jarak yang paling dekat menunjukkan tingkat kemiripan yang tinggi, yang kemudian digunakan untuk mengklasifikasikan kualitas biji jagung.

Pengujian sistem klasifikasi ini dilakukan dengan menggunakan berbagai parameter uji. Fase pengujian ini mencakup evaluasi pengaruh dari kombinasi ciri yang diekstraksi menggunakan statistik orde pertama dan orde kedua, jumlah tetangga terdekat (k) dalam K-NN, serta metode pengukuran jarak yang digunakan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan konfigurasi yang memberikan akurasi klasifikasi tertinggi.

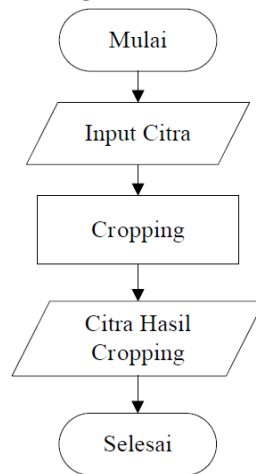
Proses pengambilan sampel citra biji jagung dilakukan dengan sangat hati-hati untuk memastikan bahwa citra yang dihasilkan dapat mewakili kualitas biji jagung dengan baik. Penggunaan kamera digital beresolusi 12 megapiksel memungkinkan pengambilan citra yang detail dan tajam. Sekitar 500 gram sampel biji jagung untuk setiap kualitas diambil sebagai sampel. Langkah-langkah akuisisi citra meliputi penempatan sampel biji jagung di atas wadah, yang kemudian diletakkan di dalam kotak khusus. Kamera diposisikan tegak lurus terhadap objek dengan ketinggian 15 cm, dan pencahayaan diatur dengan menggunakan dua lampu LED yang ditempatkan di kedua sisi objek untuk memastikan pencahayaan yang merata dan konsisten selama pengambilan citra.

Dengan proses yang terstruktur ini, sistem klasifikasi kualitas biji jagung dapat beroperasi dengan efektif, memberikan hasil yang dapat diandalkan bagi pengguna sistem dalam menilai kualitas biji jagung.



Gambar 3. Diagram Alir Pengambilan Sampel Citra Biji Jagung

Preprocessing adalah tahapan yang dilakukan sebelum melakukan ekstraksi ciri. Tahapan yang dilakukan dalam preprocessing adalah sebagai berikut :



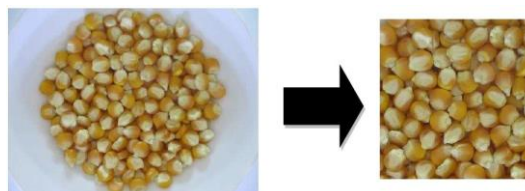
Gambar 4. Diagram Alir Preprocessing

Proses cropping merupakan langkah krusial dalam persiapan citra untuk analisis lebih lanjut. Tujuan utama dari cropping adalah untuk mengeliminasi segala elemen yang tidak diperlukan dalam citra, sehingga fokus analisis hanya pada objek yang relevan. Dalam konteks ini, cropping dilakukan untuk mendapatkan citra biji jagung dengan dimensi yang konsisten, yaitu 2000 x 2000 piksel. Ukuran seragam ini penting untuk memastikan bahwa setiap citra yang dianalisis memiliki skala yang sama dan dapat dibandingkan secara adil.

Setelah proses cropping, citra yang telah disesuaikan ukurannya kemudian akan diproses lebih lanjut melalui ekstraksi ciri. Sebelum ekstraksi ciri, citra diubah ke berbagai mode warna— grayscale, merah (red), hijau (green), dan biru (blue). Langkah ini dilakukan untuk mengevaluasi mode warna mana yang paling efektif dalam menggambarkan ciri-ciri penting dari biji jagung, yang akan berkontribusi pada akurasi sistem klasifikasi.

Pemilihan mode warna yang tepat sangat penting karena berbeda-beda mode warna dapat menyoroti aspek-aspek berbeda dari citra. Misalnya, mode grayscale sering digunakan untuk menekankan tekstur dan bentuk, sedangkan mode warna RGB (red, green, blue) dapat lebih baik dalam menangkap perbedaan warna yang halus. Oleh karena itu, eksperimen ini akan membantu menentukan mode warna yang memberikan informasi paling relevan untuk klasifikasi kualitas biji jagung.

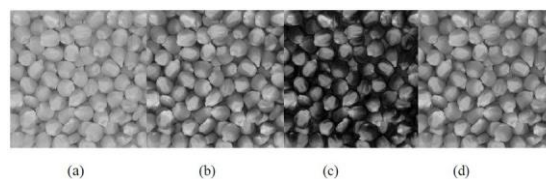
Dengan memilih mode warna yang paling sesuai, sistem klasifikasi dapat lebih akurat dalam mengidentifikasi dan membedakan kualitas biji jagung berdasarkan ciri-ciri visual yang diekstraksi dari citra. Ini akan menghasilkan sistem yang lebih handal dan efisien dalam menilai kualitas produk pertanian.



Gambar 4. Citra Sebelum dan Sesudah Cropping

Citra awal yang diterima oleh sistem adalah citra RGB (Red, Green, Blue) dengan resolusi tinggi berukuran 3000 x 4000 piksel. Format JPEG dipilih karena kompatibilitasnya yang luas dan efisiensi dalam ukuran file, meskipun mungkin ada sedikit kehilangan kualitas karena kompresi. Tahap pertama dalam proses klasifikasi adalah cropping, di mana citra dipotong untuk menghilangkan bagian-bagian yang tidak diperlukan dan memfokuskan analisis pada area yang relevan. Hasil dari cropping adalah citra dengan ukuran yang lebih seragam, yaitu 2000 x 2000 piksel, yang memudahkan proses pemrosesan selanjutnya.

Setelah cropping, citra kemudian diubah ke empat mode warna yang berbeda: merah (red), hijau (green), biru (blue), dan grayscale. Langkah ini dilakukan untuk mengevaluasi mode warna mana yang paling efektif dalam menyoroti ciri-ciri penting dari biji jagung yang akan digunakan dalam klasifikasi. Mode warna grayscale sering digunakan untuk menekankan tekstur dan detail tanpa gangguan warna, sementara mode warna RGB dapat membantu dalam mengidentifikasi ciri-ciri berdasarkan perbedaan warna yang lebih spesifik.



Gambar 5. (a) Citra Red (b) Citra Green
(c) Citra Blue (d) Citra Grayscale

Ekstraksi ciri merupakan proses penting dalam sistem klasifikasi citra biji jagung, yang bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengekstrak informasi tekstural yang relevan dari citra. Proses ini melibatkan dua jenis citra: citra latih dan citra uji. Untuk database ciri latih, sebanyak 45 citra biji jagung dipilih dan diekstrak fitur-fiturnya. Ini bertujuan untuk membangun model referensi yang kuat dalam sistem. Sementara itu, untuk pengujian sistem, 135 citra biji jagung diekstrak untuk mengevaluasi kinerja model klasifikasi.

Setelah proses pengubahan warna, yang bertujuan untuk meningkatkan kontras dan memisahkan informasi penting dari latar belakang, citra tersebut kemudian diekstrak menggunakan metode ekstraksi ciri statistik orde pertama dan orde kedua. Ciri orde pertama mencakup lima parameter penting:

Ciri-ciri ini kemudian disimpan dalam database dan akan digunakan sebagai dasar perbandingan dengan ciri-ciri yang diekstrak dari citra uji. Pada tahap klasifikasi, algoritma akan membandingkan ciri-ciri ini untuk menentukan kualitas biji jagung berdasarkan kemiripan tekstural dengan citra referensi. Dengan demikian, sistem dapat mengklasifikasikan biji jagung dengan akurasi yang tinggi, berdasarkan analisis tekstur yang komprehensif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini akan membahas secara mendalam tentang pengaruh ekstraksi ciri menggunakan metode statistik orde pertama dan orde kedua terhadap akurasi sistem klasifikasi biji jagung. Analisis ini penting untuk memahami bagaimana setiap parameter ciri berkontribusi terhadap keberhasilan sistem dalam mengklasifikasikan citra dengan tepat.

3.1 Analisis Ekstraksi Ciri dengan Statistik Orde Pertama dan Orde Kedua

Berikut ini adalah pengembangan dari spesifikasi simulasi yang akan digunakan dalam tabel-tabel hasil percobaan:

1. Citra Latih dan Uji: Sistem akan menggunakan total 45 citra latih, yang terbagi menjadi tiga kualitas biji jagung dengan masing-masing 15 citra. Untuk citra uji, sistem akan menguji 135 citra, yang juga terbagi menjadi tiga kualitas biji jagung dengan masing-masing 45 citra.
2. Mode Warna Citra: Setiap citra yang diproses oleh sistem akan diubah ke empat mode warna berbeda, yaitu merah (red), hijau (green), biru (blue), dan skala abu-abu (grayscale). Hal ini dilakukan untuk menentukan mode warna mana yang paling efektif dalam klasifikasi kualitas biji jagung.
3. Ciri Statistik Orde Pertama: Ciri-ciri yang akan diekstraksi dari citra termasuk mean (rata-rata intensitas), variance (variansi intensitas), skewness (kemiringan distribusi intensitas), kurtosis (kecuraman distribusi intensitas), dan entropy (ukuran keragaman informasi).
4. Ciri Statistik Orde Kedua: Ciri-ciri orde kedua yang akan diekstraksi mencakup angular second moment (ukuran homogenitas citra), contrast (ukuran kontras piksel), correlation (ukuran korelasi antar piksel), variance (variansi lokal), inverse different moment (ukuran kehomogenan tekstur), dan entropy (ukuran keragaman tekstur).
5. Kombinasi Ciri untuk Akurasi Tinggi: Ciri-ciri yang menunjukkan akurasi lebih dari 55% akan dikombinasikan untuk mencari konfigurasi yang memberikan akurasi klasifikasi tertinggi.
6. Parameter K-Nearest Neighbor: Dalam ekstraksi ciri, sistem akan menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor dengan parameter $(k = 1)$ dan menggunakan Euclidean Distance sebagai metode pengukuran jarak default.
7. Detail Hasil Simulasi: Untuk informasi lebih lanjut mengenai hasil akurasi dari setiap simulasi, data tersebut akan disajikan secara rinci dalam lampiran A.

Tabel 1. Hasil Akurasi dari Ekstraksi Ciri Citra Red

Citra Red		Jumlah Data Benar			Total Benar	Akurasi
		Kualitas 1	Kualitas 2	Kualitas 3		
Ciri Statistik Orde Satu	Mean	12	13	24	49	36,29
	Variance	42	23	17	81	60,74
	Skewness	32	23	31	86	63,70
	Kurtosis	28	14	37	79	58,52
	Entropy	42	20	20	82	60,74
Ciri Statistik Orde Dua	Angular Second Moment	44	21	35	100	74,07
	Contrast	13	24	22	59	43,70
	Correlation	10	18	23	51	37,78
	Variance	14	18	23	55	40,74
	Inverse Different Moment	13	37	6	56	41,48
	Entropy	44	22	29	95	70,37

Dari Tabel 1, dapat disimpulkan bahwa terdapat enam ciri yang secara signifikan meningkatkan akurasi citra red biji jagung, dengan persentase lebih dari 55%. Keenam ciri tersebut meliputi variance orde satu (variance1), skewness, kurtosis, entropy orde satu (entropy1), angular second moment, dan entropy orde dua (entropy2). Penemuan ini menggambarkan adanya variasi elemen yang kaya dalam histogram citra red biji jagung, tingkat kemencengan yang signifikan pada kurva histogram, keruncingan yang tinggi pada kurva histogram, pola citra yang teratur, homogenitas citra yang tinggi, dan transisi derajat keabuan yang merata. Berdasarkan ciri-ciri yang terpilih, dilakukan analisis terhadap lima kombinasi ciri yang berbeda, mulai dari kombinasi dua ciri hingga kombinasi enam ciri.

Tabel 2. Hasil Akurasi dari Ekstraksi Ciri Citra Green

Citra Red		Jumlah Data Benar			Total Benar	Akurasi
		Kualitas 1	Kualitas 2	Kualitas 3		
Ciri Statistik Orde	Mean	16	11	9	36	26,67
	Variance	35	19	23	77	57,04
	Skewness	21	28	27	76	56,29
	Kurtosis	22	21	13	56	41,48
	Entropy	39	16	20	75	55,56
	Angular Second Moment	43	11	19	73	54,07
	Contrast	45	14	19	78	57,78
	Correlation	12	18	21	51	37,78
	Variance	15	17	22	54	40,00
	Inverse Different Moment	12	40	5	57	42,22
	Entropy	44	13	18	75	55,56

Dari Tabel 2, diperoleh informasi bahwa terdapat 5 ciri yang secara signifikan meningkatkan akurasi, mencapai lebih dari 55% pada citra green biji jagung. Kelima ciri tersebut adalah variance orde satu (variance1), skewness, entropy orde satu (entropy1), contrast, dan entropy orde dua (entropy2). Hasil ini menandakan bahwa citra green biji jagung menunjukkan variasi elemen yang signifikan dalam histogramnya, tingkat kemencengan kurva histogram yang tinggi, bentuk citra yang teratur, penyebaran elemen matriks citra yang jauh dari diagonal utama, dan transisi derajat keabuan yang merata. Dari ciri-ciri tersebut, dilakukan 4 kombinasi berbeda, yakni kombinasi dua ciri, kombinasi tiga ciri, kombinasi empat ciri, dan kombinasi kelima ciri, untuk mengoptimalkan analisis citra green biji jagung.

Tabel 3. Hasil Akurasi dari Ekstraksi Ciri Citra Blue

Citra Red		Jumlah Data Benar			Total Benar	Akurasi
		Kualitas 1	Kualitas 2	Kualitas 3		
Ciri Statistik Orde Satu	Mean	33	19	36	88	65,19
	Variance	31	26	13	70	51,85
	Skewness	8	25	15	48	35,56
	Kurtosis	28	25	16	69	51,11
	Entropy	33	21	17	71	52,59
Ciri Statistik Orde Dua	Angular Second Moment	34	12	24	70	51,85
	Contrast	44	16	16	76	56,29
	Correlation	38	21	10	69	51,11
	Variance	36	28	9	73	54,07
	Inverse Different Moment	12	37	3	52	38,52
	Entropy	44	20	14	78	57,78

Dari Tabel 3 dapat dipilih atau ditentukan bahwa ada 3 ciri yang memberikan akurasi cukup signifikan yakni lebih dari 55 % pada citra blue, yaitu mean, contrast, dan entropy orde dua (entropy²). Hal ini menunjukkan bahwa citra blue biji jagung memiliki ukuran dispersi citra yang tinggi, letak penyebaran elemen-elemen matriks citra jauh dari diagonal utama, dan transisi derajat keabuan yang merata. Dari ciri-ciri yang terpilih pada citra blue ini dilakukan 2 kombinasi ciri, antara lain : kombinasi dua ciri dan kombinasi tiga ciri.

Tabel 4. Hasil Akurasi dari Ekstraksi Ciri Citra Grayscale

Citra Red		Jumlah Data Benar			Total Benar	Akurasi
		Kualitas 1	Kualitas 2	Kualitas 3		
Ciri Statistik Orde Satu	Mean	11	15	8	34	25,19
	Variance	39	18	23	80	59,26
	Skewness	19	27	17	63	46,67
	Kurtosis	20	18	16	54	40,00
	Entropy	41	13	21	75	55,56
Ciri Statistik Orde Dua	Angular Second Moment	41	11	22	74	54,81
	Contrast	44	12	23	79	58,52
	Correlation	17	15	19	51	37,78
	Variance	20	12	24	56	41,48
	Inverse					

Different Moment	12	33	7	52	38,52
Entropy	45	13	25	83	61,48

Dari hasil analisis pada Tabel 4, teridentifikasi empat ciri pada citra grayscale biji jagung yang memberikan akurasi cukup signifikan, mencapai lebih dari 55%. Keempat ciri tersebut adalah variance orde satu (variance1), entropy orde satu (entropy1), contrast, dan entropy orde dua (entropy2). Temuan ini menunjukkan bahwa citra grayscale biji jagung menampilkan variasi elemen yang kaya dalam histogram, bentuk citra yang teratur, penyebaran elemen matriks citra yang cenderung jauh dari diagonal utama, dan transisi derajat keabuan yang merata.

Untuk meningkatkan akurasi, dilakukan eksplorasi kombinasi ciri-ciri tersebut dalam tiga skenario, yaitu kombinasi dua ciri, kombinasi tiga ciri, dan kombinasi empat ciri. Hasil dari penggabungan ciri-ciri pada citra grayscale ini akan menjadi dasar untuk pengembangan model lebih lanjut.

Selanjutnya, ciri-ciri yang dipilih pada citra red, citra green, dan citra blue juga akan dikombinasikan untuk mendapatkan akurasi terbaik dari masing-masing kombinasi. Analisis akurasi tertinggi yang diperoleh dari citra red, citra green, citra blue, dan citra grayscale akan menjadi fokus utama dalam penentuan model yang optimal untuk analisis citra biji jagung.

Tabel 5. Hasil Akurasi dari Kombinasi Dua Ciri Citra Red

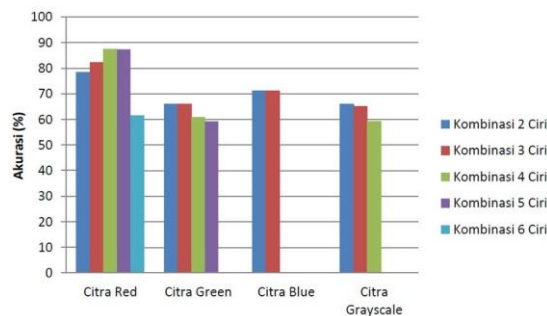
KOMBINASI CIRI CITRA RED	Jumlah Data Benar			Total Benar	Akurasi (%)
	Kualitas 1	Kualitas 2	Kualitas 3		
Variance1 dan Skewness	42	23	18	83	61,48
Variance1 dan Kurtosis	42	23	17	82	60,74
Variance1 dan Entropy1	42	23	17	82	60,74
Variance1 dan Angular Second Moment	42	23	17	82	60,74
Variance1 dan Entropy2	42	23	17	82	60,74
Skewness dan Kurtosis	28	21	38	87	64,44
Skewness dan Entropy1	40	25	41	106	78,52
Skewness dan Angular Second Moment	32	23	31	86	63,70
Skewness dan Entropy2	45	28	28	101	74,82
Kurtosis dan Entropy1	40	22	38	100	74,07
Kurtosis dan Angular Second Moment	28	14	37	79	58,52
Kurtosis dan Entropy2	43	25	37	105	77,78
Entropy1 dan Angular Second Moment	42	20	20	82	60,74
Entropy1 dan Entropy2	45	30	26	101	74,82
Angular Second Moment dan Entropy2	44	22	29	95	70,37

Dari hasil kombinasi dua ciri pada Tabel 5, dapat disimpulkan bahwa kombinasi ciri skewness dengan entropy orde satu menghasilkan akurasi tertinggi, mencapai 78,52%. Di sisi lain, kombinasi ciri kurtosis dengan angular second moment memberikan akurasi terendah, yakni 58,52%. Analisis ini menunjukkan bahwa kombinasi parameter tingkat kemencengan relatif kurva histogram dan keteraturan bentuk citra cenderung menghasilkan nilai ciri yang serupa antara citra latih dan citra uji. Di sisi lain, kombinasi parameter tingkat keruncingan relatif kurva histogram dan homogenitas citra cenderung menghasilkan nilai ciri yang memiliki perbedaan antara citra latih dan citra uji. Dengan demikian, semakin serupa ciri citra uji dengan ciri citra latih, maka akan semakin tinggi akurasi yang tercapai.

Tabel 6. Hasil Akurasi dari Kombinasi Enam Ciri Citra Red

KOMBINASI CIRI CITRA RED	Jumlah Data Benar			Total Benar	Akurasi (%)
	Kualitas 1	Kualitas 2	Kualitas 3		
Variance1, Skewness, Kurtosis, Entropy1, Angular Second Moment, dan Entropy2	42	23	18	83	61,48

Untuk mencapai akurasi tertinggi, perlu dilakukan perhitungan serupa untuk kombinasi ciri citra green, citra blue, dan citra grayscale sebagaimana yang dilakukan pada citra red. Berikut ini adalah grafik yang menampilkan hasil akurasi tertinggi yang diperoleh dari kombinasi ciri dari setiap mode warna citra:



Gambar 6. Grafik Hasil Akurasi Tertinggi

Dari hasil analisis grafik akurasi tertinggi, yang dibuat berdasarkan kombinasi ciri dari setiap mode warna citra pada Gambar 4.1, dapat disimpulkan bahwa mode warna citra red mengungguli citra green, blue, dan grayscale dalam hal akurasi, mencapai 87,41%. Hasil tersebut terjadi pada kombinasi empat dan lima ciri. Kombinasi empat ciri tertinggi terdiri dari skewness, kurtosis, entropy orde satu, dan entropy orde dua. Sedangkan kombinasi lima ciri tertinggi meliputi skewness, kurtosis, entropy orde satu, angular second moment, dan entropy orde dua. Tingginya akurasi pada citra red dapat dijelaskan oleh warna kekuningan yang mendekati jingga pada biji jagung. Warna tersebut mayoritas terdiri dari komponen red, yang secara lebih jelas dapat direpresentasikan sebagai warna jingga dalam format RGB(255,124,0).

4. KESIMPULAN

Setelah melakukan analisis dan menerapkan pembahasan, penelitian ini menyimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Metode ekstraksi ciri statistik orde pertama dan orde kedua, bersama dengan metode klasifikasi K-Nearest Neighbor, mampu mengklasifikasikan kualitas biji jagung dengan akurasi mencapai 91,85%.
2. Waktu komputasi sistem klasifikasi kualitas biji jagung masih dianggap lambat, berkisar antara 6 sampai 7 detik. Semakin banyak ciri yang digunakan, semakin lama proses komputasi sistem. Contohnya, waktu komputasi citra red adalah 6,561 detik dengan menggunakan 1 ciri dan 6,698 detik dengan menggunakan kombinasi 6 ciri.
3. Kombinasi ciri yang paling baik dalam pengklasifikasian kualitas biji jagung adalah kombinasi skewness, kurtosis, entropy orde satu, dan entropy dua pada ekstraksi ciri citra red, dengan akurasi mencapai 87,41%.
4. Citra red memberikan akurasi sistem paling tinggi, yakni 91,85%, karena warna biji jagung yang cenderung kekuningan mendekati warna jingga yang terdiri dari komponen red = 255 dan green = 124.
5. Metode K-Nearest Neighbor dapat menghasilkan akurasi yang diharapkan pada sistem klasifikasi kualitas biji jagung. Bukti terlihat saat nilai $k = 3$ dan menggunakan Cityblock Distance, yang menghasilkan akurasi 91,85%.

DAFTAR PUSTAKA

- B. Sugandi, "Teknologi Citra untuk Peningkatan Kualitas Hidup yang Lebih Baik," *J. Integr.*, vol. 10, no. 1, pp. 21–27, 2018.
- N. E. Ginting and D. Sihombing, "Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Minat Petani Berusahatani Jagung di Desa Mardinding," *J. PLANS Penelit. Ilmu Manaj. dan Bisnis*, vol. 13, no. 2, pp. 77–81, 2018.
- .W. Karomah, "Pengaruh Sertifikasi Terhadap Eksistensi Kegiatan Belajar Mengajar di Sekolah Dasar Kabupaten Lamongan," *Awwaliyah J. Pendidik. Guru Madrasah Ibtidaiyah*, vol. 2, no. 1, pp. 14–30, 2019.
- A. N. Yuhana and F. A. Aminy, "Optimalisasi Peran Guru Pendidikan Agama Islam Sebagai Konselor dalam Mengatasi Masalah Belajar Siswa," *J. Penelit. Pendidik. Islam.*, vol. 7, no. 1, pp. 79–96, 2019.
- I. Rosyida, "Pengelolaan Pembelajaran Literasi Teknologi Di Pesantren," *J. admiration*, vol. 1, no. 6, pp. 696–710, 2020.
- A. Budiman, A. Arifin, and F. Marlianto, "Pengembangan media pembelajaran berbasis e-learning pada SMK di Pontianak," *J. Nas. Komputasi dan Teknol. Inf.*, vol. 2, no. 2, pp. 133–139, 2019.
- R. Harahap, "Pengaruh Etika dan Kedisiplinan Terhadap Hasil Belajar Kelas X SMA Negeri 6 Padangsidimpuan," *J. Educ. Dev.*, vol. 8, no. 4, p. 551, 2020.
- D. A. Navastara et al., "Pemanfaatan Platform Google Classroom untuk Pembelajaran Daring di Pondok Pesantren Miftahul Ulum Al-Islamy, Bangkalan, Madura," *SEWAGATI*, vol. 4, no. 3, pp. 175–182, 2020.
- S. Alaqoh And S. Kasiyati, "Perlindungan Konsumen Melalui Transaksi Online Antar Negara Dalam United Nation Guideline For Consumer Protection Perspektif Maqa> S} Id Asy-Syari> A> H Skripsi." *Iain Surakarta*, 2020.