

ANALISIS PERBEDAAN PERMUKAAN BUAH SEGAR DAN BUSUK MENGUNAKAN MODEL RGB DAN GRAY-LEVEL CO-OCCURRENCE MATRIX (GLCM)

Ririn Amelia Br Siregar, Albert Ramadhan Manik, Ananda Irya Shakila Syukron,
Muhammad Budi Akbar, Hermawan Syahputra

Ilmu Komputer, Universitas Negeri Medan
Jalan W. Iskandar Psr V Medan Esatate Kab. Deli Serdang , Indonesia
rierienamelia.4231250003@mhs.unimed.ac.id

ABSTRAK

Pengolahan citra digital merupakan bidang penting dalam ilmu komputer yang digunakan untuk menganalisis dan memanipulasi gambar digital. Permasalahan yang sering muncul dalam pengolahan citra adalah bagaimana memperoleh informasi atau fitur yang relevan dari sebuah citra secara efisien dan akurat. Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan beberapa operasi dasar pengolahan citra seperti pembacaan citra, konversi warna, penjumlahan, pengurangan, dan perhitungan parameter statistik (mean, median, dan standar deviasi) untuk memahami karakteristik citra. Metode yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan pemrograman menggunakan bahasa Python dengan bantuan pustaka OpenCV dan NumPy dalam proses pemrosesan citra. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa operasi dasar tersebut dapat diaplikasikan dengan baik dan mampu memberikan informasi statistik yang bermanfaat mengenai distribusi intensitas piksel dalam citra, yang dapat digunakan untuk analisis lanjutan atau klasifikasi. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar untuk pengembangan sistem pengenalan citra yang lebih kompleks.

Kata kunci: Analisis citra, Klasifikasi buah, Model RGB, Gray-Level Co-occurrence Matrix.

1. PENDAHULUAN

Buah merupakan komoditas pangan yang vital bagi masyarakat Indonesia, baik sebagai sumber nutrisi maupun sebagai produk ekonomi. Namun, kualitas buah dapat menurun seiring waktu akibat proses pembusukan yang disebabkan oleh faktor lingkungan dan biologis. Identifikasi dini terhadap kondisi buah sangat penting untuk mencegah konsumsi buah yang tidak layak dan mengurangi kerugian ekonomi bagi petani dan pedagang. Teknologi pengolahan citra digital menawarkan solusi potensial dalam mendeteksi perbedaan antara buah segar dan busuk melalui analisis karakteristik permukaan buah.

Salah satu tantangan utama dalam industri pertanian adalah memastikan buah yang dipasarkan dalam kondisi terbaiknya. Teknologi pengolahan citra digital dapat digunakan untuk mengklasifikasikan buah berdasarkan tingkat kematangannya dengan metode analisis warna dan tekstur, sehingga meningkatkan efisiensi dalam penyortiran dan distribusi buah [1]

Proses identifikasi kondisi buah secara tradisional mengandalkan inspeksi visual oleh manusia, yang rentan terhadap subjektivitas dan ketidakakuratan. Selain itu, metode ini memerlukan waktu dan tenaga yang tidak efisien, terutama dalam skala besar. Oleh karena itu, diperlukan sistem otomatis yang mampu membedakan buah segar dan busuk dengan akurasi tinggi untuk meningkatkan efisiensi dan konsistensi dalam penilaian kualitas buah.

Metode konvensional dalam penentuan kualitas buah sering kali mengalami kendala dalam hal

standarisasi dan kecepatan proses. Selain dipengaruhi oleh faktor subjektif manusia, pencahayaan dan kondisi lingkungan juga dapat menyebabkan hasil penilaian yang tidak konsisten. Oleh sebab itu, pendekatan berbasis teknologi sangat diperlukan untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam penilaian kualitas buah.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan metode yang dapat membedakan buah segar dan busuk secara lebih objektif dan akurat. Penelitian ini menggunakan pendekatan pengolahan citra digital dengan kombinasi model RGB untuk analisis warna dan Gray-Level Co-occurrence Matrix (GLCM) untuk analisis tekstur. Model RGB digunakan untuk mengevaluasi distribusi warna, yang berfungsi sebagai indikator visual utama dalam membedakan kondisi buah, sedangkan GLCM menonjolkan aspek tekstur, yang sering kali menjadi penanda penting dalam mendeteksi kerusakan atau pembusukan pada permukaan buah.

Pengolahan citra digital merupakan teknologi yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi objek secara otomatis. Dengan metode Hierarchical Agglomerative Clustering, buah dapat diklasifikasikan berdasarkan tekstur dan warna permukaannya untuk menentukan tingkat kematangan [2]

Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh sistem yang lebih akurat dalam mengklasifikasikan buah berdasarkan tingkat kesegarannya. Implementasi metode ini tidak hanya bermanfaat bagi industri pangan dan pertanian dalam meningkatkan efisiensi produksi dan distribusi, tetapi juga bagi konsumen dalam memastikan kualitas buah yang dikonsumsi tetap terjaga.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Terdahulu

Hasil penelitian sebelumnya menyatakan bahwa metode Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) efektif dalam mengekstraksi karakteristik tekstur permukaan buah, yang memberikan perbedaan signifikan antara buah segar dan busuk. Penelitian ini mendukung temuan tersebut dengan menunjukkan bahwa nilai contrast dan correlation dari GLCM pada buah busuk secara konsisten lebih tinggi dibanding buah segar, mencerminkan permukaan yang lebih kasar dan tidak homogen akibat proses pembusukan [3]

Fitur-fitur warna dari model RGB dan tekstur dari GLCM terbukti dapat menangkap perubahan visual yang terjadi selama proses pembusukan buah. Dalam penelitian ini, kanal warna biru (B) pada buah busuk menunjukkan rata-rata intensitas yang lebih tinggi dan kurtosis yang lebih ekstrem, sementara nilai contrast pada GLCM juga lebih tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa integrasi RGB dan GLCM mampu memberikan deskripsi visual yang kaya dan diskriminatif dalam membedakan kondisi buah [4]

2.2. Identifikasi Buah Segar dan Busuk

Dalam sektor pertanian, mempertahankan kualitas produk merupakan aspek penting untuk memastikan kepuasan pelanggan dan juga keunggulan pasar. Kualitas produk, khususnya buah-buahan, sangat bergantung pada tingkat kesegarannya. yang digunakan Metode untuk mengklasifikasikan buah segar dan busuk sering kali bergantung pada inspeksi visual oleh pekerja. Meskipun cara ini sudah lama diterapkan, namun metode ini memiliki beberapa kelemahan, termasuk efisiensi yang rendah, waktu yang lama, dan potensi kesalahan manusia yang cukup tinggi. Namun, seiring dengan kemajuan teknologi, berbagai metode otomatis berbasis teknologi telah mulai diterapkan untuk mengatasi masalah ini. Salah satunya adalah computer vision, bidang dalam kecerdasan buatan yang memungkinkan komputer untuk memperoleh, memproses, dan menganalisis data dari dunia nyata dalam bentuk gambar atau video. Dengan menggunakan teknik computer vision, komputer mampu melihat dan memahami apa yang dilihatnya, mirip dengan cara manusia melihat dan memahami sesuatu [5]

2.3. Model RGB

RGB adalah suatu pemodelan warna yang terdiri dari 3 buah warna: merah (red), hijau (green), dan biru (blue), yang ditambahkan dengan berbagai cara agar dapat menghasilkan bermacam-macam warna. Model warna RGB adalah pemodelan warna yang memiliki konsep penambahan kuat cahaya primer yaitu red, green, dan blue. Ketika berada di dalam suara ruangan yang sama sekali tidak ada cahaya, maka tidak ada signal gelombang cahaya yang diserap oleh mata kita atau RGB (0, 0, 0). RGB atau Red, Green, Blue

merupakan sistem pewarnaan yang digunakan untuk digital appearance dan sering digunakan pada monitor komputer, video, layar ponsel dan lain-lain. Sistem warna RGB terdiri atas 100% Red, 100% Green, dan 100% Blue dimana akan menghasilkan 100% putih dan pada sistem pewarnaan RGB ini tidak ada warna hitam [6]

Model warna RGB digunakan dalam penilaian kualitas buah berdasarkan perubahan intensitas warna yang terjadi pada permukaannya. Dengan menganalisis distribusi warna dalam citra RGB, dapat diidentifikasi perbedaan tingkat kesegaran dan kematangan buah, memungkinkan deteksi cepat terhadap buah yang mulai membusuk [7]

Dalam pengolahan citra digital, representasi warna dalam format RGB digunakan untuk mengekstraksi informasi warna dari setiap piksel pada gambar. Informasi ini penting dalam berbagai aplikasi seperti klasifikasi objek, segmentasi, dan pengenalan pola. RGB juga sering menjadi dasar dalam transformasi ke ruang warna lain, seperti HSV (Hue, Saturation, Value) atau LAB, untuk meningkatkan kepekaan terhadap pencahayaan atau saturasi warna dalam pemrosesan lanjutan [8]

Oleh karena itu, model RGB berguna untuk mengevaluasi kualitas buah berdasarkan warna yang terkandung di dalamnya

2.4. Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)

Teknik pengolahan citra juga dapat dilakukan dengan tekstur mengidentifikasi pada suatu objek dengan menggunakan metode statistik secara jelas. Pola atau tekstur yang telah diidentifikasi dapat dihitung derajat keabuannya dan direpresentasikan dengan sebuah matriks yang dapat dilakukan dengan algoritma Gray Level Co occurrence Matrix (GLCM) [9]

GLCM merupakan suatu matriks kookurensi yang menyajikan hubungan ketetanggaan antarpiksel dalam citra dari berbagai arah orientasi dan jarak spasial [10]

Fitur seperti korelasi, perbedaan, entropi, dan kontras dari GLCM berguna dalam analisis tekstur tradisional gambar medis [11]

Analisis fitur warna dan tekstur menggunakan matriks co-occurrence tingkat keabuan (GLCM) telah digunakan untuk mengevaluasi kualitas buah segar dan mendeteksi tanda-tanda pembusukan. Jika nilai rasio kualitas melebihi ambang batas tertentu, maka buah tersebut dapat diklasifikasikan sebagai busuk [12]

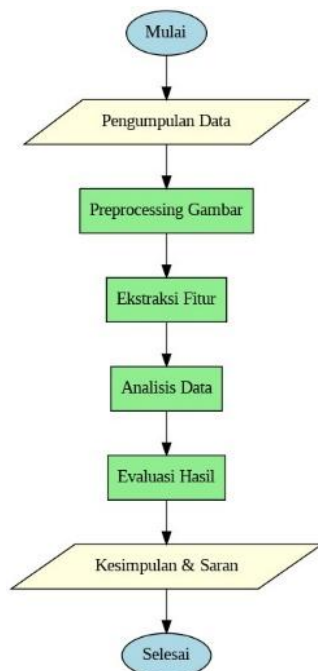
2.5. Penerepan RGB dan GLCM pada Citra Buah

Gabungan analisis warna menggunakan model RGB dan analisis tekstur menggunakan GLCM memberikan cara yang lebih komprehensif dalam mengidentifikasi kualitas buah. Dengan menggunakan model RGB, kita dapat mengevaluasi perubahan warna yang terjadi pada buah, sedangkan GLCM akan mengevaluasi perubahan tekstur permukaan buah yang menunjukkan tingkat kerusakan atau pembusukan.

Penerapan model RGB dan Gray-Level Co-occurrence Matrix (GLCM) dalam analisis citra buah segar dan busuk dapat memberikan hasil yang lebih akurat dalam mendeteksi kualitas buah. Model RGB berfokus pada perubahan warna, sedangkan GLCM lebih mengutamakan analisis tekstur. Dengan memanfaatkan kedua metode ini, dapat dikembangkan sistem otomatis yang dapat membedakan antara buah segar dan busuk dengan lebih efektif, yang tentunya berguna dalam sektor distribusi pangan dan kontrol kualitas.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen untuk menganalisis perbedaan karakteristik warna dan tekstur antara permukaan buah segar dan busuk. Metodologi yang akan digunakan terdiri dari beberapa tahapan, yaitu pengumpulan data, pengolahan citra, analisis data, dan evaluasi hasil.



Gambar 1. Flowcharts

3.1. Data dan Jenis Data

Penelitian ini diawali dengan pengumpulan data berupa gambar buah segar dan busuk dari jenis yang sama, yaitu apel. Data gambar diperoleh dari dataset yang tersedia di Kaggle, yang telah dikurasi dan mencakup berbagai kondisi buah dalam berbagai tingkat kesegaran. Dalam penelitian ini, digunakan 100 gambar sebagai sampel, yang terdiri dari 50 gambar apel segar dan 50 gambar apel busuk. Dengan demikian, kami memperoleh variasi tekstur dan warna yang cukup untuk dilakukan analisis mendalam.



Gambar 2. Sampel Buah Apel Segar



Gambar 3. Sampel Buah Apel Busuk

3.2. Preprocessing Gambar

Setelah pengumpulan data, tahap selanjutnya adalah preprocessing citra untuk menyiapkan gambar sebelum analisis lebih lanjut. Proses ini mencakup resizing untuk menyamakan ukuran gambar guna standarisasi, konversi warna ke dalam model RGB untuk analisis warna, serta konversi ke grayscale untuk ekstraksi tekstur. Selain itu, filtering dengan metode median atau Gaussian diterapkan untuk mengurangi noise yang mungkin ada pada gambar sehingga fitur yang dihasilkan lebih akurat.

3.3. Ekstraksi Fitur

Ekstraksi fitur dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu berdasarkan model RGB dan Gray-Level Co-occurrence Matrix (GLCM). Dalam model RGB, fitur yang diekstraksi mencakup nilai rata-rata, standar deviasi, skewness, dan kurtosis dari masing-masing kanal warna (R, G, B). Sementara itu, dalam metode GLCM, fitur tekstur seperti contrast, correlation, energy, dan homogeneity dihitung dari gambar grayscale untuk memahami pola permukaan buah.

3.4. Analisis Hasil

Analisis statistik dilakukan untuk mengetahui perbedaan signifikan antara buah segar dan busuk berdasarkan fitur yang telah diekstraksi. Uji statistik yang digunakan adalah uji t atau ANOVA untuk membandingkan nilai fitur dari kedua kelompok sampel. Selain itu, visualisasi data dilakukan dalam bentuk grafik atau boxplot untuk memperjelas distribusi fitur antara buah segar dan busuk.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Fitur RGB

Ekstraksi fitur warna RGB dilakukan dengan menghitung beberapa parameter statistik dari setiap kanal warna, yaitu merah (Red), hijau (Green), dan biru (Blue). Parameter yang dianalisis meliputi mean (rata-rata) untuk mengetahui intensitas warna dominan pada buah, standar deviasi untuk mengukur variasi warna dalam gambar, skewness untuk memahami distribusi asimetri warna, serta kurtosis yang menunjukkan tingkat kepuncakan distribusi warna. Dengan menganalisis keempat fitur ini, dapat diidentifikasi perbedaan pola warna antara buah segar dan busuk.

4.2. Hasil Fitur RGB Buah Segar

Rata-rata Fitur RGB Buah Segar:	
R_mean	121.866050
R_std	91.629381
R_skew	0.321522
R_kurt	-1.238130
G_mean	148.625518
G_std	88.331085
G_skew	-0.446779
G_kurt	-0.461697
B_mean	175.178000
B_std	81.847601
B_skew	-1.136256
B_kurt	0.288580

Gambar 4. Hasil Rata-Rata Fitur RGB Buah Segar

4.3. Mean (Rata-Rata)

Kanal Merah (R_mean): Nilai rata-rata berkisar antara 95 - 152, menunjukkan bahwa sebagian besar buah segar memiliki kandungan warna merah sedang hingga tinggi.

Kanal Hijau (G_mean): Rata-rata intensitas hijau bervariasi antara 99 - 197, menunjukkan adanya perbedaan pada buah yang lebih kekuningan atau lebih kehijauan.

Kanal Biru (B_mean): Nilai B_mean berkisar antara 134 - 202, yang menunjukkan bahwa beberapa buah segar memiliki warna kebiruan yang cukup kuat, tetapi tidak dominan.

Ini menunjukkan bahwa warna buah segar cenderung memiliki kombinasi warna merah, hijau, dan biru yang lebih seimbang. Buah dengan nilai G_mean yang tinggi (hijau lebih dominan) bisa menunjukkan kesegaran tinggi.

4.4. Standar Deviasi (R_std, G_std, B_std)

R_std, G_std, dan B_std menunjukkan tingkat keanekaragaman warna pada setiap kanal. Nilai standar deviasi berkisar antara 70 - 110, menunjukkan bahwa buah segar memiliki perbedaan warna yang cukup tinggi dalam satu objek. Buah dengan R_std, G_std, dan B_std tinggi mungkin memiliki permukaan yang lebih kompleks atau bergradasi warna (seperti buah dengan bintik-bintik atau corak warna alami). Buah dengan nilai R_std, G_std, dan B_std rendah cenderung memiliki warna yang lebih seragam.

4.5. Skewness (Kecondongan Distribusi)

Skewness positif menunjukkan lebih banyak piksel dengan intensitas lebih rendah. Skewness negatif menunjukkan lebih banyak piksel dengan intensitas lebih tinggi. Nilai R_skew, G_skew, dan B_skew berkisar antara -1.9 hingga 1.0, yang berarti ada buah dengan distribusi warna yang cenderung lebih gelap atau lebih terang. Buah dengan skewness negatif (misal, R_skew < 0) lebih condong ke warna terang atau lebih matang. Buah dengan skewness positif (misal, B_skew > 0) mungkin memiliki warna yang lebih gelap atau kurang matang.

4.6. Kurtosis (Kepuncakan Distribusi)

Kurtosis positif menunjukkan distribusi yang lebih tajam (lebih banyak piksel terkonsentrasi pada satu nilai warna). Kurtosis negatif menunjukkan distribusi yang lebih rata. Nilai R_kurt, G_kurt, dan B_kurt berkisar antara -1.8 hingga 2.6, yang berarti ada variasi tekstur warna yang beragam. Kurtosis tinggi (misal, G_kurt = 2.5) menunjukkan buah yang lebih homogen dalam warna hijau, mungkin jenis buah yang memiliki warna konsisten. Kurtosis rendah (misal, R_kurt = -1.7) berarti distribusi warna lebih lebar, mungkin terjadi pada buah yang memiliki percampuran warna lebih kompleks.

4.7. Hasil Fitur RGB Buah Busuk

Rata-rata Fitur RGB Buah Busuk:	
R_mean	132.178860
R_std	92.297489
R_skew	0.172447
R_kurt	-1.359120
G_mean	153.720374
G_std	86.253072
G_skew	-0.368269
G_kurt	-0.864872
B_mean	188.437252
B_std	79.308769
B_skew	-1.407582
B_kurt	1.067283

Gambar 5. Hasil Rata-Rata Fitur RGB Buah Busuk

4.8. Mean (Rata-Rata Warna)

Buah busuk memiliki rata-rata nilai Red (R_mean) yang lebih rendah dibandingkan buah segar. Contohnya, nilai R_mean dalam tabel berkisar antara 87 hingga 166, dengan banyak nilai mendekati 120-140. Ini menunjukkan bahwa warna merah cenderung lebih redup atau berkurang dibandingkan buah segar. Green (G_mean) juga mengalami penurunan pada beberapa sampel dibandingkan buah segar. Nilai berkisar 100-195, yang menandakan adanya degradasi warna hijau yang sering dikaitkan dengan proses pembusukan. Blue (B_mean) cenderung meningkat atau tetap tinggi. Nilai berkisar 150-218, yang menandakan bahwa komponen biru lebih dominan dibandingkan warna merah dan hijau pada buah yang membusuk.

4.9. Standar Deviasi (R_std, G_std, B_std)

Buah busuk menunjukkan standar deviasi yang tinggi pada setiap kanal warna (R, G, B). Ini berarti warna pada permukaan buah busuk lebih tidak

seragam, kemungkinan karena munculnya bercak-bercak atau perubahan warna akibat mikroorganisme dan oksidasi.

4.10. Skewness (Kecondongan Distribusi)

Skewness negatif pada banyak nilai G_skew dan B_skew menunjukkan bahwa distribusi warna hijau dan biru memiliki ekor lebih panjang ke arah nilai yang lebih rendah, artinya terjadi pergeseran warna hijau dan biru ke arah warna yang lebih gelap atau teredam. R_skew bervariasi tetapi cenderung positif, menunjukkan bahwa ada lebih banyak nilai R yang lebih rendah, yang berarti warna merah semakin memudar.

4.11. Kurtosis (Kepuncakan Distribusi)

Kurtosis cenderung negatif untuk kebanyakan sampel, terutama pada G_kurt dan B_kurt . Ini menunjukkan bahwa distribusi warna pada buah busuk lebih menyebar dan tidak memiliki puncak tajam seperti pada buah segar. B_kurt beberapa kali menunjukkan nilai positif tinggi (misalnya pada nilai 3.534028 dan 4.369420), menandakan bahwa ada beberapa titik warna biru yang masih intens dalam jumlah kecil tetapi dengan frekuensi tinggi.

4.12. Perbandingan rata-rata fitur RGB antara Buah Busuk dan Buah Segar.

Rata-rata Fitur RGB Buah Segar:		Rata-rata Fitur RGB Buah Busuk	
R_mean	121.866050	R_mean	132.178860
R_std	91.629381	R_std	92.297489
R_skew	0.321522	R_skew	0.172447
R_kurt	-1.238130	R_kurt	-1.359120
G_mean	148.625518	G_mean	153.720374
G_std	88.331085	G_std	86.253072
G_skew	-0.446779	G_skew	-0.368269
G_kurt	-0.461697	G_kurt	-0.864872
B_mean	175.178000	B_mean	188.437252
B_std	81.847601	B_std	79.308769
B_skew	-1.136256	B_skew	-1.407582
B_kurt	0.288580	B_kurt	1.067283

Gambar 6. Perbandingan Rata-Rata Fitur RGB Buah Segar dan Busuk

Berdasarkan hasil perhitungan rata-rata fitur RGB, terdapat beberapa perbedaan mencolok antara buah segar dan busuk yang dapat digunakan untuk membedakan kedua kondisi tersebut. Pada kanal warna R (Red), buah busuk memiliki nilai rata-rata intensitas yang lebih tinggi yaitu 132.17 dibandingkan buah segar yang hanya 121.86. Hal ini menunjukkan bahwa buah busuk cenderung memiliki warna kemerahan yang lebih dominan. Namun, nilai standar deviasi (R_std) kedua kelompok relatif mirip, yaitu sekitar 91 - 92, menunjukkan variasi intensitas merah yang hampir sama.

Pada kanal G (Green), buah busuk juga memiliki nilai rata-rata yang sedikit lebih tinggi (153.72) dibandingkan buah segar (148.63). Meskipun perbedaannya tidak terlalu besar, namun tetap menunjukkan kecenderungan bahwa buah busuk memiliki elemen hijau yang sedikit lebih kuat. Standar deviasi hijau (G_std) buah busuk sedikit lebih rendah dari buah segar (86.25 vs 88.33), yang mengindikasikan bahwa variasi warna hijau pada buah busuk lebih seragam dibandingkan buah segar.

Sementara itu, pada kanal B (Blue), buah busuk menunjukkan nilai rata-rata yang lebih tinggi (188.44) dibandingkan buah segar (175.18). Nilai ini mengindikasikan bahwa buah busuk memiliki kecenderungan warna kebiruan yang lebih kuat. Selain itu, buah busuk juga memiliki nilai B_skew yang lebih negatif (-1.40) dibandingkan buah segar (-1.13), yang berarti distribusi warna biru pada buah busuk lebih condong ke arah intensitas rendah (warna gelap), namun dengan puncak yang lebih tajam karena nilai B_kurt busuk juga lebih tinggi (1.06 dibandingkan 0.28 pada buah segar).

Secara umum, buah busuk cenderung menunjukkan nilai rata-rata intensitas warna yang lebih tinggi pada semua kanal (R , G , dan B) dibandingkan dengan buah segar. Selain itu, buah busuk juga memperlihatkan nilai kurtosis biru yang lebih tinggi dan skewness yang lebih negatif pada kanal biru, yang dapat menandakan distribusi warna biru yang lebih ekstrem pada buah yang membusuk.

4.13. Hasil Fitur GLCM

Ekstraksi fitur tekstur menggunakan metode Gray-Level Co-occurrence Matrix (GLCM) dilakukan untuk menganalisis karakteristik permukaan buah segar dan busuk berdasarkan citra grayscale. Beberapa parameter yang diekstraksi meliputi kontras, korelasi, energi, dan homogenitas, yang masing-masing merepresentasikan aspek tertentu dari tekstur gambar.

4.14. Hasil Fitur GLCM Buah Segar

```
Rata-rata Fitur GLCM Buah Segar:
contrast      843.700305
correlation    0.938726
energy         0.231734
homogeneity    0.451341
dtype: float64
```

Gambar 7. Hasil Fitur GLCM Buah Segar

4.15. Hasil Fitur GLCM Buah Busuk

```
Rata-rata Fitur GLCM Buah Busuk:
contrast      923.207056
correlation    0.929368
energy         0.246962
homogeneity    0.440002
dtype: float64
```

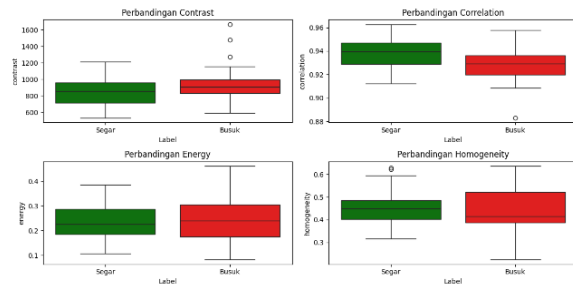
Gambar 8. Hasil Fitur GLCM Buah Busuk

4.16. Perbandingan rata-rata fitur GLCM antara Buah Busuk dan Segar

```
Rata-rata Fitur GLCM Buah Segar:
contrast      843.700305
correlation    0.938726
energy         0.231734
homogeneity    0.451341
dtype: float64
```

```
Rata-rata Fitur GLCM Buah Busuk:
contrast      923.207056
correlation    0.929368
energy         0.246962
homogeneity    0.440002
dtype: float64
```

Gambar 9. Rata-rata Hasil Fitur GLCM Buah Busuk dan Segar



Gambar 10. Boxplot GLCM

Berdasarkan hasil rata-rata fitur tekstur GLCM dan visualisasi boxplot pada buah segar dan busuk, terlihat adanya perbedaan karakteristik tekstur antara buah segar dan buah busuk. Nilai contrast pada buah busuk (923.21) lebih tinggi dibandingkan dengan buah segar (843.70). Contrast yang lebih tinggi menunjukkan adanya variasi intensitas piksel yang lebih besar, yang mengindikasikan bahwa permukaan buah busuk memiliki tekstur yang lebih kasar atau tidak merata dibandingkan dengan buah segar yang memiliki permukaan lebih halus dan seragam. Pada boxplot, distribusi contrast buah busuk juga menunjukkan sebaran yang lebih lebar dan banyak outlier, dengan nilai minimum sekitar 590 dan maksimum hingga 1160, serta outlier mencapai 1650. Sebaliknya, buah segar memiliki distribusi contrast yang lebih terkonsentrasi antara 530 hingga 1220 dengan median sekitar 860.

Nilai correlation pada buah segar (0.9387) sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan buah busuk (0.9293). Correlation yang lebih tinggi menunjukkan adanya hubungan yang lebih kuat antar piksel yang berdekatan. Hal ini bisa mengindikasikan bahwa buah segar memiliki pola tekstur yang lebih teratur dibandingkan buah busuk. Pada boxplot, buah segar cenderung memiliki median correlation yang lebih tinggi dan distribusi yang lebih rapat di kisaran 0.93 - 0.95 dibandingkan buah busuk yang memiliki median lebih rendah dan memiliki variasi yang sedikit lebih besar dengan rentang sekitar 0.92 - 0.94.

Energy pada buah busuk (0.2469) sedikit lebih tinggi daripada buah segar (0.2317) mengindikasikan bahwa beberapa area pada permukaan buah busuk cenderung memiliki tekstur yang lebih homogen akibat perubahan tekstur karena pembusukan. Pada boxplot, buah segar memiliki median energy berada di kisaran 0.23. Pada buah busuk median lebih tinggi di sekitar 0.24 - 0.25.

Homogeneity pada buah segar (0.4513) lebih tinggi dibandingkan dengan buah busuk (0.4400). Homogeneity yang lebih tinggi pada buah segar menunjukkan bahwa piksel dalam citra lebih seragam atau tidak banyak perubahan intensitas secara mendadak dibanding buah busuk, meskipun perbedaannya tidak terlalu besar. Pada boxplot, median homogeneity pada buah segar di sekitar 0.45. Pada buah busuk median lebih rendah di kisaran 0.43 - 0.44.

Secara keseluruhan, fitur contrast dan correlation menunjukkan perbedaan distribusi yang cukup jelas antara buah segar dan busuk, baik dari segi nilai median maupun outlier. Energy dan homogeneity juga memperlihatkan perbedaan tetapi dengan rentang yang lebih kecil. Contrast menjadi fitur tekstur yang paling mencolok dalam membedakan kedua kategori buah ini, dengan busuk cenderung memiliki kontras yang lebih tinggi dan variasi yang lebih besar (banyak outlier). Perbedaan-perbedaan ini menjadi indikasi bahwa fitur-fitur tekstur GLCM, khususnya contrast dan correlation, berpotensi menjadi parameter penting dalam membedakan kondisi buah segar dan busuk.

4.17. Analisis Hasil

Hasil uji t (independent t-test) untuk membandingkan apakah ada perbedaan signifikan antara fitur RGB buah segar dan busuk.

4.18. Hasil Uji Untuk Fitur RGB

```

Hasil Uji t untuk Fitur RGB:
R_mean: t-stat=-2.786, p-value=0.00644
R_std: t-stat=-0.373, p-value=0.70973
R_skew: t-stat=2.222, p-value=0.02863
R_kurt: t-stat=1.722, p-value=0.08853
G_mean: t-stat=-0.964, p-value=0.33769
G_std: t-stat=1.168, p-value=0.24581
G_skew: t-stat=-0.548, p-value=0.58494
G_kurt: t-stat=1.997, p-value=0.04891
B_mean: t-stat=-4.527, p-value=0.00002
B_std: t-stat=1.987, p-value=0.05000
B_skew: t-stat=3.171, p-value=0.00210
B_kurt: t-stat=-3.523, p-value=0.00074

```

Gambar 11. Hasil Uji Fitur RGB

Berdasarkan hasil uji t terhadap fitur RGB, beberapa fitur menunjukkan perbedaan yang signifikan antara buah segar dan buah busuk. Fitur R_mean memiliki nilai t-statistik sebesar -2.786 dengan p-value 0.00644, yang berarti terdapat perbedaan signifikan pada rata-rata nilai kanal merah (R) antara kedua kategori buah. Selain itu, fitur R_skew juga menunjukkan perbedaan signifikan dengan t-statistik 2.222 dan p-value 0.02863, yang mengindikasikan adanya perbedaan distribusi kemiringan (skewness) pada kanal merah. Fitur G_kurt yang berkaitan dengan kurtosis kanal hijau memiliki p-value sebesar 0.04891, menunjukkan perbedaan yang signifikan pula.

Pada kanal biru (B), terdapat beberapa fitur dengan perbedaan sangat signifikan. B_mean menunjukkan t-statistik -4.527 dan p-value yang sangat kecil yaitu 0.00002, menandakan perbedaan rata-rata kanal biru antara buah segar dan busuk sangat signifikan. Fitur B_skew juga menunjukkan perbedaan yang kuat dengan p-value 0.00210 dan t-statistik sebesar 3.171. Selain itu, fitur B_kurt juga signifikan dengan p-value 0.00074 dan t-statistik -3.523. Sementara itu, fitur B_std memiliki p-value 0.05000 yang berada di ambang batas signifikansi. Sebaliknya, fitur-fitur lain seperti R_std, G_mean, G_std, dan G_skew memiliki p-value di atas 0.05, yang

menunjukkan bahwa perbedaan pada fitur-fitur ini tidak signifikan secara statistik.

Secara umum, kanal biru (B) memberikan kontribusi paling signifikan dalam membedakan kondisi buah segar dan busuk, diikuti oleh beberapa fitur dari kanal merah (R) dan hijau (G) yang juga menunjukkan perbedaan namun tidak sekuat kanal biru. Hasil ini menunjukkan bahwa distribusi warna, khususnya pada kanal biru, memiliki pengaruh yang besar dalam membedakan kondisi kesegaran buah.

4.19. Hasil Uji T Untuk Fitur GLCM

Hasil Uji t untuk Fitur GLCM:
 contrast: t-stat=-2.110, p-value=0.03744
 correlation: t-stat=3.497, p-value=0.00072
 energy: t-stat=-0.877, p-value=0.38317
 homogeneity: t-stat=0.693, p-value=0.48996

Gambar 12. Hasil Uji Fitur GLCM

Berdasarkan hasil uji t untuk fitur GLCM (Gray Level Co-occurrence Matrix), terdapat dua fitur yang menunjukkan perbedaan signifikan antara buah segar dan busuk. Fitur contrast memiliki nilai t-statistik sebesar -2.110 dengan p-value 0.03744, yang berarti perbedaan nilai kontras antara kedua kondisi buah tersebut signifikan secara statistik. Ini menunjukkan bahwa tekstur buah busuk cenderung memiliki tingkat kontras yang lebih tinggi dibandingkan buah segar. Selain itu, fitur correlation juga menunjukkan hasil yang sangat signifikan dengan t-statistik sebesar 3.497 dan p-value 0.00072. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan kuat dalam pola hubungan antar piksel (korelasi) pada tekstur buah segar dan busuk.

Sementara itu, dua fitur lainnya, yaitu energy dan homogeneity, tidak menunjukkan perbedaan signifikan karena masing-masing memiliki p-value sebesar 0.38317 dan 0.48996, yang jauh di atas ambang batas signifikansi 0.05. Ini mengindikasikan bahwa energi (tingkat kekompakan tekstur) dan homogenitas (keseragaman tekstur) relatif serupa antara buah segar dan busuk.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa fitur contrast dan correlation dari GLCM lebih mampu membedakan kondisi kesegaran buah dibandingkan fitur energy dan homogeneity.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis fitur warna (RGB) dan tekstur (GLCM), dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara buah segar dan busuk, dengan kanal merah (R) dan biru (B) pada analisis warna menunjukkan perbedaan yang paling mencolok, dimana buah busuk cenderung memiliki nilai rata-rata intensitas merah dan biru yang lebih tinggi dibandingkan buah segar. Selain itu, beberapa statistik seperti skewness dan kurtosis pada kanal merah dan biru juga menunjukkan perbedaan signifikan berdasarkan uji t. Pada analisis tekstur, fitur kontras dan korelasi menjadi indikator utama yang membedakan antara kedua kondisi buah tersebut,

sementara fitur energy dan homogenitas tidak menunjukkan perbedaan yang berarti. Oleh karena itu, fitur warna, terutama kanal merah dan biru, serta fitur tekstur, seperti kontras dan korelasi, dapat digunakan sebagai acuan dalam proses klasifikasi buah segar dan busuk. Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambah jumlah sampel gambar untuk memperluas variasi data dan meningkatkan akurasi, serta dengan pengayaan fitur, seperti ruang warna lain (HSV atau LAB) dan fitur bentuk (shape). Penerapan teknik optimasi, seperti tuning parameter pada algoritma machine learning, juga diharapkan dapat meningkatkan performa model klasifikasi. Untuk hasil yang lebih akurat dan efisien, penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi metode deep learning, seperti Convolutional Neural Network (CNN), yang mampu melakukan ekstraksi fitur secara otomatis dari citra. Implementasi sistem ini dalam bentuk aplikasi atau prototipe berbasis perangkat keras, seperti Raspberry Pi, juga akan sangat berguna untuk diterapkan langsung dalam proses seleksi buah di industri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. F. Himmah, M. Widyaningsih, and M. Maysaroh, "Identifikasi Kematangan Buah Kelapa Sawit Berdasarkan Warna RGB Dan HSV Menggunakan Metode K-Means Clustering," *J. Sains dan Inform.*, vol. 6, no. 2, pp. 193–202, 2020, doi: 10.34128/jsi.v6i2.242.
- [2] J. Jumadi, Y. Yudianti, and D. Sartika, "Pengolahan Citra Digital Untuk Identifikasi Objek Menggunakan Metode Hierarchical Agglomerative Clustering," *JST (Jurnal Sains dan Teknol.*, vol. 10, no. 2, pp. 148–156, 2021, doi: 10.23887/jstundiksha.v10i2.33636.
- [3] A. Setiawan, Soheri, and Sumijan, "Penerapan Gray Level Co-Occurrence Matrix Dengan Metode Self Organizing Map Pada Deteksi Kematangan Buah Pinang," vol. 16, no. 2, 2024.
- [4] F. Z. Tsany, F. Bimantoro, and S. G. Nugraha, "Klasifikasi tingkat kesegaran cumi-cumi berdasarkan fitur tekstur dan warna dengan menggunakan metode support vector machine," *Jtika*, vol. 3, no. 2, pp. 220–231, 2021, [Online]. Available: <http://jtika.if.unram.ac.id/index.php/JTIKA/>
- [5] M. A. Syahrani, T. A. . Budianto, and R. I. Adam, "KLASIFIKASI BUAH SEGAR DAN BUSUK MENGGUNAKAN ALGORITMA CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) Maesha," *J. Ilmu Komput. dan Sist. Inf.*, vol. 10, no. 2, pp. 10823–10827, 2022, doi: 10.24912/jiksi.v10i2.22551.
- [6] M. D. Utami, A. A. Zahra, and S. Sudjadi, "Perancangan Dan Analisa Kinerja Sistem Akuisisi Data Sensor Tcs34725 Dan Pengendalian Pompa Motor Dc Pada Alat Pencampur Warna," *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 9, no. 3, pp. 360–367, 2020, doi: 10.14710/transient.v9i3.360-367.

- [7] H. Li *et al.*, "Rapid assessment of ready-to-eat Xuxiang kiwifruit quality based on chroma recognition and GC-MS analysis," *Lwt*, vol. 182, no. October 2022, 2023, doi: 10.1016/j.lwt.2023.114796.
- [8] A. Bramanto, W. Putra, M. Trisna Aryuna, and D. R. Malani, "Kompresi Citra Digital Dengan Basis Komponen Warna RGB Menggunakan Metode K-Means Clustering," *J. Komput. Terap.*, vol. 7, no. 1, pp. 14–23, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.pcr.ac.id/index.php/jkt/>
- [9] R. Kurniawan, R. H. Nasution, S. Marwah, and B. Nasution, "Penerapan Metode Gray Level Co-Occurrence Matrix Dan Knn Untuk Mendeteksi Tingkat Kematangan Buah Mengkudu," *J. Sci. Soc. Res.*, vol. 4307, no. 2, pp. 765–772, 2024, [Online]. Available: <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/JSSR>
- [10] D. W. Wibowo, D. Erwanto, and D. A. W. Kusumastutie, "Klasifikasi Jenis Kayu Menggunakan Esktrasi Fitur Gray Level Co-Occurence Matrix dan Multilayer Perceptron," *J. Nas. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 1, p. 1, 2021, doi: 10.25077/jnte.v10n1.788.2021.
- [11] A. S. Vironicka and J. G. R. Sathiaselalan, "TEXTURE FEATURE EXTRACTION WITH MEDICAL IMAGE USING GLCM AND MACHINE LEARNING TECHNIQUES," vol. 9102, no. MAY, pp. 2735–2740, 2022, doi: 10.21917/ijivp.2022.0388.
- [12] M. Palumbo, M. Cefola, B. Pace, G. Attolico, and G. Colelli, "Computer vision system based on conventional imaging for non-destructively evaluating quality attributes in fresh and packaged fruit and vegetables," *Postharvest Biol. Technol.*, vol. 200, no. June 2022, p. 112332, 2023, doi: 10.1016/j.postharvbio.2023.112332.