

Content-Based Image Retrieval (CBIR)

Menggunakan Fitur Warna dan Tekstur

**Laporan Dokumentasi Proyek
Bidang Pengolahan Citra Digital & Visi Komputer**



Aulia Haq : 235150201111079

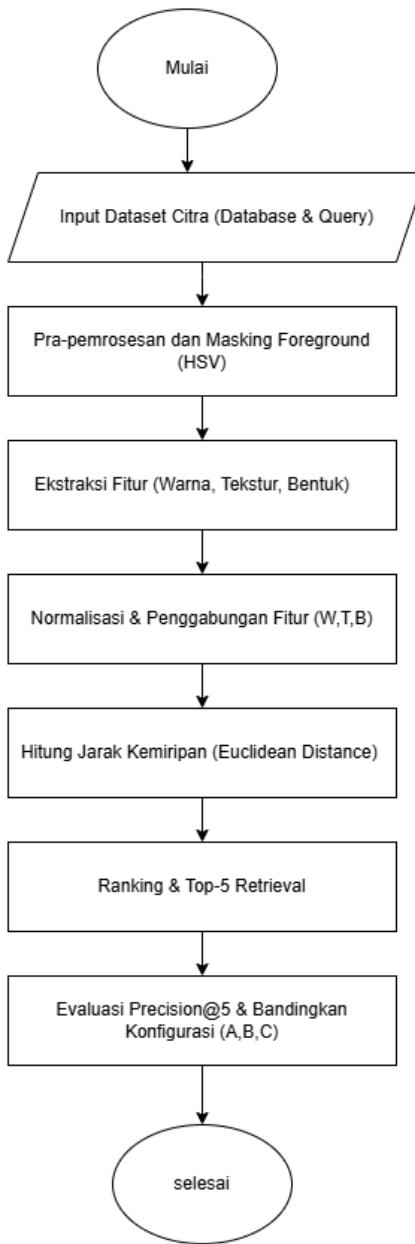
Teknik Informatika A

FAKULTAS ILMU KOMPUTER

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

TAHUN 2025

1. Flowchart



Gambar 1.1. Flowchart Sistem CBIR Berbasis Fitur Warna, Tekstur, dan Bentuk

Gambar 1.1 memperlihatkan alur proses sistem Content-Based Image Retrieval (CBIR) yang dibangun menggunakan kombinasi fitur warna, tekstur, dan bentuk. Proses diawali dengan input dataset citra yang terdiri atas dua bagian, yaitu database dan query. Selanjutnya dilakukan tahap pra-pemrosesan untuk memisahkan area objek dari latar belakang melalui metode masking HSV. Setelah itu, sistem mengekstraksi tiga jenis fitur utama: fitur warna menggunakan histogram HSV dan momen statistik, fitur tekstur menggunakan GLCM empat arah, serta fitur bentuk berdasarkan kontur objek.

Ketiga blok fitur tersebut kemudian dinormalisasi dan digabungkan dengan bobot tertentu (W,T,B). Nilai fitur hasil penggabungan digunakan untuk menghitung jarak

kemiripan antar citra menggunakan Euclidean Distance. Berdasarkan jarak terkecil, sistem menampilkan hasil pencarian citra yang paling mirip (Top-5 Retrieval). Tahap akhir adalah evaluasi kinerja menggunakan metrik Precision@5 untuk setiap kelas, serta perbandingan performa antar konfigurasi fitur (A, B, dan C) guna menentukan kombinasi fitur paling optimal.

2. Metode

Metode yang digunakan dalam sistem Content-Based Image Retrieval (CBIR) ini berfokus pada tiga kategori utama fitur, yaitu warna, tekstur, dan bentuk, dengan total 54 fitur. Proses ekstraksi dilakukan pada area foreground hasil masking HSV untuk menghilangkan latar belakang yang tidak relevan. Masking diterapkan dengan ambang batas Saturation > 25 dan Value > 30, sehingga area berwarna putih, abu-abu, atau terlalu gelap tidak ikut diproses.

2.1 Fitur Warna

Fitur warna diekstraksi dari histogram ruang warna HSV, terdiri dari 16 bin pada kanal Hue, 8 bin pada Saturation, dan 8 bin pada Value, serta empat statistik momen (Mean, Standard Deviation, Skewness, Kurtosis) untuk tiap kanal, menghasilkan total 44 dimensi. Fitur ini merepresentasikan distribusi dan dominasi warna objek.

2.2 Fitur Tekstur

Fitur tekstur diperoleh menggunakan metode Gray-Level Co-occurrence Matrix (GLCM) pada citra grayscale yang dikuantisasi menjadi 16 level keabuan. GLCM dihitung pada empat arah (0° , 45° , 90° , 135°) dengan jarak 1 piksel, lalu dirata-ratakan dari empat properti utama: Contrast, Correlation, Energy, dan Homogeneity, menghasilkan 4 dimensi.

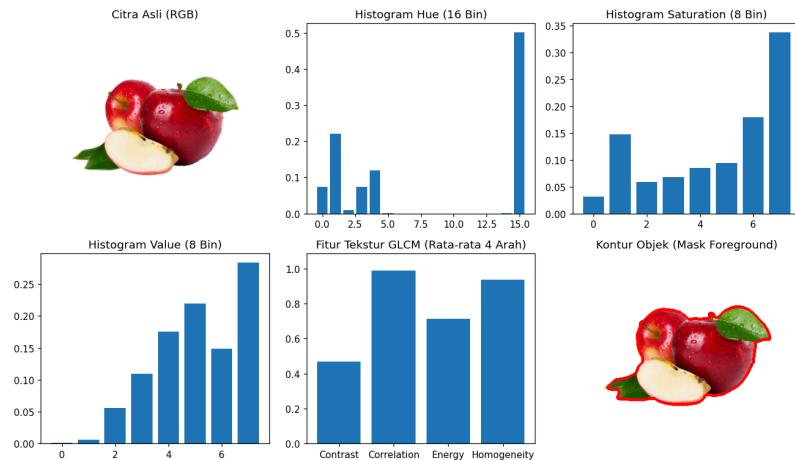
2.3 Fitur Bentuk

Fitur bentuk diekstraksi dari kontur komponen terbesar pada hasil masking. Enam metrik dihitung yaitu Area, Perimeter, Aspect Ratio, Extent, Solidity, dan Circularity, yang menggambarkan karakteristik geometris objek (bulat, lonjong, atau tidak beraturan).

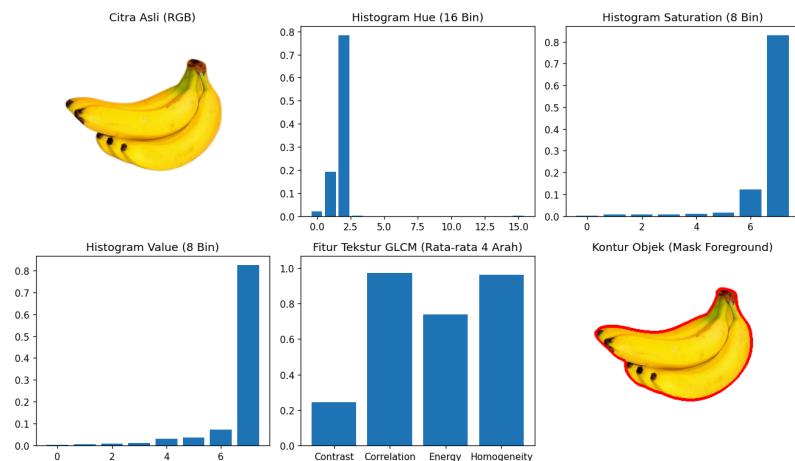
Gambar 2.1 hingga 2.3 berikut menampilkan contoh hasil ekstraksi fitur warna, tekstur, dan bentuk dari tiga citra berbeda: apple, banana, dan kiwi.

Pada setiap citra ditampilkan:

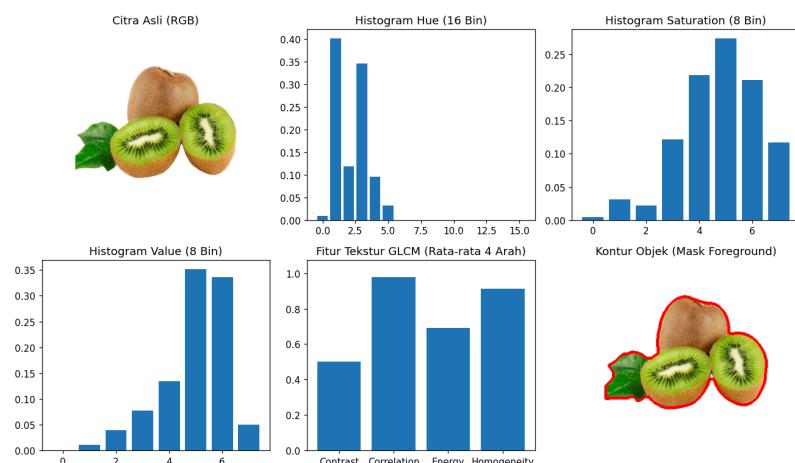
- a. Histogram ruang warna HSV (Hue, Saturation, Value)
- b. Nilai fitur tekstur GLCM (Contrast, Correlation, Energy, Homogeneity)
- c. Hasil deteksi kontur pada area foreground



Gambar 2.1. Hasil ekstraksi fitur warna, tekstur, dan bentuk pada citra *apple*.



Gambar 2.2. Hasil ekstraksi fitur warna, tekstur, dan bentuk pada citra *banana*.



Gambar 2.3. Hasil ekstraksi fitur warna, tekstur, dan bentuk pada citra *kiwi*.

2.4 Normalisasi dan Penggabungan Fitur

Seluruh fitur dinormalisasi menggunakan StandardScaler agar memiliki skala yang seimbang. Ketiga blok fitur kemudian digabung dengan bobot (W, T, B) = (1.0, 0.15, 0.9) sebelum dihitung kemiripannya.

2.5 Pengukuran Jarak

Perhitungan kemiripan antar citra dilakukan menggunakan metrik Euclidean Distance, di mana nilai jarak yang lebih kecil menunjukkan tingkat kemiripan yang lebih tinggi. Hasil retrieval ditampilkan berdasarkan Top-5 citra paling mirip.

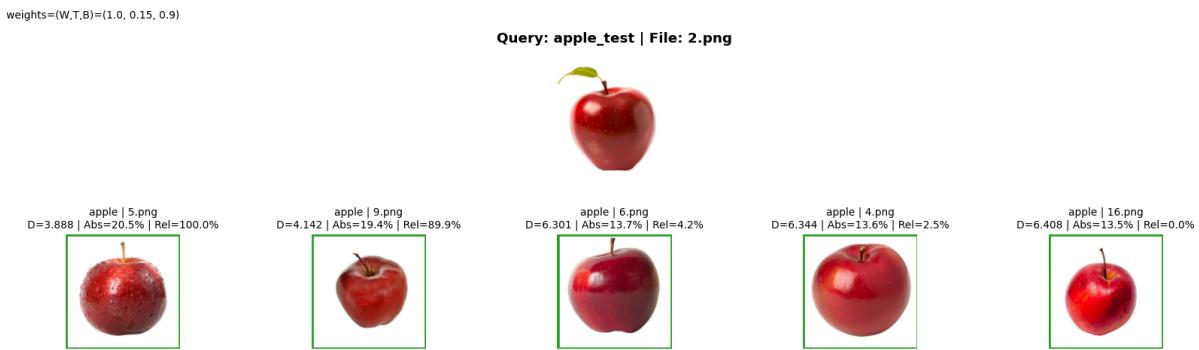
3. Contoh Hasil Query + Top-5

Bagian ini menyajikan tiga contoh hasil *retrieval* (Top-5) untuk memvisualisasikan performa sistem secara kualitatif. Semua pengujian di bawah ini menggunakan konfigurasi "C) Gabungan" (bobot W=1.0, T=0.15, B=0.90) dengan metrik Euclidean Distance, yang terbukti memberikan hasil paling akurat dalam evaluasi kuantitatif.

Hasil pencarian divisualisasikan dengan bingkai: hijau untuk gambar yang relevan (kelas *query* = kelas hasil) dan merah untuk gambar yang tidak relevan.

3.1. Query apple_test

Pengujian pertama menggunakan query *apple_test/2.png*. Sistem mencari lima citra paling mirip dari database berdasarkan kombinasi fitur Warna, Tekstur, dan Bentuk dengan bobot (W,T,B) = (1.0, 0.15, 0.9). Hasil Top-5 retrieval ditunjukkan pada Gambar 3.1.



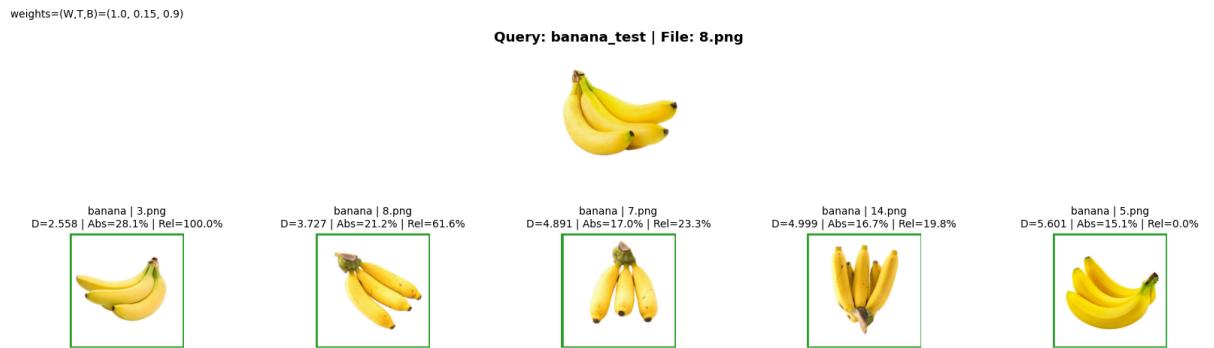
Gambar 3.1. Hasil Top-5 retrieval untuk query *apple_test/2.png*.

Analisis hasil menunjukkan bahwa seluruh citra yang diretrieve merupakan citra dari kelas *apple*, dengan jarak kemiripan (D) berkisar antara 3.888 hingga 6.408. Citra paling mirip yaitu *apple_5.png* memiliki jarak terkecil (D = 3.888) dan kemiripan absolut tertinggi (Abs = 20.5%, Rel = 100%). Sementara citra lainnya

seperti apple_9.png dan apple_6.png masih menunjukkan kemiripan yang tinggi dengan perbedaan kecil pada distribusi warna dan pencahayaan.

3.2. Query banana_test

Pengujian kedua dilakukan menggunakan query banana_test/8.png. Sistem kembali mencari lima citra paling mirip dari kelas yang sama. Hasil visualisasi Top-5 retrieval ditunjukkan pada Gambar 3.2.



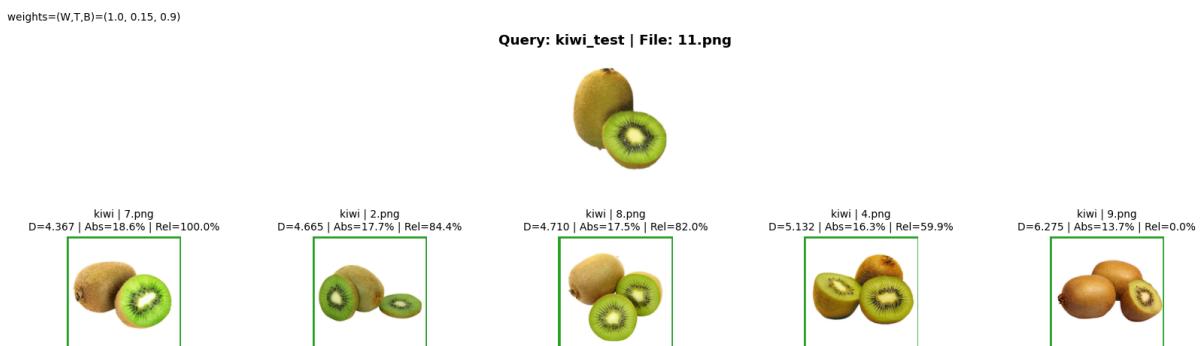
Gambar 3.2. Hasil Top-5 retrieval untuk query banana_test/8.png.

Seluruh hasil retrieval berasal dari kelas banana, dengan nilai jarak (D) berkisar antara 2.558 hingga 5.601. Citra paling mirip, banana_3.png, memiliki jarak terendah ($D = 2.558$) dengan kemiripan relatif tertinggi ($Rel = 100\%$). Citra lain seperti banana_7.png dan banana_14.png juga terdeteksi dengan kemiripan tinggi, meskipun terdapat sedikit perbedaan pencahayaan dan orientasi.

Dengan skor $P@5 = 1.0$ (5/5), sistem berhasil mempertahankan konsistensi hasil untuk kelas banana, menandakan stabilitas ekstraksi fitur warna dan bentuk pada objek dengan variasi permukaan.

3.3. Query kiwi_test

Pengujian ketiga menggunakan query kiwi_test/11.png. Sistem menampilkan lima citra paling mirip dari database sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3. Hasil Top-5 retrieval untuk query kiwi_test/11.png.

Hasil menunjukkan bahwa seluruh citra teratas berasal dari kelas kiwi, dengan jarak kemiripan antara 4.367 hingga 6.275. Citra kiwi_7.png merupakan yang paling mirip ($D = 4.367$) dengan kemiripan absolut tertinggi ($Abs = 18.6\%$, $Rel = 100\%$). Citra lain seperti kiwi_2.png dan kiwi_8.png juga menunjukkan kemiripan tinggi, meskipun terdapat sedikit perbedaan pada tingkat saturasi dan orientasi buah.

Hasil ini mengindikasikan bahwa sistem mampu mengidentifikasi pola warna hijau dan tekstur khas permukaan kiwi secara akurat, menghasilkan skor $P@5 = 1.0$ (5/5).

4. Tabel Precision@5

Tabel berikut menyajikan evaluasi kuantitatif dari tiga konfigurasi fitur yang diuji. Performa diukur menggunakan Macro Precision@5 (mAP@5), yang merupakan rata-rata dari skor $P@5$ untuk semua 12 *query* (3 *query* per kelas). Metrik yang digunakan adalah Euclidean Distance.

| Konfigurasi | A | B | C |
|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|
| Deskripsi Fitur | Warna | GLCM | Gabungan (Warna, Tekstur, Bentuk) |
| apple_test | 1 | 1 | 1 |
| banana_test | 0.867 | 1 | 1 |
| kiwi_test | 0.933 | 0.8 | 1 |
| orange_test | 1 | 0.333 | 1 |
| Bobot (W, T, B) | (1.0, 0.0, 0.0) | (0.0, 1.0, 0.0) | (1.0, 0.15, 0.90) |
| (Makro) | 0.95 | 0.783 | 1 |

Tabel 4.1 Perbandingan Mean Average Precision @5 (mAP@5) untuk tiga konfigurasi fitur.

5. Analisis Hasil

Berdasarkan hasil evaluasi sistem Content-Based Image Retrieval (CBIR) yang diterapkan pada dataset citra buah-buahan, diperoleh perbandingan performa dari tiga konfigurasi fitur yang berbeda sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Konfigurasi A (Warna) menunjukkan nilai Macro Precision@5 sebesar 0.950, dengan tingkat ketepatan tinggi pada seluruh kelas kecuali banana_test yang sedikit lebih rendah (0.867). Hal ini menunjukkan bahwa fitur warna mampu memberikan hasil yang baik untuk objek dengan perbedaan warna yang jelas, namun kurang optimal ketika terdapat kemiripan warna antar kelas.

Konfigurasi B (GLCM) yang hanya menggunakan fitur tekstur menghasilkan nilai Macro Precision@5 sebesar 0.783. Nilai ini menunjukkan bahwa fitur tekstur saja belum cukup untuk membedakan citra dengan pola permukaan yang mirip, terutama pada kelas orange_test yang hanya mencapai 0.333. Dengan demikian, tekstur memiliki kontribusi yang relatif kecil jika digunakan secara tunggal.

Konfigurasi C (Gabungan Warna, Tekstur, dan Bentuk) memberikan hasil terbaik dengan nilai Macro Precision@5 sebesar 1.000. Hasil ini menegaskan bahwa penggabungan beberapa jenis fitur dengan bobot yang seimbang ($W,T,B = 1.0, 0.15, 0.90$) mampu meningkatkan performa sistem secara signifikan. Kombinasi ini memungkinkan sistem mengenali objek secara lebih komprehensif, karena setiap fitur saling melengkapi, fitur warna membantu membedakan kategori utama, fitur bentuk memperkuat identifikasi berdasarkan kontur objek, dan fitur tekstur menambah stabilitas terhadap variasi permukaan.

6. Kesimpulan

Sistem Content-Based Image Retrieval (CBIR) yang dikembangkan untuk dataset citra buah-buahan menunjukkan hasil yang efektif dan akurat. Berdasarkan hasil evaluasi, konfigurasi C) Gabungan, yang mengombinasikan fitur Warna, Tekstur, dan Bentuk, memberikan performa terbaik dibandingkan konfigurasi lainnya.

Konfigurasi tersebut mencapai nilai Macro Precision@5 (mAP@5) sebesar 1.000 (100%), dengan pembobotan optimal Warna = 1.0, Tekstur = 0.15, dan Bentuk = 0.90, serta menggunakan metrik jarak Euclidean Distance.

Dapat disimpulkan bahwa penggunaan fitur gabungan dengan pembobotan yang tepat mampu meningkatkan performa sistem CBIR secara signifikan. Fitur Warna berperan dominan dalam membedakan objek berdasarkan karakteristik visual utama, sedangkan Bentuk menjadi elemen pendukung penting untuk memperkuat identifikasi objek dengan warna yang serupa. Adapun Tekstur memberikan kontribusi tambahan dalam membedakan pola permukaan antar objek.

LAMPIRAN

1.  dataset
2.  CBIR_Aulia_Haq.ipynb