

Peningkatan Akurasi Temu Kembali Citra Berbasis Konten dengan Modifikasi Kontras Histogram Equalization dan Fast Fourier Transform

Budi Hartono*, Veronica Lusiana, Sri Eniyati

Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi dan Industri, Universitas Stikubank, Semarang, Indonesia

Email: ^{1,*}budihartono@edu.unisbank.ac.id, ²vero@edu.unisbank.ac.id, ³eniyati@edu.unisbank.ac.id

Email Penulis Korespondensi: budihartono@edu.unisbank.ac.id

Submitted: 07/12/2024; Accepted: 18/12/2024; Published: 19/12/2024

Abstrak—Temu kembali citra adalah cara untuk mencari citra pada basis data citra berdasarkan konten atau isi citra atau *Content-Based Image Retrieval* (CBIR). Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem temu kembali menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT) untuk ekstraksi fitur tekstur citra. Citra uji dan basis data citra yang digunakan terdiri dari empat macam tekstur motif Batik. Modifikasi kontras menggunakan *Histogram Equalization*. Tingkat kemiripan antara citra uji dan basis data citra dihitung menggunakan Manhattan Distance. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan akurasi hasil temu kembali antara citra tanpa dan dengan modifikasi kontras. Pada citra dengan modifikasi kontras meningkatkan akurasi hasil pencarian sebesar 71,4%. Kinerja sistem dievaluasi berdasarkan tingkat akurasi yang dihitung menggunakan nilai *Precision*, *Recall*, dan *F1-score*. Penelitian lebih lanjut masih diperlukan untuk menguji akurasi hasil temu kembali citra, terutama pada pra-proses untuk tekstur citra dengan motif Batik lain.

Kata Kunci: Temu Kembali Citra; Ekstraksi Fitur; Histogram Equalization; CBIR

Abstract—Image retrieval is a way to search for images in an image database based on the content or contents of the image or Content-Based Image Retrieval (CBIR). This study aims to develop a retrieval system using Fast Fourier Transform (FFT) for image texture feature extraction. The test image and image database consist of four Batik motif textures—contrast modification using Histogram Equalization. The level of similarity between the test image and the image database is calculated using Manhattan Distance. The study results show a difference in the accuracy of the retrieval results between images without and with contrast modification. In images with contrast modification, the accuracy of the search results increases by 71.4%. System performance is evaluated based on the level of accuracy calculated using the Precision, Recall, and F1-score values. Further research is still needed to test the accuracy of image retrieval results, especially in pre-processing image textures with other batik motifs.

Keywords: Image Retrieval; Feature Extraction; Histogram Equalization; CBIR

1. PENDAHULUAN

Produksi data yang masif melalui Internet dan media sosial menyebabkan volume citra yang dihasilkan sangat besar. Menyimpan dan mencari kembali citra yang relevan atau mirip secara efisien menimbulkan tantangan dalam hal akurasi. Pencarian citra berbasis konten atau *content-based image retrieval* (CBIR) muncul sebagai cara untuk mengambil gambar yang relevan berdasarkan citra kueri, citra uji atau citra tes dari koleksi citra yang ada di basis data. Istilah umum pencarian citra dengan cara ini adalah sistem temu kembali citra [1][2].

Temu kembali citra adalah cara untuk mencari citra pada basis data citra berdasarkan konten atau isi citra. Isi sebuah citra antara lain obyek atau bentuk, motif, tekstur, warna, dan bentuk. Cara pencarian citra yang lain adalah dapat menggunakan deskripsi teks, metadata atau tag. Sejauh ini, sistem CBIR dirancang dengan mengintegrasikan fitur warna, tekstur, dan bentuk, baik dengan menetapkan bobot fitur individual atau dengan menggabungkan beberapa bobot fitur untuk mengambil gambar serupa dari gambar kueri yang diberikan. Ukuran kinerja bervariasi berdasarkan penetapan bobot yang tepat untuk semua fitur oleh pengguna [3][4].

Beberapa penelitian tentang temu kembali citra (CBIR) dilakukan oleh Wahyuni, dkk. [5], ekstraksi fitur menggunakan *Tamura texture fitur* pada tekstur kain Songket khas Lombok. Sistem ini dikembangkan dengan tujuan meningkatkan akurasi pencarian citra kain songket dalam basis data. Penelitian ini menunjukkan penggunaan metode Tamura dalam ekstraksi fitur citra memberikan hasil yang relevan. Terdapat pula beberapa gambar yang tidak relevan, yang disebabkan oleh nilai fitur yang berdekatan dengan gambar yang dicari. Hasil penelitian menyarankan untuk menambahkan basis data dan menggunakan kombinasi fitur untuk meningkatkan akurasi pencarian citra. Penelitian oleh Minarno, dkk. [6] memperkenalkan pendekatan *Multi Texton Co-occurrence Histogram* (MTCH) untuk representasi citra Batik. MTCH menggabungkan analisis teks dan statistik, yang bertujuan untuk merangkum berbagai fitur visual citra batik, meliputi: interaksi warna, tekstur, bentuk, dan atribut statistik. Berbagai metode klasifikasi seperti *K-Nearest Neighbors* (K-NN), *Support Vector Machine* (SVM), *Decision Tree* (DT), dan *Naive Bayes* (NB) digunakan untuk mengevaluasi kinerja deskriptor MTCH dalam mengidentifikasi pola batik. Hasil penelitian menunjukkan MTCH efektif dalam klasifikasi batik dan pencocokan citra batik dalam pengenalan pola.

Penelitian oleh Aglasia, dkk. [7] mengusulkan penggunaan citra sketsa wajah sebagai kueri dalam sistem pengenalan wajah untuk identifikasi pelaku kejahatan. Dalam penelitian ini, metode *Content-Based Image Retrieval* (CBIR) diterapkan setelah melakukan segmentasi citra, dengan tujuan mengenali individu melalui wajah meskipun gambar wajah yang jelas tidak tersedia, seperti dalam kasus rekaman CCTV. Penelitian ini menggarisbawahi pentingnya segmentasi citra yang lebih efektif dalam meningkatkan akurasi CBIR untuk pengenalan wajah. Penelitian

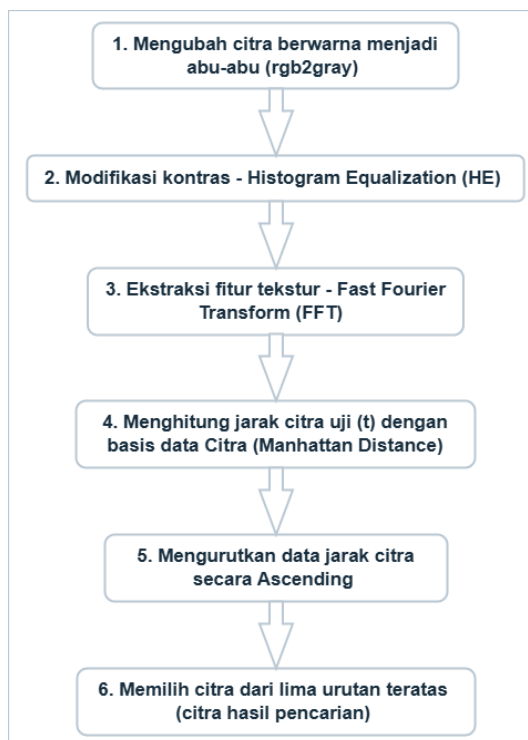
yang dilakukan oleh Ikasari, dkk. [8] membahas penerapan metode CBIR untuk segmentasi citra bunga dengan fokus pada penghilangan *noise* yang sering muncul pada citra, seperti latar belakang daun atau batang pohon. Setelah pembersihan, analisis Blob (*Binary Large Object*) dilakukan untuk memperoleh area yang bersih dan menganalisis nilai terbaik dalam pengenalan objek bunga. Hasil eksperimen segmentasi menggunakan K-means. Pemilihan parameter K yang tepat sangat mempengaruhi dalam proses segmentasi citra untuk mencapai hasil yang optimal dalam pengenalan objek bunga. Penelitian Syarif dan Andono [9] mengaplikasikan CBIR berbasis *Color Histogram* untuk mengklasifikasikan jenis ikan Koi jenis Kohaku, yang dapat dibedakan berdasarkan corak warna pada tubuhnya. Teknik *Euclidean Distance* dan *Mean Square Error* (MSE) digunakan untuk mengukur kesamaan antara citra pada basis data dan citra uji. Hasil penelitian ini menunjukkan teknik *Color Histogram* dan *Euclidean Distance* serta MSE efektif untuk mengklasifikasikan dan mengenali jenis ikan Koi berdasarkan corak warnanya.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui akurasi temu kembali citra berbasis konten tanpa modifikasi kontras dan dengan modifikasi kontras menggunakan *Histogram Equalization*. Salah satu pendekatan yang penting dalam CBIR adalah ekstraksi fitur citra yang relevan sebagai ciri citra yang akan digunakan untuk pencocokan citra *query* atau citra uji dengan basis data citra. Pada penelitian ini, *Fast Fourier Transform* (FFT) digunakan untuk mengekstraksi fitur tekstur citra yang berbeda dari penelitian sejenis sebelumnya. FFT memiliki kemampuan untuk memetakan citra dari domain spasial ke domain frekuensi, yang memungkinkan mengidentifikasi pola tekstur [10]. *Manhattan Distance* digunakan untuk menghitung tingkat kemiripan antara citra uji dengan basis data citra. Evaluasi kinerja temu kembali citra menggunakan pengukuran *Precision*, *Recall*, dan *F1-score* [11], [12]. Basis data berisi 32 citra dan 6 citra uji (*test*), masing-masing berdimensi 100x100 piksel. Citra penelitian memiliki tekstur atau motif Batik, yaitu: Kawung (k), Mega Mendung (m), Parang (p), dan Sekar Jagad (s), masing-masing sebanyak delapan citra [13], [14]. Citra uji adalah citra motif Batik yang mirip dengan basis data citra.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dibagi menjadi enam tahap utama seperti pada Gambar 1. Pertama, mengubah basis data citra berwarna menjadi abu-abu, juga untuk enam buah citra uji (*t*) yang digunakan sebagai citra yang akan dicari di dalam basis data citra. Proses ini dilakukan dengan mengonversi citra RGB (*Red, Green, Blue*) menjadi skala abu-abu (*gray*). Konversi ini mengurangi kompleksitas komputasi yang diperlukan dalam tahap berikutnya [10], [12].



Gambar 1. Tahap Penelitian

Penelitian tahap kedua, meningkatkan kualitas citra dengan memodifikasi kontras citra menggunakan metode *Histogram Equalization* (HE) [15], [16]. Proses ini bertujuan untuk mendistribusikan ulang intensitas piksel secara merata sepanjang histogram, yang dapat meningkatkan kontras citra. Dengan meningkatkan kontras citra, fitur-fitur penting untuk ekstraksi tekstur menjadi lebih mudah dikenali, sehingga dapat meningkatkan akurasi dalam pencocokan citra. Basis data berisi 32 citra dan 6 citra uji (*test*), masing-masing berdimensi 100x100 piksel. Citra

penelitian memiliki tekstur atau motif Batik, yaitu: Kawung (k), Mega Mendung (m), Parang (p), dan Sekar Jagad (s), masing-masing sebanyak delapan citra [13], [14]. Enam citra uji adalah citra yang mirip dengan basis data citra, terdiri dari sebuah citra dengan motif Kawung (kk) dan Mega Mendung (mm), dua buah citra dengan motif Parang (pp) dan Sekar Jagad (ss).

Penelitian tahap Ketiga, ekstraksi fitur tekstur menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) untuk mendapatkan ciri setiap citra. Fitur tekstur menggambarkan pola berulang dan distribusi intensitas piksel dalam citra. Pola sangat relevan dalam konteks temu kembali citra berbasis konten, di mana citra yang memiliki pola atau tekstur serupa dengan citra uji akan dikenali dan dipilih sebagai hasil pencarian yang relevan [17], [18]. Proses ekstraksi fitur tekstur ini penting dalam penelitian temu kembali citra berbasis konten, karena fitur tekstur yang dihasilkan dapat digunakan untuk membandingkan kesamaan antara citra uji dan citra dalam basis data [19]. Proses ini memungkinkan sistem untuk menangkap informasi mengenai pola dan struktur dalam citra yang tidak dapat dengan mudah dilihat secara visual oleh mata manusia.

Penelitian tahap keempat, menghitung jarak citra uji (t) dengan setiap citra yang ada di basis data citra menggunakan metode jarak Manhattan (*Manhattan Distance*). Setelah menghitung jarak antara citra uji dan citra basis data, selanjutnya adalah mengurutkan citra dalam basis data berdasarkan nilai jarak yang telah dihitung [20],[21]. Pengurutan dilakukan secara *ascending*, artinya citra dengan jarak terpendek adalah yang paling mirip akan muncul di urutan pertama, kedua, dan seterusnya. Proses ini memungkinkan sistem untuk mengidentifikasi citra yang paling relevan berdasarkan kesamaan fitur tekstur yang ada. Semakin kecil jarak citra maka tekstur citra tersebut semakin mirip [22][23]. Proses mengurutkan data jarak citra secara *ascending* adalah penelitian tahap kelima.

Penelitian tahap Keenam, menampilkan citra hasil pencarian yaitu lima citra teratas atau lima citra basis data yang memiliki jarak terkecil dengan citra uji. Citra yang ditampilkan adalah lima citra teratas dengan jarak terpendek, yang dianggap sebagai hasil pencocokan terbaik dengan citra uji. Penampilan lima citra teratas ini memberikan gambaran mengenai citra-citra yang memiliki kesamaan tekstur paling tinggi dengan citra uji. Dengan demikian, sistem temu kembali citra berbasis konten yang diusulkan diharapkan dapat memberikan hasil yang lebih akurat.

2.2 Fast Fourier Transform

Transformasi Fourier digunakan untuk menganalisis sinyal atau citra dalam domain frekuensi, dengan cara mengubah citra dari domain spasial atau ruang ke domain frekuensi. *Fast Fourier Transform* (FFT) adalah algoritma untuk menghitung transformasi *Fourier* dengan efisien [24], [25]. FFT digunakan dalam berbagai aplikasi seperti pengolahan data sekuensial, analisis sinyal, dan pemrosesan citra, karena dapat menghasilkan informasi komponen frekuensi yang ada pada citra atau sinyal. FFT digunakan untuk mengidentifikasi dan mengekstraksi pola tekstur dengan menghitung spektrum magnitudo citra yang menunjukkan kekuatan berbagai frekuensi dalam citra tersebut.

2.3 Mengukur akurasi hasil temu kembali citra

Mengukur hasil temu kembali citra dapat menggunakan nilai *Precision*, *Recall*, dan *F1 Score*. Ketiga nilai ini dihitung menggunakan persamaan 1, 2, dan 3.

$$\text{Precision} = \frac{\text{Jumlah citra relevan yang ditemukan}}{\text{Jumlah total citra yang ditemukan}} \quad (1)$$

$$\text{Recall} = \frac{\text{Jumlah citra relevan yang ditemukan}}{\text{Jumlah total citra relevan dalam basis data}} \quad (2)$$

$$\text{F1 Score} = 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}} \quad (3)$$

Nilai *Precision* mengukur seberapa banyak citra yang ditemukan oleh sistem temu kembali (*retrieval*) adalah benar-benar relevan terhadap citra uji. Nilai *precision* tinggi berarti sebagian besar hasil temu kembali adalah citra relevan. Nilai *Recall* mengukur seberapa banyak citra relevan yang ada dalam basis data berhasil ditemukan oleh sistem temu kembali. Nilai *recall* tinggi berarti sistem temu kembali dapat menemukan sebagian besar citra relevan yang ada. Nilai *F1 Score* adalah rata-rata harmonik dari *precision* dan *recall*, digunakan untuk mengevaluasi keseimbangan sistem temu kembali secara keseluruhan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, tahap pertama dan kedua adalah pra-proses citra yaitu menyiapkan citra untuk proses penelitian selanjutnya. Citra abu-abu atau *gray scale* diperoleh dari mengubah citra berwarna RGB atau *Red, Green, Blue* dengan cara menghitung rata-rata dari jumlah nilai piksel merah, hijau, dan biru.

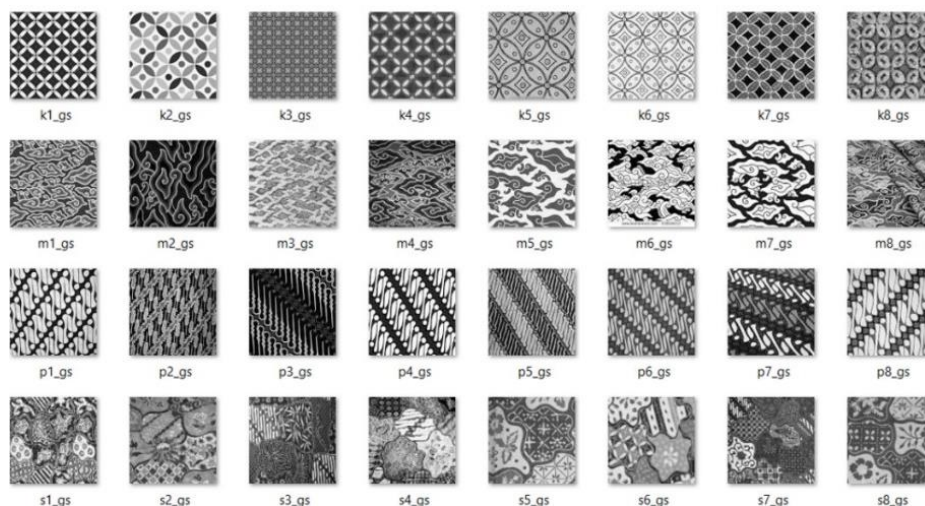
3.1 Modifikasi Kontras Menggunakan Metode Histogram Equalization

Basis data citra berwarna dan citra abu-abu dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3. Pada proses selanjutnya menggunakan citra abu-abu karena dapat mengurangi kompleksitas komputasi pada proses ekstraksi fitur citra.

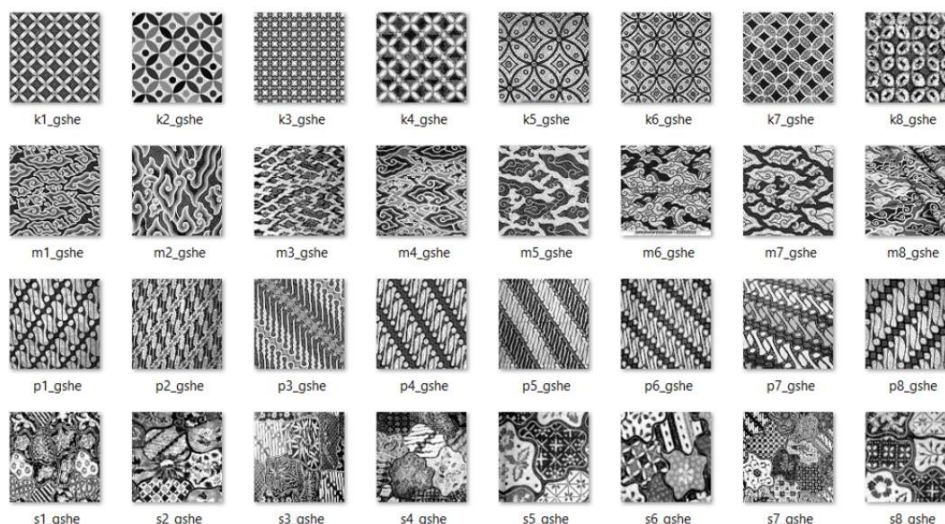


Gambar 2. Basis data citra berwarna (RGB)

Modifikasi kontras citra yaitu untuk memperoleh kontras yang lebih baik menggunakan metode perataan histogram atau *Histogram Equalization* (HE). Kontras pada sebuah citra adalah berhubungan dengan distribusi intensitas piksel. Gambar 4 adalah basis data citra setelah dilakukan perataan histogram. Pada citra dengan kontras yang baik atau distribusi intensitas piksel seimbang maka tekstur atau obyek yang ada di dalam citra menjadi terlihat lebih jelas.



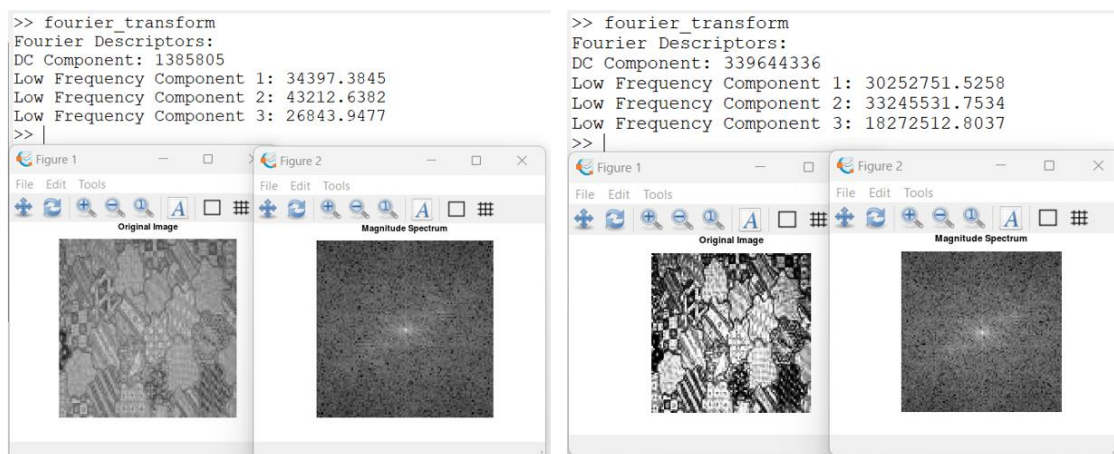
Gambar 3. Basis data citra abu-abu



Gambar 4. Basis data citra hasil modifikasi kontras

3.2 Ekstraksi Tekstur Menggunakan Metode Fast Fourier Transform

Fast Fourier Transform (FFT) memberikan gambaran pola tekstur yang berulang atau periodik, efektif memisahkan komponen frekuensi rendah yang sering mendominasi pola tekstur dalam citra. *Fourier descriptors* terdiri dari beberapa komponen, antara lain: *Direct Current* (DC) *Component*, *Low Frequency Component* 1, 2, dan 3. *DC Component* mewakili rata-rata intensitas citra dan memberikan informasi dasar tentang kecerahan citra. *Low Frequency Component* 1, 2, dan 3 berhubungan dengan pola tekstur yang lebih halus.



Gambar 5. Ekstraksi fitur menggunakan FFT

Fitur-fitur tekstur citra dapat diambil dari komponen frekuensi rendah dan tinggi, yang dapat membedakan tekstur sebuah citra seperti halus, kasar, atau berulang. Empat komponen ini dapat menentukan karakteristik tekstur, sehingga pada penelitian ini menjadi ciri fitur untuk citra uji dan basis data citra. Gambar 5 adalah hasil proses FFT pada citra uji ss1 abu-abu [26], gambar sebelah kiri yaitu citra tanpa perataan histogram sedangkan sebelah kanan citra dengan perataan histogram.

3.3 Menghitung Jarak Citra Uji Dengan Citra Basis Data

Menghitung jarak antara citra yang dicari atau citra uji (t) dengan seluruh citra yang ada di basis data menggunakan jarak Manhattan (*Manhattan distance*). Empat nilai fitur yang diperoleh dari FFT dan dimiliki oleh setiap citra, digunakan untuk menghitung jarak antara citra uji dengan basis data citra. Data jarak ini diurutkan secara *ascending* yaitu dari jarak yang terkecil sampai dengan yang terbesar. Semakin kecil jarak citra maka tekstur basis data citra dengan citra uji semakin mirip.

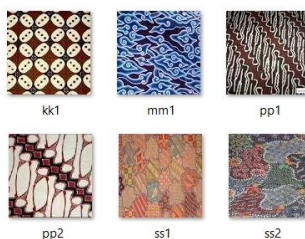
Tabel 1. Tabel hasil pencarian citra ss1

No.	Basis data citra (i)	Jarak (i)	Basis data citra (ii)	Jarak (ii)
1	p4	65966,73	s3	16078994,85
2	s1	72621,38	s4	43303727,92
3	s2	87075,51	s1	45194588,9
4	k8	116931,16	m4	46288022,06
5	m1	151599,21	s2	48205653,58
6	p6	162847,71	m8	51171826,11
7	p1	172228,12	p2	53094890,79
8	s6	173539,99	m2	54102351,98
9	m7	195854,46	s7	55000833,57
10	s5	198438,97	p8	55223531,98
11	s8	204019,57	s6	55861273,22
12	m8	208099,4	p7	56347370,06
13	k1	211006,42	m6	57016265,77
14	p5	216505,81	p5	57307373,45
15	k5	236714,08	p1	57595114,97
16	p8	258043,79	p6	58597664,08
17	m5	273629,45	m3	59128611,8
18	k3	318532,35	s8	60524265,61
19	s4	319159,22	k5	63923908,06
20	m6	323696,04	k2	66369871,92

Citra yang dicari ss1_gs

Citra yang dicari ss1_gshe

Pada Tabel 1 mencatat hasil pencarian citra ss1 pada basis data citra yang telah diurutkan secara *ascending* untuk dua puluh baris pertama. Citra uji ss1 secara visual mirip dengan basis data citra berawalan huruf s. Citra uji dapat dilihat pada Gambar 6. Kolom Jarak (i) mencatat jarak yang diperoleh dari citra tanpa proses perataan histogram. Didapatkan citra yang mirip dengan ss1 adalah enam buah yaitu: s1, s2, s6, s5, s8, dan s4. Kolom Jarak (ii) mencatat jarak yang diperoleh dari citra dengan proses perataan histogram. Terdapat tujuh buah citra yang mirip dengan ss1 yaitu: s3, s4, s1, s2, s7, s6, dan s8. Perataan histogram dapat meningkatkan akurasi hasil temu kembali citra.



Gambar 6. Citra uji (t)

Pada Tabel 2 mencatat hasil pencarian citra pp2 pada basis data citra yang telah diurutkan secara *ascending* untuk dua puluh baris pertama. Citra uji pp2 secara visual mirip dengan basis data citra berawalan huruf p. Kolom Jarak (i) mencatat jarak yang diperoleh dari citra tanpa proses perataan histogram. Didapatkan citra yang mirip dengan pp2 adalah lima buah yaitu: p8, p1, p4, p6, dan p5. Kolom Jarak (ii) mencatat jarak yang diperoleh dari citra dengan proses perataan histogram. Terdapat enam buah citra yang mirip dengan pp2 yaitu: p8, p2, p5, p1, p7, dan p6. Sama seperti hasil pencarian ss1, perataan histogram juga meningkatkan akurasi hasil pencarian pp2.





Tabel 2. Tabel hasil pencarian citra pp2

No.	Basis data citra (i)	Jarak (i)	Basis data citra (ii)	Jarak (ii)
1	k5	71555,19	p8	14513963,45
2	p8	85414,9	m2	14523697,63
3	m7	88547,57	s2	15196792,42
4	p1	92670,47	m8	16293585,01
5	s6	99243	p2	16457609,2
6	m5	101000,56	p5	16597804,92
7	m3	155346	p1	16885546,45
8	m6	166895,28	p7	17768236,79
9	p4	232663,84	p6	17888095,55
10	s1	255146,61	m3	20656593,62
11	s2	266357,97	m4	23395092,95
12	k2	271244,3	k5	24424691,53
13	k8	283628,27	s1	24553450,43
14	m1	318296,32	k7	27834620,33
15	p6	329544,82	m6	28608178,46
16	m8	367084,22	s7	29658314,95
17	k1	377703,53	s6	30158266,44
18	s5	380964,21	k6	30924600,57
19	s8	386544,81	k8	33436819,65
20	p5	392305,94	m1	33709265,23
Citra yang dicari pp2_gs			Citra yang dicari pp2_gshe	





3.4 Citra Hasil Temu Kembali

Setelah diperoleh data jarak citra seperti pada Tabel 1 dan Tabel 2, proses selanjutnya adalah mengetahui akurasi temu kembali citra menggunakan nilai *Precision*, *Recall*, dan *F1 Score*. Nilai *precision* tinggi berarti sebagian besar hasil temu kembali adalah citra relevan. Nilai *recall* tinggi berarti sistem temu kembali dapat menemukan sebagian besar citra relevan yang ada. Nilai *F1 Score* digunakan untuk mengevaluasi keseimbangan sistem temu kembali.

Pada penelitian ini basis data memiliki 32 citra. Setiap citra uji memiliki 8 citra relevan di dalam basis data yaitu citra yang mirip dengan citra uji. Sistem temu kembali mengambil 5 citra hasil pencarian yang memiliki jarak terdekat dengan citra uji. Gambar 7 menampilkan lima citra urutan teratas hasil pencarian empat buah citra uji. Pada kolom satu menampilkan hasil pencarian citra kk1. Pada kolom dua menampilkan hasil pencarian citra kk1 dengan perataan histogram. Pada kolom tiga menampilkan hasil pencarian citra mm1. Sedangkan pada kolom empat menampilkan hasil pencarian citra mm1 dengan perataan histogram. Hasil pencarian kk1 tanpa dan dengan perataan histogram, masing-masing diperoleh satu buah citra relevan yaitu k8 dan k5. Hasil pencarian mm1 tanpa perataan histogram tidak menemukan citra yang relevan, apabila dengan perataan histogram diperoleh satu buah citra relevan m1. Pada percobaan ini, modifikasi kontras dengan perataan histogram meningkatkan akurasi hasil temu kembali.

Citra yang dicari (t)		Citra yang dicari (t)		Citra yang dicari (t)		Citra yang dicari (t)	
kk1_gs		kk1_gshe		mm1_gs		mm1_gshe	
Database citra	Jarak	Database citra	Jarak	Database citra	Jarak	Database citra	Jarak
k8	53964,4	p1	8012338,16	k7	51192,4	k7	6967418,86
s2	67082,39	p7	8566849,57	k4	97406,36	m1	9796646,59
s1	74578,84	s2	12124394,79	s7	123822,43	k8	9888999,25
p4	79663	k5	12819586,32	p2	123969,6	p6	11736363,51
m1	118199,46	p8	14395726,21	k3	124965,82	p7	12744296,53

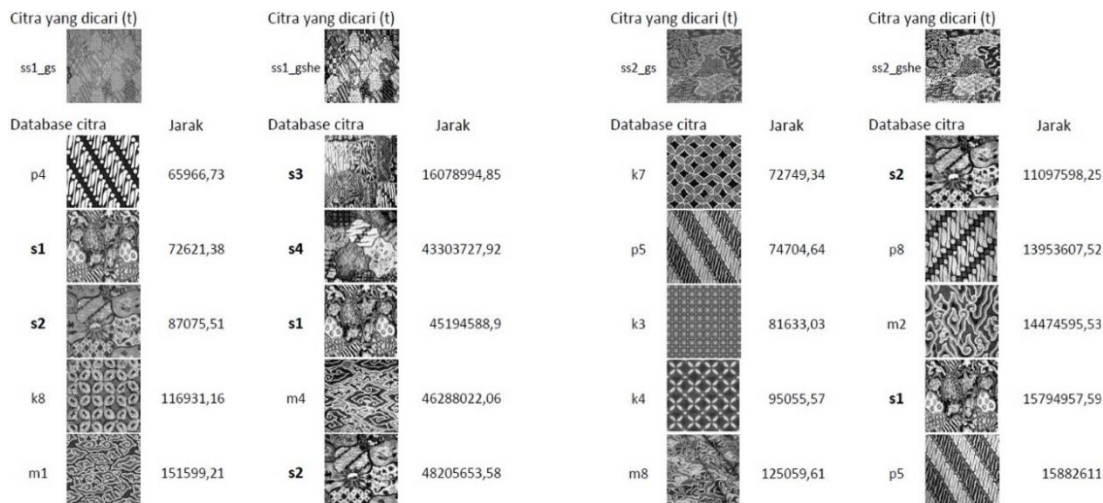
Gambar 7. Hasil temu kembali pencarian citra kk1 dan mm1

Citra yang dicari (t)		Citra yang dicari (t)		Citra yang dicari (t)		Citra yang dicari (t)	
pp1_gs		pp1_gshe		pp2_gs		pp2_gshe	
Database citra	Jarak	Database citra	Jarak	Database citra	Jarak	Database citra	Jarak
p7	54100,83	m4	14015843,21	k5	71555,19	p8	14513963,45
m4	97279,92	p7	14491790,13	p8	85414,9	m2	14523697,63
s3	145093,45	s2	18813367,3	m7	88547,57	s2	15196792,42
p2	164581,12	s1	22373925,34	p1	92670,47	m8	16293585,01
s7	185986,71	p1	25521369,16	s6	99243	p2	16457609,2

Gambar 8. Hasil temu kembali pencarian citra pp1 dan pp2

Pada Gambar 8 menampilkan lima citra urutan teratas hasil pencarian empat buah citra uji. Pada kolom satu menampilkan hasil pencarian citra pp1. Pada kolom dua menampilkan hasil pencarian citra pp1 dengan perataan histogram. Pada kolom tiga menampilkan hasil pencarian citra pp2. Sedangkan pada kolom empat menampilkan hasil pencarian citra pp2 dengan perataan histogram. Hasil pencarian pp1 tanpa dan dengan perataan histogram, masing-masing diperoleh dua buah citra relevan. Pencarian pp1 tanpa perataan histogram diperoleh p7 dan p2. Pencarian pp1 dengan perataan histogram diperoleh p7 dan p1. Hasil pencarian pp2 tanpa dan dengan perataan histogram, masing-masing diperoleh dua buah citra relevan. Pencarian pp2 tanpa perataan histogram diperoleh p8 dan p1. Pencarian pp2 dengan perataan histogram diperoleh p8 dan p2. Pada percobaan ini, modifikasi kontras dengan perataan histogram tidak meningkatkan akurasi hasil temu kembali.

Pada Gambar 9 menampilkan lima citra urutan teratas hasil pencarian empat buah citra uji. Pada kolom satu menampilkan hasil pencarian citra ss1. Pada kolom dua menampilkan hasil pencarian citra ss1 dengan perataan histogram. Pada kolom tiga menampilkan hasil pencarian citra ss2. Sedangkan pada kolom empat menampilkan hasil pencarian citra ss2 dengan perataan histogram. Hasil pencarian ss1 tanpa perataan histogram diperoleh dua citra relevan yaitu s1 dan s2. Pencarian ss1 dengan perataan histogram diperoleh empat citra relevan yaitu s3, s4, s1, dan s2. Hasil pencarian ss2 tanpa perataan histogram tidak menemukan citra yang relevan. Hasil pencarian ss2 dengan perataan histogram diperoleh dua citra relevan yaitu s2 dan s1. Pada percobaan ini, modifikasi kontras dengan perataan histogram meningkatkan akurasi pada hasil temu kembali.



Gambar 9. Hasil temu kembali pencarian citra ss1 dan ss2

Jumlah citra hasil temu kembali yang relevan dirangkum pada Tabel 3. Hasil temu kembali citra tanpa perataan histogram atau modifikasi kontras diperoleh 7 citra relevan, sedangkan citra dengan modifikasi kontras diperoleh 12 citra relevan. Hasil percobaan diperoleh peningkatan akurasi sebesar 71,4%. Peningkatan akurasi tertinggi diperoleh dari temu kembali menggunakan citra uji ss1 dan ss2. Temu kembali menggunakan citra uji pp1 dan pp2 tidak terjadi peningkatan akurasi.

Tabel 3. Jumlah citra hasil temu kembali yang relevan

No.	Citra uji	Tanpa modifikasi kontras	Dengan modifikasi kontras
1	kk1	1	1
2	mm1	0	1
3	pp1	2	2
4	pp2	2	2
5	ss1	2	4
6	ss2	0	2
Jumlah		7	12

Nilai *Precision*, *Recall*, dan *F1-Score* pada citra tanpa modifikasi kontras dirangkum pada Tabel 4. Pada citra uji mm1 dan ss2 tidak ada citra relevan yang ditemukan maka nilai *Precision* dan *Recall* adalah 0 serta tidak memiliki nilai *F1-Score*. Citra uji pp1, pp2, dan ss1, nilai *Precision* = 0,4 menunjukkan citra yang diambil oleh sistem 40% adalah relevan, dengan *Recall* = 0,25 yaitu hanya 25% yang berhasil ditemukan. Nilai *F1-Score*=0,3, menunjukkan bahwa sistem temu kembali cukup seimbang dalam menghasilkan hasil yang relevan dan akurasi masih dapat ditingkatkan. Pada temu kembali citra kk1 memperoleh hasil akurasi yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan pp1, pp2, dan ss1. Hasil temu kembali citra pp1, pp2, dan ss1 memiliki akurasi yang paling tinggi apabila dibandingkan dengan citra uji yang lain. Hasil temu kembali citra mm1 dan ss2 memiliki akurasi yang paling rendah apabila dibandingkan dengan citra uji yang lain.

Tabel 4. Nilai Precision, Recall, dan F1-Score pada citra tanpa modifikasi kontras

No.	Citra uji	Precision	Recall	F1-Score
1	kk1	0,2	0,125	0,15385
2	mm1	0	0	-
3	pp1	0,4	0,25	0,30769
4	pp2	0,4	0,25	0,30769
5	ss1	0,4	0,25	0,30769
6	ss2	0	0	-

Nilai *Precision*, *Recall*, dan *F1-Score* pada citra dengan modifikasi kontras dirangkum pada Tabel 5. Citra uji pp1, pp2, dan ss2, nilai *Precision* = 0,4 menunjukkan citra yang diambil oleh sistem 40% adalah relevan, dengan *Recall* = 0,25 yaitu hanya 25% yang berhasil ditemukan. Nilai *F1-Score*=0,3, menunjukkan bahwa sistem temu kembali cukup seimbang dalam menghasilkan hasil yang relevan dan akurasi masih dapat ditingkatkan. Citra uji ss1, nilai *Precision* = 0,8 menunjukkan citra yang diambil oleh sistem 80% adalah relevan dengan *Recall* = 0,5 yaitu 50% yang berhasil ditemukan. Nilai *F1-Score*=0,61, menunjukkan bahwa sistem temu kembali cukup seimbang dalam menghasilkan hasil yang relevan dan akurasi masih dapat ditingkatkan. Hasil temu kembali citra ss1 memiliki akurasi

yang paling tinggi apabila dibandingkan dengan citra uji yang lain. Hasil temu kembali citra kk1 dan mm1 memiliki akurasi yang paling rendah apabila dibandingkan dengan citra uji yang lain.

Tabel 5. Nilai Precision, Recall, dan F1-Score pada citra dengan modifikasi kontras

No.	Citra uji	Precision	Recall	F1-Score
1	kk1	0,2	0,125	0,15385
2	mm1	0,2	0,125	0,15385
3	pp1	0,4	0,25	0,30769
4	pp2	0,4	0,25	0,30769
5	ss1	0,8	0,5	0,61538
6	ss2	0,4	0,25	0,30769

4. KESIMPULAN

Modifikasi kontras menggunakan *Histogram Equalization* dapat meningkatkan kualitas tekstur citra, sehingga obyek pada citra terlihat menjadi lebih baik. Pada penerapan temu kembali citra berbasis isi (CBIR), citra hasil modifikasi kontras berhasil meningkatkan akurasi hasil pencarian citra. Hasil percobaan diperoleh peningkatan akurasi sebesar 71,4%. Peningkatan akurasi tertinggi diperoleh dari temu kembali menggunakan citra uji ss1 dan ss2 yaitu citra Batik dengan tekstur Sekar Jagad. Citra uji ss1 adalah yang tertinggi pada nilai *Precision* dan *Recall*, yaitu citra yang diambil oleh sistem 80% adalah relevan dengan 50% berhasil ditemukan. Namun dengan citra uji pp1 dan pp2 yaitu citra Batik dengan tekstur Parang tidak terjadi peningkatan akurasi. Penelitian lebih lanjut masih diperlukan untuk menguji akurasi hasil temu kembali citra, terutama pada pra-proses untuk tekstur citra dengan motif batik lain.

REFERENCES

- [1] D. Srivastava, S.S. Singh, B. Rajitha, M. Verma, M. Kaur, and H.N. Lee, "Content-Based Image Retrieval: A Survey on Local and Global Features Selection, Extraction, epresentation, and Evaluation Parameters," *IEEE Access*, Volume 11, p.95410-95431, 2023, <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3308911>.
- [2] X. Li, J. Yang, and J. Ma, "Recent developments of content-based image retrieval (CBIR)," *Neurocomputing*, 452, p.675–689, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2020.07.139>.
- [3] N.K. Rout, M. Atulkar, and M.K. Ahirwal, "A review on content-based image retrieval system: present trends and future challenges," *Int. J. Computational Vision and Robotics*, Vol. 11, No. 5, p.461-485, 2021, <https://doi.org/10.1504/IJCVR.2021.117578>.
- [4] I.M. Hameed, S.H. Abdhussain, and B.M. Mahmmod, "Content-based image retrieval: A review of recent trends," *Cogent Engineering*, 8:1927469, p.1-37, 2021, <https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1927469>.
- [5] W.A. Wahyuni, E. Utami, A.D. Hartanto, "Content Based Image Retrieval Menggunakan Tamura Texture Fitur Pada Kain Songket Khas Lombok," *EXPLORE*, Vol. 11, No 2, p.35-39, 2021, <https://doi.org/10.35200/explore.v11i2.440>.
- [6] A.E. Minarno, I. Soesanti, and H.A. Nugroho, "Batik Image Representation using Multi Texton Co-occurrence Histogram," *JOIV: Int. J. Inform. Visualization*, 8(3-2): IT for Global Goals: Building a Sustainable Tomorrow, p.1582-1589, November 2024, <http://dx.doi.org/10.62527/joiv.8.3-2.3095>.
- [7] A. Aglasia, S.Y. Irianto, S. Karnila, and D. Yuliawati, "Image Sketch Based Criminal Face Recognition Using Content Based Image Retrieval," *Scientific Journal of Informatics* Vol. 8, No. 2, p.176-182, Nov 2021, <https://doi.org/10.15294/sji.v8i2.27865>.
- [8] I.H. Iksari, R. Amalia, and P. Rosyani, "Segmentasi Citra Bunga Menggunakan Blob Analisis Building of Informatics," *Technology and Science (BITS)*, Volume 3, No 3, p.228–234, December 2021, <https://doi.org/10.47065/bits.v3i3.1050>.
- [9] H. Syarif, P.N. Andono, "Content Based Image Retrieval Berbasis Color Histogram Untuk Pengklasifikasian Ikan Koi Jenis Kohaku," *JIPi (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, Vol. 8, No. 2, p. 616-626, Juni 2023, <https://doi.org/10.29100/jipi.v8i2.3612>
- [10] R.C. Gonzalez, R.E. Woods, *Digital image processing*, 4th Global Edition, Pearson, 2017.
- [11] R. Bibi, Z. Mehmood, R.M. Yousaf, T. Saba, M. Sardaraz, and A. Rehman, "Query-by-visual-search: multimodal framework for content-based image retrieval," *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, Volume 11, p.5629–5648, 2020, <https://doi.org/10.1007/s12652-020-01923-1>.
- [12] A. Kadir, A. Susanto, *Teori Dan Aplikasi Pengolahan Citra*, Yogyakarta: Penertbit Andi, 2013.
- [13] R. Pratama, 2020, <https://www.kaggle.com/datasets/rezapratama/motif-batik>
- [14] Gery X G, 2023, <https://www.kaggle.com/datasets/geryxg/corak-batik>
- [15] V. Lusiana, I.H. Al Amin, and F.A. Sutanto, "Pengaruh Peningkatan Kualitas Citra Menggunakan Modifikasi Kontras Pada Kompresi Data RLE," *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, Volume 4, No 1, p.270–276, 2022, <https://doi.org/10.47065/bits.v4i1.1646>.
- [16] F.H. Lubis, M. Syahrizal, K. Tampubolon, S. Sinurat, "Peningkatan Kontras Menggunakan Metode Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization Pada Citra Paru-Paru Yang Kecanduan Rokok," *JURIKOM (Jurnal Riset Komputer)*, Vol. 8, No. 1, Hal. 15–19, 2021, DOI: <http://dx.doi.org/10.30865/jurikom.v7i5.2284>.
- [17] A. Latif, A. Rasheed, U. Sajid, J. Ahmed, N. Ali, N.I. Ratya, B. Zafar, S.H. Dar, M. Sajid, and T. Khalil, "Content-Based Image Retrieval and Feature Extraction: A Comprehensive Review," *Mathematical Problems in Engineering*, Volume 2019, Article ID 9658350, 21 pages, 2019, <https://doi.org/10.1155/2019/9658350>.



- [18] J.H. Dewan, S.D. Thepade, "Image Retrieval Using Low Level and Local Features Contents: A Comprehensive Review," *Applied Computational Intelligence and Soft Computing*, Volume 2020, Article ID 8851931, 20 pages, 2020, <https://doi.org/10.1155/2020/8851931>.
- [19] H.I. Mhaibes, Q.M. Shallal, and M.H. Abood, "A Smart Content-Based Image Retrieval Approach Based on Texture Feature and Slantlet Transform," *The International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems (IJECEs)*, Vol. 13, No. 8, p.621-631, 2022, DOI: <https://doi.org/10.32985/ijece.s.13.8.2>.
- [20] H. Wang, H. Qu, J. Xu, J. Wang, Y. Wei, and Z. Zhang, "Combining Statistical Features and Local Pattern Features for Texture Image Retrieval," *IEEE Access*, Volume: 8, p.222611-222624, 2020, <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3043413>.
- [21] D. Nurnaningsih, D. Alamsyah, A. Herdiansah, and A.A.J. Sinlae, "Identifikasi Citra Tanaman Obat Jenis Rimpang dengan Euclidean Distance Berdasarkan Ciri Bentuk dan Tekstur," *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, vol. 3, no. 3, pp. 171178, 2021, <https://doi.org/10.47065/bits.v3i3.1019>.
- [22] M. Alrahhal, K.P. Supreethi, "Integrating machine learning algorithms for robust content-based image retrieval," *International Journal of Information Technology*, Volume 16, p.5005–5021, 2024, <https://doi.org/10.1007/s41870-024-02169-2>.
- [23] S. Tena, R. Hartanto, and I. Ardiyanto, "Content-based image retrieval for fabric images: A survey," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science (IJECS)*, Vol. 23, No. 3, September 2021, p.1861-1872, <http://doi.org/10.11591/ijeecs.v23.i3.pp1861-1872>.
- [24] K.R. Rao, D.N. Kim, and J.J. Hwang, *Fast Fourier Transform: Algorithms and Applications*, Springer, 2010.
- [25] M.N. Haque, M.S. Uddin, "Accelerating Fast Fourier Transformation for Image Processing using Graphics Processing Unit," *Journal of Emerging Trends in Computing and Information Sciences*, Volume 2, No.8, p.367-375, 2011.
- [26] J.W. Eaton, D. Bateman, S. Hauberg, R. Wehbring, *the Octave (version 5.1.0) documentation fifth edition*, GNU Octave, 2019.