

Karakteristik Metode Sift dalam Aplikasi Sistem Pengenalan Motif Batik

MILDA GUSTIANA HUSADA¹, DINA BUDHI UTAMI², IWAN ZAR³

^{1,2,3}Informatika, Institut Teknologi Nasional Bandung

Email: mghusada@itenas.ac.id

Received 30 November 201x | *Revised* 30 Desember 201x | *Accepted* 30 Januari 201x

ABSTRAK

Pada kajian ini dibahas penerapan CBIR yaitu cara perolehan temu balik (retrieval) objek citra melalui proses perbandingan antara citra uji terhadap citra latih yang dikumpulkan dalam suatu database. Proses membandingkan citra berlandaskan pada tanda-tanda (ciri) yang dimiliki diantara citra tersebut. Tanda-tanda yang digunakan pada cara CBIR yaitu berdasarkan kemiripan warna, bentuk, dan tekstur. Pada makalah ini metode SIFT digunakan untuk mendapatkan dan mendeskripsikan fitur-fitur lokal yang ada pada citra. Fitur citra latih dan citra uji yang diperoleh kemudian dibandingkan dengan menggunakan Nearest Neighbour Search untuk memperoleh tingkat kemiripan (proses image matching). Pengujian dilakukan pada citra yang diperoleh melalui kamera dan citra yang sudah berupa data digital. Berdasarkan pengujian, nilai precision dan recall untuk citra uji yang diambil melalui kamera berturut-turut adalah 64% dan 12,8%, sedangkan untuk citra uji dari digital dioleh adalah 84% dan 16.8%.

Kata kunci: *CBIR, SIFT, Image Matching, Nearest Neighbor Search*

ABSTRACT

This study discusses the application of CBIR, which is a way to retrieve objects in the form of image, by comparing tested-images-against training images which are collected in a database. Comparison of images is based on the characteristic information in the image. CBIR method is used for searching process based on the similarity of colors, shapes, and textures. In this paper the SIFT method is applied to obtain and describe local characteristics of the images. The obtained features of trained-image and image query are compared to provide similarity by using Nearest Neighbor Search. Tests are carried out on images that obtained through cameras and images that have been in the form of digital data previously, which known as image matching process. Based on the testing, the precision and recall values for test images that taken through cameras are 64% and 12.8% respectively, while for digital test images obtained are 84% and 16.8%.

Keywords: *CBIR, SIFT, Image Matching, Nearest Neighbor Search*

1. PENDAHULUAN

Pada era komputer seperti saat ini, pengenalan (*recognition*) merupakan bidang penelitian yang menjadi sorotan. Pada umumnya objek pengenalan berkaitan dengan tulisan (teks) dan citra. Sejumlah penelitian telah menghasilkan publikasi berkenaan pengenalan objek menggunakan bantuan komputer untuk proses temu kembali (*retrieval*). Kajian temu kembali meliputi objek tulisan (*text-document retrieval*) dan citra (*image retrieval*) (Setiyawan, 2013)(Pratama, 2014)(Agustin, 2013)(Putri, 2015).

Batik adalah hasil cipta masyarakat Indonesia berupa kain yang bercorak khas yang mana pada masa kini menjadi makin lebih populer. Batik, baik proses pembuatan maupun corak yang dimiliki setiap daerah adalah menjadi bagian warisan yang wajib dilestarikan. Namun demikian beragamnya motif batik membuat masyarakat sulit untuk mengenalinya satu-persatu. Hal lainnya adalah kemiripan antara satu motif batik dan motif batik lainnya dengan ragam hias dan pola yang hampir serupa juga membuat masyarakat sulit untuk membedakan. Informasi batik dapat diperoleh melalui katalog, berkunjung ke museum atau galeri batik maupun kepada para seniman batik. Untuk mendapatkan informasi secara praktis, aplikasi pencarian kemiripan antar motif batik menjadi sasaran penelitian ini. Era teknologi saat ini, terutama berkaitan dengan teknik pemrosesan citra (*image processing*), sangat menunjang untuk membentuk sistem pengenalan kemiripan antar motif batik. Teknik Content Based Image Retrieval merupakan bidang *Computer Vision* (CV) dan digunakan untuk melakukan pencarian kemiripan bentuk motif batik, dimana metode *Scale Invariant Feature Transform* (SIFT) digunakan sebagai teknik perolehan fitur pada aplikasi yang dibangun.

Proses perancangan maupun pembuatan aplikasi menjadi bagian untuk mewujudkan sarana bantu bagi pengguna dalam hal pencarian kemiripan bentuk motif batik. Disamping hal tersebut, hal penting lainnya adalah bagaimana menerapkan teknik *Content Based Image Retrieval* dengan menggunakan metode SIFT sebagai teknik perolehan fitur suatu motif batik. Pada pengkajian ini beberapa hal menjadi ruang lingkup berkaitan dengan aplikasi yang dibentuk. Citra baik sebagai citra pada proses pelatihan maupun pada proses pencarian (cirra uji) memuat tidak lebih dari satu motif batik. Motif batik yang digunakan citra latihan memiliki ukuran 300 x 300 piksel. Pada proses pencarian kemiripan antar motif batik, hasil yang diperoleh adalah 10 citra dengan kemiripan terbaik. Pada kajian ini motif batik yang digunakan adalah motif kawung, motif nitik, dan motif parang. Dalam hal pengujian, citra uji yang digunakan adalah citra motif batik yang tersimpan dalam kumpulan citra (*database*), dan, citra motif batik yang langsung diperoleh melalui kamera.

2. INFORMASI LINGKUP KAJIAN

2.1 Batik

Batik merupakan hasil budaya masyarakat Indonesia berupa kain bermotif yang mengandung tanda (simbol) juga muatan seni dan keindahan yang tinggi. Ciri khas pada motif batik hasil karya masyarakat Indonesia menjadi jati diri dan pembeda dengan budaya bangsa lain. Indonesia sangat bangga dengan diterimanya batik oleh UNESCO sebagai peninggalan budaya bangsa. Gambar 1 menunjukkan satu motif batik yaitu batik kawung.

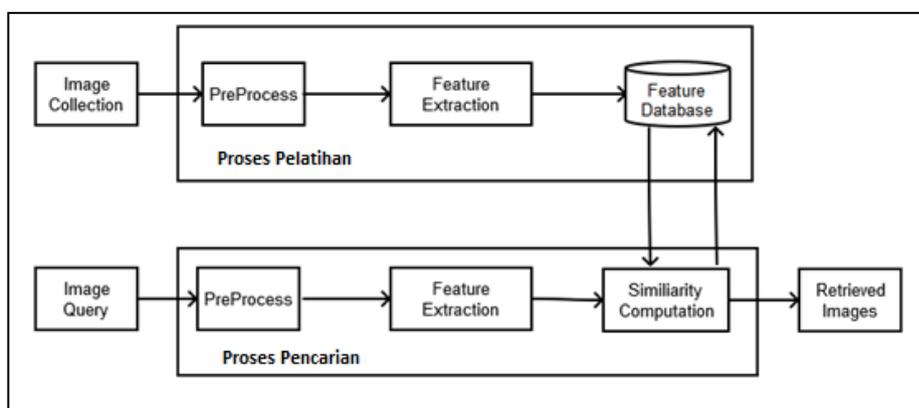


Gambar 1. Motif Batik Kawung

(Sumber <https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSWMEIu8I6CMN9WphUWTsqRTa7VBDjnUeYGWntN6GRJsmospXeMhg&s>)

2.2 Content Based Image Retrieval

Konsep temu balik untuk citra dengan nama CBIR (*Content Based Image Retrieval*) dilakukan dengan cara membandingkan antara citra yang dicari (*query*) terhadap kumpulan citra yang ada di dalam *database*. Perbandingan dilakukan berdasarkan informasi ciri yang dikandung pada setiap citra tersebut. Parameter pencarian yang umum digunakan pada metode CBIR adalah pencarian berdasarkan kemiripan terhadap warna (*color*), bentuk (*shape*), dan komposisi (*texture*). Berdasarkan arsitektur sistem CBIR (**Bharathi, K. 2017**) yang disusun ulang, secara umum proses CBIR seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses pada Metoda CBIR

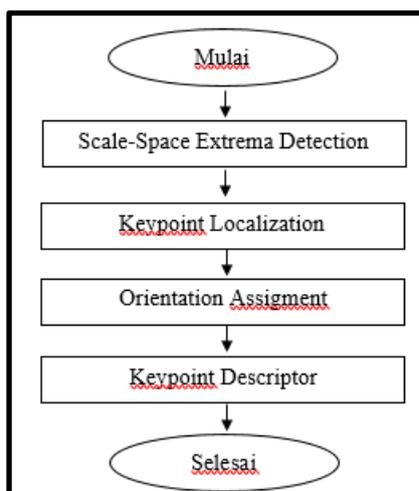
Berdasarkan proses pengolahan data, metoda CBIR dibagi menjadi dua bagian proses. Proses pertama adalah proses pelatihan (*Training*) yang merupakan proses pemasukan data ciri (fitur) citra ke dalam *database* kumpulan citra, dan proses kedua adalah proses pencarian (*searching*) yang mengandung proses pengenalan (*recognizing*) citra berdasarkan kemiripan ciri antara citra yang diuji terhadap citra yang dilatih.

Proses yang terjadi dalam metoda CBIR, pada subproses pelatihan dan pengujian terdapat kegiatan yang sama dan yang khusus. Proses yang terjadi baik pada subproses pelatihan maupun pencarian adalah *preprocessing* dan *feature extraction*. *Preprocessing* merupakan proses pengolahan citra untuk mengurangi pengaruh dari berbagai macam kondisi gambar. *Feature Extraction* merupakan proses ekstraksi informasi *low-level* pada citra yang pada umumnya berdasarkan warna, sisi, tekstur, dan bentuk.

Pada subproses pelatihan, setelah ciri citra yang diperoleh melalui feature extraction maka ciri tersebut disimpan di dalam *database* kumpulan ciri. *Database* dari kumpulan ciri ini digunakan sebagai pembanding untuk operasi *image matching* di dalam proses *similarity computation* yang ada pada proses pencarian (*retrieval*). Hasil kemiripan citra yang diperoleh (*retrieved images*) maka dilakukan proses pemeringkatan terhadap citra yang memiliki kemiripan (*relevant*) terhadap citra *query*. Dalam kajian ini keluaran dari proses pemeringkatan citra adalah memunculkan sejumlah citra yang memiliki kemiripan tersebut.

2.3 Scale-invariant feature transform

Dalam teknologi *computer vision*, dikenal algoritma untuk melakukan proses pendeteksian dan penafsiran fitur-fitur lokal yang ada pada citra, yaitu algoritma *Scale-Invariant Feature Transform* (SIFT). *Keypoint descriptor* suatu citra adalah yang dihasilkan oleh proses SIFT. Kemiripan antara dua buah citra diperoleh dengan membandingkan *keypoint descriptor* masing-masing citra tersebut. Proses-proses secara umum yang dilalui untuk menghasilkan *keypoint descriptor* dari SIFT terdiri atas empat tahapan utama yang diproses secara berurutan. Empat tahapan tersebut adalah (1) *Scale-Space Extrema Detection*, (2) *Keypoint Localization*, (3) *Orientation Assignment* dan (4) *Keypoint descriptor* (Lowe, 2004)(Almeida, 2009). Urutan proses tersebut ditampilkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart scale-invariant feature transform

Proses *Scale-Space Extrema Detection* melakukan proses pendeteksian lokasi pada citra yang akan digunakan sebagai sumber perolehan untuk calon *keypoint* dan akan diproses pada tahapan berikutnya. Proses mencari calon *keypoint* yang sesuai dilaksanakan dengan cara menentukan lokasi pada citra yang memiliki sifat *invariant* dengan perubahan skala. Pada proses *Keypoint Localization* dilakukan penghilangan (eliminasi) *keypoint* yang berciri tingkat kontras yang rendah, peka terhadap derau (*noise*) dan terdapat di sepanjang sisi. Tahap berikutnya adalah tahap *Orientation Assignment* yang menghasilkan informasi *keypoint* berupa lokasi pada citra dan skala. Pemberian orientasi yang konsisten pada setiap *keypoint* maka deskriptor SIFT dapat direpresentasikan relatif terhadap orientasi tersebut sehingga hasil yang diperoleh menjadi tahan terhadap operasi rotasi pada citra. Tahap akhir adalah proses untuk memperoleh *Keypoint Descriptor* dimana gradien citra dihitung dan dipilih disekitar skala pada *keypoint* untuk direpresentasikan sebagai deskriptor SIFT. *Keypoint Descriptor* yang dihasilkan bersifat tahan terhadap perubahan bentuk pada citra dan sedikit perubahan iluminasi.

2.4 Precision dan Recall

Karakteristik penilaian untuk ketepatan (*accuracy*) sistem temu kembali (*retrieval*) atas pengenalan objek dinilai dari sisi ketelitian (*precision*) dan jumlah perolehan (*recall*). **(Deselaers, T.2007) (Lestari, 2016)**. *Precision* merupakan perbandingan jumlah total citra relevan yang didapatkan melalui sistem terhadap jumlah seluruh citra yang diambil oleh sistem tersebut baik citra yang relevan ataupun yang tidak.

$$\text{Precision} = \frac{\text{jumlah objek relevan yang terambil}}{\text{Jumlah objek yang terambil}} \times 100\% \quad (1)$$

Recall merupakan perbandingan jumlah total citra relevan yang didapatkan oleh sistem dengan jumlah seluruh citra yang ada pada koleksi citra baik citra tersebut terambil oleh sistem maupun tidak.

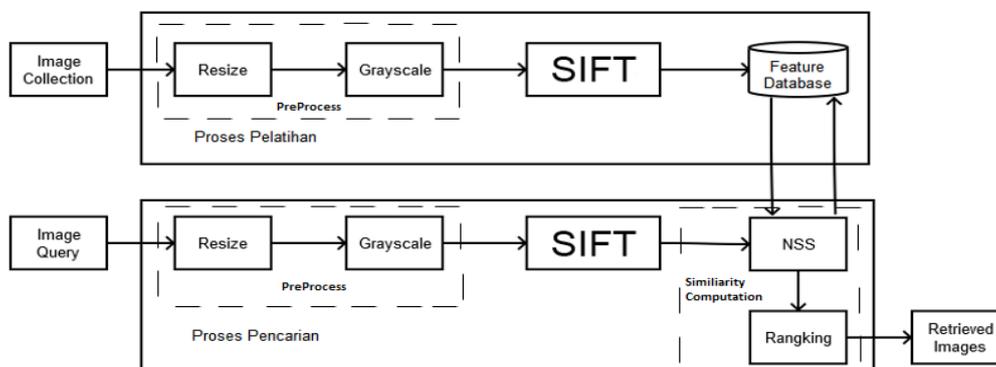
$$\text{Recall} = \frac{\text{Jumlah objek relevan yang terambil}}{\text{Jumlah objek relevan yang ada dalam database}} \times 100\% \quad (2)$$

Kedua karakteristik penilaian ini digunakan dalam pengujian aplikasi sistem pengenalan yang dibangun.

3. RANCANG BANGUN APLIKASI

3.1 Perancangan aplikasi

Pada bagian ini dipaparkan mengenai alur proses perancangan dari aplikasi sistem pencarian kemiripan bentuk motif batik dengan menerapkan metode SIFT. Adapun proses yang dilakukan diperlihatkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Diagram blok aplikasi sistem pengenalan motif batik

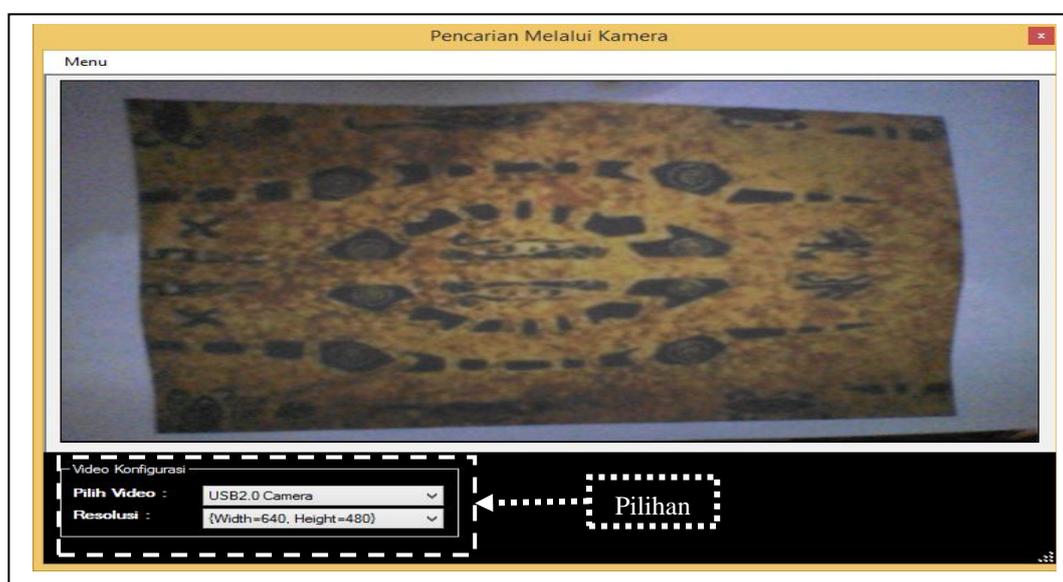
Aplikasi sistem pengenalan motif batik pada Gambar 3 memiliki dasar proses yang selaras dengan proses ditunjukkan oleh Gambar 2 sebelumnya. *Image Collection* merupakan kumpulan data citra sebagai data latih yang akan diperoleh ekstraksi fiturnya. *Image Query* adalah citra yang akan diuji kemiripannya dimana data ini diperoleh dari citra yang diambil melalui kamera maupun yang sudah dimiliki. *Preprocessing* yang dilakukan kepada citra yang digunakan, menjalankan proses *resize* dan *greyscaling*. Langkah selanjutnya adalah proses perolehan fitur citra, baik citra latih maupun citra uji, yang diekstraksi menggunakan algoritma SIFT. Untuk perolehan fitur dari citra latih maka fitur disimpan dalam *database*. Dalam proses pengenalan, fitur citra uji (*image query*) akan diekstraksi menggunakan algoritma SIFT, yang kemudian akan dibandingkan kemiripannya dengan fitur pada *database*. Proses perhitungan kemiripan fitur descriptor yang digunakan adalah *Nearest Neighbour Search* (NSS). Proses pemeringkatan (*ranking*) terhadap gambar diperoleh berdasarkan nilai dari proses pencocokan

kesamaan (*similarity matching*). Nilai pemeringkatan yang dihasilkan kemudian ditampilkan sebagai keluaran aplikasi yaitu berdasarkan urutan kemiripan citra uji dengan citra latih pada *database*.

3.2 Pembangunan aplikasi

Aplikasi terdiri atas empat pilihan utama yaitu (1) pilihan untuk proses pencarian dan pengenalan motif batik yaitu dengan mengisikan masukan citra uji berdasarkan citra yang sudah disiapkan, (2) pilihan untuk proses pencarian melalui kamera yang bertujuan untuk memasukkan citra uji (*image query*) secara langsung melalui kamera PC, (3) pilihan untuk proses pelatihan untuk memperoleh ekstraksi fitur dari data citra motif batik sebagai citra latih, dan (4) pilihan untuk menutup aplikasi pencarian kemiripan bentuk motif batik.

Gambar 5 memperlihatkan tampilan awal untuk proses pencarian dan pengenalan citra motif batik yang diperoleh melalui kamera PC. Pilihan masukan citra motif batik dilengkapi dengan pilihan yang berfungsi sebagai tipe video dan resolusi.



Gambar 5. Tampilan Pilihan Masukan Citra Uji Melalui Kamera

3.3 Proses menu Pencarian Motif Batik

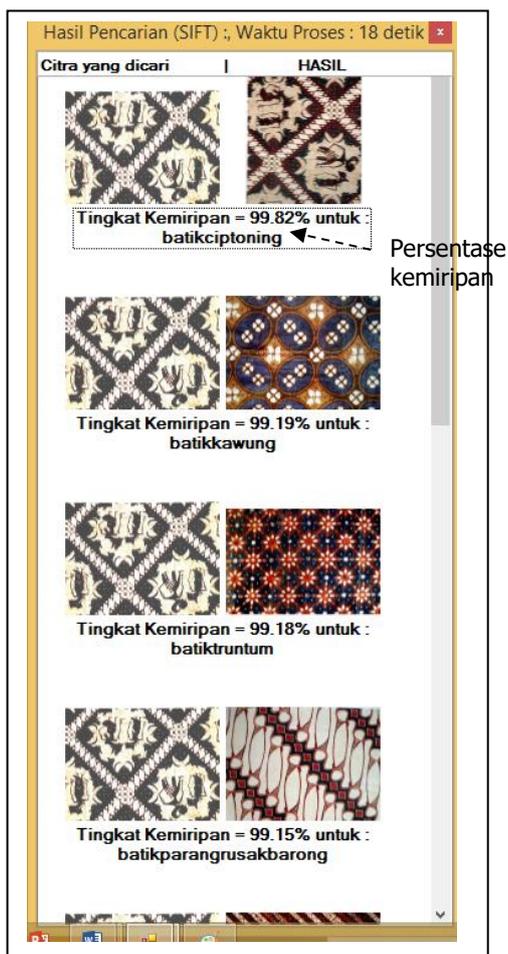
Pencarian motif batik dalam aplikasi berbasis CBIR ini dilakukan untuk memperoleh motif batik dengan tingkat kemiripan terdekat sebanyak 10 citra motif batik. Untuk proses pencarian motif batik dengan sumber data citra berupa berkas citra digital yang tersedia dalam suatu direktori, maka yang dilakukan adalah menjalankan menu pilihan Pencarian Motif Batik yang tampil pada menu awal. Keluaran yang ditampilkan adalah form keberadaan data seperti pada Gambar 6. Pada paparan ini, sebagai contoh proses pemilihan dan pengenalan, citra motif batik yang dipilih adalah motif batik ciptoning.

Hasil proses pengenalan yang dijalankan, diperoleh sepuluh citra motif batik yang memenuhi tingkat kemiripan. Gambar 7 memperlihatkan empat dari sepuluh motif batik dengan prosentase tingkat kemiripan yang dekat yaitu berturut-turut dari peringkat terbesar sampai terkecil adalah 99,82% , 99,19% , 99,18% dan 99,15%.

Karakteristik Metode Sift dalam Aplikasi Sistem Pengenalan Motif Batik



Gambar 6. Tampilan Aplikasi untuk Memilih Data Citra Motif Batik yang akan Diuji



Gambar 7. Tampilan Aplikasi untuk Perolehan 4 Hasil Pencarian dari 10

3.4 Pengujian proses pencarian

Pengujian proses pencarian dan pengenalan citra dijalankan dengan dua cara yaitu menggunakan citra yang diperoleh melalui kamera, dan, menggunakan citra uji dalam bentuk berkas citra yang tersimpan. Pengujian aplikasi dilakukan sebanyak 5 kali dari setiap jenis batik dimana jumlah batik adalah sebanyak 25 jenis sehingga jumlah keseluruhan pengujian adalah 125. Karakteristik kemiripan yang digunakan adalah menggunakan persentase *precision* dan *recall* yang dinyatakan berturut-turut oleh Persamaan (1) dan (2).

3.4.1 Pengujian Melalui Kamera

Pengujian citra yang dilakukan melalui kamera menggunakan satu motif citra batik yang akan diuji. Citra motif batik yang diuji diperoleh melalui kamera sebanyak 5 kali dengan orientasi yang berbeda-beda. Hasil pengujian citra motif batik melalui kamera dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Citra Motif Batik Melalui Kamera

No	Citra Batik (Data Uji)	Hasil	Kemiripan Motif Batik
1	Batik Ciptoning	4 dari 5 mirip	Motif Kawung
2	Batik Jogja	4 dari 5 mirip	Motif Kawung
3	Batik Tulis Madura	2 dari 5 mirip	Motif Kawung
4	Batik Truntum	3 dari 5 mirip	Motif Nitik
5	Batik Tiga Negeri	5 dari 5 mirip	Motif Kawung
6	Batik Tambal	4 dari 5 mirip	Motif Kawung
7	Batik Sulawesi Tengah	5 dari 5 mirip	Motif Kawung
8	Batik Sidomukti	3 dari 5 mirip	Motif Nitik
9	Batik Semarang Motif Tugu	0 dari 5 mirip	Motif Nitik
10	Batik Semarang	1 dari 5 mirip	Motif Nitik
11	Batik Sawat	5 dari 5 mirip	Motif Nitik
12	Batik Pekalongan	0 dari 5 mirip	Motif Nitik
13	Batik Parang Rusak Barong	3 dari 5 mirip	Motif Parang
14	Batik Parang Kusumo	1 dari 5 mirip	Motif Parang
15	Batik Papua	0 dari 5 mirip	Motif Parang
16	Batik Nitik Karawitan	5 dari 5 mirip	Motif Nitik
17	Batik Melayu Tamban	1 dari 5 mirip	Motif Parang
18	Batik Melayu Keranggong	1 dari 5 mirip	Motif Parang
19	Batik Madura	1 dari 5 mirip	Motif Parang
20	Batik Liris	5 dari 5 mirip	Motif Parang
21	Batik Kawung	4 dari 5 mirip	Motif Kawung
22	Batik Indonesia	4 dari 5 mirip	Motif Parang
23	Batik Gurda	5 dari 5 mirip	Motif Nitik
24	Batik Grompol	4 dari 5 mirip	Motif Nitik
25	Batik Cuwiri	3 dari 5 mirip	Motif Kawung

Dari hasil uji pada Tabel 1 terlihat bahwa dari 25 citra motif batik, yang mempunyai tingkat kemiripan (minimal 3 dari 5 mirip) terdapat 16 citra batik dan 9 citra motif batik (0 sampai 2 dari 5 mirip) yang terdeteksi tidak mirip dari total 25 citra. Tingkat kemiripan dalam persen (%) dihitung menggunakan persamaan (1) dan (2) yaitu *precision* dan *recall*.

$$\text{Precision} = \frac{16}{25} \times 100\% = 64\%$$

$$\text{Recall} = \frac{16}{125} \times 100\% = 12,8\%$$

3.4.2 Pengujian menggunakan citra uji tersimpan

Pada pengujian ini citra motif batik yang digunakan sebagai citra uji adalah citra motif batik yang sudah berbentuk berkas citra digital. Hasil uji kemiripan menggunakan citra uji tersimpan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Menggunakan Citra Uji Tersimpan

No	Citra Batik (Data Uji)	Hasil	Kemiripan Motif Batik
1	Batik Ciptoning	4 dari 5 mirip	Motif Kawung
2	Batik Jogja	4 dari 5 mirip	Motif Kawung
3	Batik Tulis Madura	3 dari 5 mirip	Motif Kawung
4	Batik Truntum	3 dari 5 mirip	Motif Nitik
5	Batik Tiga Negeri	5 dari 5 mirip	Motif Kawung
6	Batik Tambal	4 dari 5 mirip	Motif Kawung
7	Batik Sulawesi Tengah	5 dari 5 mirip	Motif Kawung
8	Batik Sidomukti	3 dari 5 mirip	Motif Nitik
9	Batik Semarang Motif Tugu	2 dari 5 mirip	Motif Nitik
10	Batik Semarang	3 dari 5 mirip	Motif Nitik
11	Batik Sawat	5 dari 5 mirip	Motif Nitik
12	Batik Pekalongan	3 dari 5 mirip	Motif Nitik
13	Batik Parang Rusak Barong	3 dari 5 mirip	Motif Parang
14	Batik Parang Kusumo	2 dari 5 mirip	Motif Parang
15	Batik Papua	2 dari 5 mirip	Motif Parang
16	Batik Nitik Karawitan	5 dari 5 mirip	Motif Nitik
17	Batik Melayu Tamban	2 dari 5 mirip	Motif Parang
18	Batik Melayu Keranggong	3 dari 5 mirip	Motif Parang
19	Batik Madura	3 dari 5 mirip	Motif Parang
20	Batik Liris	5 dari 5 mirip	Motif Parang
21	Batik Kawung	4 dari 5 mirip	Motif Kawung
22	Batik Indonesia	4 dari 5 mirip	Motif Parang
23	Batik Gurda	5 dari 5 mirip	Motif Nitik
24	Batik Grompol	4 dari 5 mirip	Motif Nitik
25	Batik Cuwiri	3 dari 5 mirip	Motif Kawung

Dari hasil uji pada Tabel 2 terlihat bahwa dari 25 citra motif batik, yang mempunyai tingkat kemiripan (minimal 3 dari 5 mirip) terdapat 21 citra batik adalah mirip, dan 4 citra motif batik (0 sampai 2 dari 5 mirip) yang terdeteksi tidak mirip. Tingkat kemiripan dalam persen (%) dihitung menggunakan Persamaan (1) dan (2) yaitu *precision* dan *recall*.

$$\text{Precision} = \frac{21}{25} \times 100\% = 84\%$$

$$\text{Recall} = \frac{21}{125} \times 100\% = 16.8\%$$

4. KESIMPULAN

Pada kajian ini telah dilakukan pengkajian karakteristik metoda SIFT yang diterapkan pada aplikasi pencarian kemiripan bentuk motif batik. Aplikasi meTahapan utamanya adalah mengekstraksi fitur pada citra uji dan kumpulan *citra* pada direktori dengan ekstraksi fitur SIFT terlebih dahulu mendapatkan *keypoint descriptor*. Setelah dilakukan ekstraksi fitur pada citra

langkah selanjutnya dapat menghitung similaritasnya dengan menggunakan *nearest neighbor search* untuk mengetahui bobot *citra* terendah dengan tingkat kemiripan yang tinggi.

Pengujian aplikasi dilakukan dengan 2 cara, pertama perolehan citra melalui kamera dimana, yang kedua adalah menggunakan citra motif batik yang sudah dalam bentuk digital yang ada di dalam *database*. Pengujian aplikasi dengan perolehan citra motif batik melalui kamera menghasilkan nilai *precision* 64% dan *recall* 12,8%. Hal ini dikarenakan faktor saat pengambilan citra dan beberapa hal yang memungkinkan berpengaruh pada tingkat kemiripan sehingga hasil pengujian terdapat ketidaksesuaian. Pengujian citra dengan menggunakan citra uji yang terdapat dalam *database* menghasilkan nilai *precision* 84% dan *recall* 16.8%.

DAFTAR RUJUKAN

- Agustin, Irvin, (2013), Analisis Dan Implementasi CBIR Menggunakan Penggabungan Variansi Ciri Warna Dan Bentuk, Skripsi
- Almeida, Jurandy. (2009), SIFT applied to CBIR, Revista de Sistemas de Informacao da FSMA n. 4, pp. 41-48
- Bharathi, K. (2017). Content Based Image Retrieval: An Overview of Architecture, Challenges and Issues, International Journal of Engineering Research in Computer Science and Engineering, Vol 4, Issue 12, 31 – 36
- Deselaers, Thomas. (2007). Features for Image Retrieval: An Experimental Comparison
- Lestari, Nisaa Putri, (2016). Uji Recall and Precision Sistem Temu Kembali Informasi OPAC Perpustakaan ITS Surabaya, Skripsi
- Lowe, David G. (2004). Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints, *International Journal of Computer Vision*
- Pratama, Lingga Eka, (2014), Implementasi Algoritma SIFT (Scale Invariant Feature Transform) Untuk Melakukan Klasifikasi Bahan Bakar Kendaraan Roda Empat Pada SPBU, Skripsi
- Putri, Ghofinka, (2015), Analisis Dan Implementasi Scale Invariant Feature Transform (SIFT) Pada Sistem Autentikasi Menggunakan Pembuluh Vena, e-Proceeding of Engineering, Vol.2, No.1, p.1353
- Setiyawan, Agus, (2013), Pencocokan Citra Berbasis Scale Invariant Feature Transform (SIFT) Menggunakan Arc Cosinus, Skripsi