

ANALISIS SISTEM UNTUK DETEKSI TEPI MOTIF BATIK MENGUNAKAN ANT COLONY OPTIMIZATION

Suastika Yulia Riska¹⁾, Nira Rusanti²⁾

^{1), 2)} Program Studi Informatika, STMIK ASIA MALANG

Jl Soekarno-Hatta Rembuksari no. 1A, Malang

Email : suastikayr@gmail.com¹⁾, nira.rusanti@gmail.com²⁾

Abstrak

Perkembangan batik di Indonesia disebabkan adanya pengakuan internasional, yaitu UNESCO, bahwa batik Indonesia adalah bagian dari kekayaan peradaban manusia. Dalam proses pengolahan gambar, ada tahap deteksi tepi yang bertujuan untuk menandai bagian-bagian yang menjadi gambar rinci. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hasil deteksi tepi motif batik. Dataset yang digunakan dalam penelitian ini adalah gambar batik dari berbagai daerah yang dibedakan dalam motif geometris dan non-geometrik. Dataset yang digunakan adalah 50 gambar motif batik yang dibedakan dalam motif geometris dan non-geometrik. Dalam penelitian ini dilakukan analisis beberapa metode deteksi tepi, yaitu Robert, Prewitt, Sobel, Canny, dan ACO (Ant Colony Optimization). Pengujian hasil deteksi tepi dilakukan secara kualitatif dan kuantitatif. Pengujian kualitatif dilakukan dengan menganalisis hasil deteksi tepi. Sementara pengujian kuantitatif dilakukan dengan MSE dan PSNR. Nilai MSE terendah menggunakan HE dengan nilai 30108,87 dimiliki oleh Canny. Nilai PSNR menggunakan HE dengan nilai 0,0987 dimiliki oleh deteksi tepi Canny. Deteksi tepi dengan ACO menunjukkan nilai MSE dengan HE adalah 30455,88, nilai PSNR dengan HE adalah 0,0848. Hasil ini menunjukkan bahwa ACO mampu mendeteksi tepi dengan baik, meskipun hasil yang ditampilkan tidak sebagus Canny. Ini ditunjukkan oleh rentang hasil MSE dan PSNR yang tidak jauh dari deteksi tepi Canny.

Kata kunci: ACO, Batik, Deteksi Tepi

Abstract

The development of batik in Indonesia is due to international recognition, namely UNESCO, that Indonesian batik is part of the wealth of human civilization. In the process of image processing, there is a stage of edge detection that aims to mark the parts that become detailed images. This study aims to analyze the results of edge detection of batik motifs. The dataset used in this study is batik images from various regions which are distinguished in geometric and non-geometric motifs. The dataset used is 50 images of batik motifs that are distinguished in geometric and non-geometric motifs. In this study an analysis of several edge detection methods was carried out, namely Robert, Prewitt, Sobel, Canny, and ACO (Ant Colony Optimization). Testing the results of edge detection is done qualitatively and quantitatively. Qualitative testing is done by analyzing the results of edge detection. While quantitative testing is done with MSE and PSNR. The lowest MSE value uses HE with the value 30108.87 owned by Canny. The PSNR value uses HE with a value of 0.0987 owned by Canny edge detection. Edge detection with ACO shows the value of MSE with HE is 30455.88, the value of PSNR with HE is 0.0848. These results indicate that ACO is able to detect edges well, even though the results shown are not as good as Canny. This is indicated by the range of results of the MSE and PSNR that are not far from the Canny edge detection.

Keywords : ACO, Batik, Edge Detection

1. PENDAHULUAN

Batik merupakan salah satu warisan budaya Indonesia yang memiliki nilai seni yang tinggi. Saat ini batik terus menerus berkembang di seluruh daerah Indonesia. Hal tersebut dikarenakan adanya pengakuan Internasional, yaitu UNESCO, bahwa batik Indonesia merupakan bagian kekayaan peradaban manusia pada tahun 2019. Setiap motif batik yang dikembangkan di daerah-daerah tersebut memiliki kekhasan pada corak batik. Hal tersebut mengakibatkan masyarakat merasa kebingungan untuk menentukan daerah dari mana batik tersebut dibuat. Salah satu cara dalam bidang teknologi untuk mengetahui corak batik dapat dilakukan dengan cara pengolahan citra. Secara umum pengolahan citra digital meliputi *preprocessing*, segmentasi, ekstraksi fitur, dan klasifikasi. Pada penelitian ini dilakukan analisis terhadap algoritma operator *gradient* pertama yang mencakup deteksi tepi dengan Metode *Sobel*, *Prewitt*, *Canny*, dan *Robert*, dibandingkan dengan penggunaan *Ant Colony Optimization*. Deteksi tepi dapat digunakan untuk mempertajam struktur gambar [1]. Proses analisis deteksi tepi yang baik akan menghasilkan

seleksi objek citra yang baik juga. Pada penelitian sebelumnya, pengenalan motif batik dilakukan dengan membandingkan metode Canny dan K-NN [2].

Namun, hasil yang didapatkan belum maksimal. Karena metode *Canny* masih dianggap kurang maksimal dalam mendeteksi tepi objek batik yang memiliki kemiripan motif. Sehingga, dibutuhkan metode deteksi tepi yang lebih akurat dalam mendeteksi objek. Penelitian tentang batik juga sebelumnya tentang segmentasi batik berdasarkan fitur tekstur [3]. Metode segmentasi yang digunakan adalah *Filter Gabor* dan *K-Means*. Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut baik, karena dapat menghasilkan object berupa motif dari batik. Namun dengan menggunakan *Filter Gabor* ada beberapa *area background* yang masih terdeteksi sebagai objek, begitu juga ketika menggunakan *K-Means Clustering* dari objek citra yang memiliki warna terang belum dapat dipisahkan dengan baik. Penelitian terkait ACO untuk proses deteksi tepi pada Daun Mangga [4]. Hasil yang diperoleh tekstur tulang daun terlihat jelas dengan menggunakan metode ACO dibandingkan dengan penggunaan deteksi tepi *Robert*, *Prewitt*, *Sobel*, dan *Canny*. Setiap motif batik memiliki corak yang beragam, dengan tekstur motif yang juga beragam. Sehingga, dibutuhkan metode deteksi tepi yang lebih akurat dalam mendeteksi setiap motif batik.

2. DASAR TEORI

a. Deteksi Tepi

Deteksi tepi (*Edge Detection*) pada suatu citra adalah suatu proses yang menghasilkan tepi-tepi dari obyek-obyek citra, tujuannya adalah untuk menandai bagian yang menjadi detail citra dan untuk memperbaiki detail dari citra yang kabur, yang terjadi karena *error* atau adanya efek dari proses akuisisi citra [5]. Proses pencarian *edge* dilakukan dengan menggunakan teknik spatial (proses konvolusi).

1. Deteksi Tepi *Prewitt*

Pengembangan dari *gradient* operator dengan menggunakan 2 *mask* (horizontal dan vertikal) ukuran 3x3. Pada operator ini kekuatan *gradient* ditinjau dari sudut pandang horizontal dan vertikal (memperhatikan titik disekitar pada posisi horizontal dan vertikal) [5]. *Kernel filter* yang digunakan dalam metode *Prewitt* ditunjukkan pada Gambar 1.

$$H = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ dan } V = \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Gambar 1. Kernel Filter Metode Prewitt

2. Deteksi Tepi *Sobel*

Operator Sobel lebih sensitif terhadap tepi diagonal daripada tepi *vertical* dan *horizontal*. Tentu saja hal ini berbeda dengan operator *Prewitt*, yang lebih sensitif terhadap tepi *vertical* dan *horizontal*. *Kernel filter* yang digunakan dalam metode *Sobel* ditunjukkan pada Gambar 2 [5].

$$H = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ dan } V = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Gambar 2. Kernel Filter Metode Sobel

3. Deteksi Tepi *Canny*

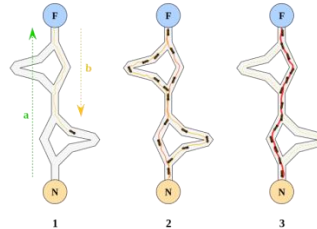
Salah satu algoritma deteksi tepi modern adalah deteksi tepi dengan menggunakan metode *Canny*. Deteksi tepi *Canny* ditemukan oleh Marr dan Hildreth yang meneliti pemodelan persepsi visual manusia [2]. *Kernel filter* yang digunakan dalam metode *Sobel* ditunjukkan pada Gambar 3 [5].

$$H = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \text{ dan } V = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

Gambar 3. Kernel Filter Metode Canny

b. *Ant Colony Optimization*

Algoritma ACO (*Ant Colony Optimization*) adalah salah satu algoritma yang digunakan untuk pencarian jalur. Contoh yang dibahas kali ini adalah mengenai pencarian jalur yang melalui semua titik tujuan dengan jarak paling rendah. *Ant Colony Optimization* adalah teknik probabilitas untuk menyelesaikan permasalahan, berdasarkan tingkah laku semut dalam sebuah koloni yang mencari sumber makanan. Teknik ini dapat digunakan untuk menemukan solusi dari permasalahan kompleks untuk mendapatkan jalur optimal dalam grafik [4]. Konsep ACO yang mencontoh semut dalam menemukan rute terpendek ditunjukkan pada Gambar 4.



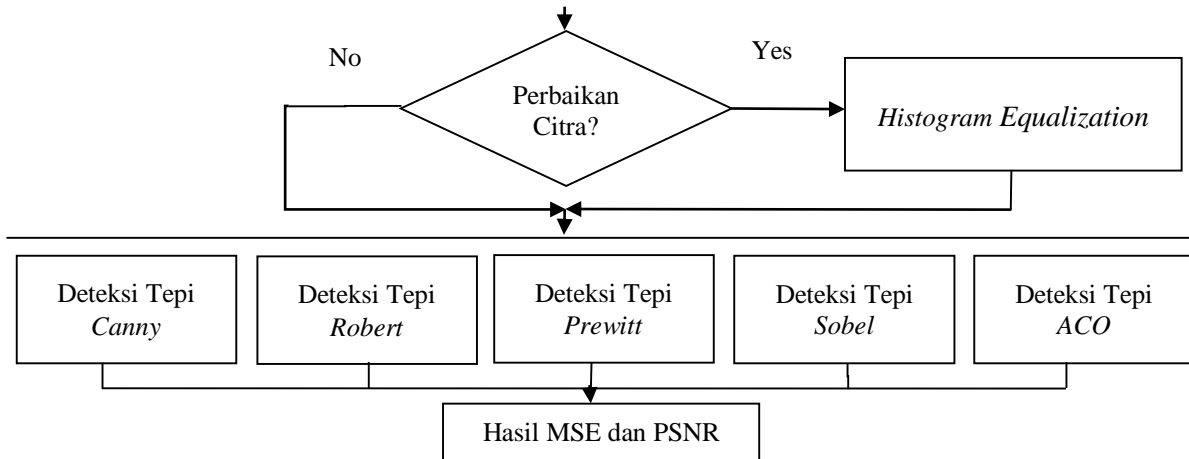
Gambar 4. Konsep ACO

Semut pada mulanya mengambil posisi masing-masing kemudian bergerak menuju lokasi tujuan tingkat *pheromone* yang paling tinggi itulah yang akan dipilih semut untuk perjalanan selanjutnya sedangkan *pheromone* yang rendah perlahan akan ditinggalkan oleh semut sehingga jejak tersebut akan menghilang. Menurut Dorigo dalam penemuannya tahun 1996 tentang algoritma semut maka secara informal, ACO bekerja sebagai berikut: setiap semut memulai perjalanannya melalui titik yang dipilih secara acak (setiap semut memiliki titik awal yang berbeda). Secara berulang kali, satu persatu titik yang dikunjungi oleh semut dengan tujuan untuk menghasilkan sebuah rute perjalanan. Pemilihan titik-titik yang akan dilaluinya didasarkan pada suatu fungsi probabilitas, yang disebut dengan aturan transisi status (*state transition rule*), dengan mempertimbangkan *visibility* (*invers* dari jarak) titik tersebut dan jumlah *pheromone* yang terdapat pada ruas yang menghubungkan titik tersebut. Semut lebih suka bergerak menuju ke titik-titik yang dihubungkan dengan ruas yang pendek dan memilih tingkat *pheromone* yang tinggi [6].

3. METODOLOGI PENELITIAN

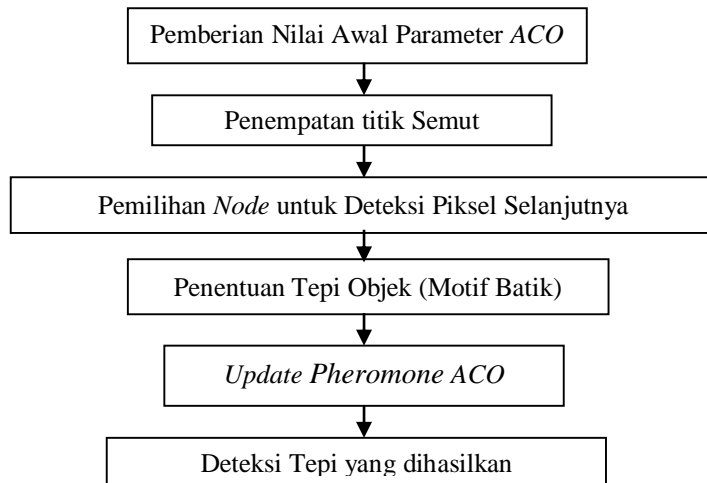
Penelitian ini bertujuan untuk mendeteksi tepi motif batik dengan menggunakan ACO. Data yang digunakan pada penelitian ini sebanyak 50 jenis motif batik dari berbagai daerah yang dikelompokkan menjadi motif geometris dan non-geometris. Dataset yang digunakan pada penelitian bersumber dari Laboratorium Komputasi Cerdas dan Visi, ITS (<http://kcv.if.its.ac.id>). Rancangan sistem yang digunakan pada penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis penerapan pengenalan deteksi tepi pada citra batik, menggunakan deteksi tepi *Prewitt*, *Sobel*, *Canny*, *Robert* dan ACO. Adapun diagram alur ditunjukkan pada Gambar 5.





Gambar 5. Diagram Alur Sistem Pengenalan Motif Batik

Rancangan metode yang diusulkan pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Proses Deteksi Tepi dengan ACO

Adapun parameter-parameter yang digunakan di dalam penelitian ini antara lain: jumlah semut, jumlah konstruksi, pembobotan *pheromone*, pembobotan informasi *heuristic*, *pheromone* penguapan, *pheromone* peluruhan, *pheromone* init, dan piksel ketetanggan. Dari parameter-parameter tersebut akan ditemukan nilai terbaik untuk mendapatkan hasil deteksi tepi yang maksimal.

Pada penelitian ini pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil deteksi tepi yang dilakukan menggunakan deteksi tepi *Prewitt*, *Sobel*, *Canny*, *Robert*, dan *ACO* secara kualitatif. Selain itu juga dilakukan pengujian untuk mengetahui keakuratan tepi dari setiap motif batik. Dalam penelitian ini pengujian dilakukan dengan menghitung *MSE* (*Mean Square Error*) dan *PSNR* (*Peak Signal to Noise Ratio*). Perhitungan yang digunakan untuk mengevaluasi efektivitas kinerja dari metode pendeteksian tepi pada Citra Motif Batik.

Adapun persamaan MSE ditunjukkan pada persamaan di bawah ini:

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{x=1}^M \sum_{y=1}^N (S_{XY} - C_{XY})^2 \quad (1)$$

Dimana,

- MSE = Nilai *Mean Square Error*
- M = Panjang Citra *Stego* (dalam piksel)
- N = Lebar Citra *Stego* (dalam piksel)
- I(x,y) = Nilai pixel dan citra cover
- P'(x,y) = Nilai pixel dalam citra *stego*

Kemudian dilakukan perhitungan PSNR dengan menghitung pembagian kuadrat nilai maksimal dengan nilai MSE. Persamaan PSNR ditunjukkan pada persamaan di bawah ini:

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{C_{max}^2}{MSE} \right) \quad \dots(2)$$











Dimana,

$$C_{max}^2 \leq \begin{cases} 1, & \text{double - precision} \\ 255, & \text{uint8bit} \end{cases}$$

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Di dalam penelitian ini menggunakan 50 motif batik yang diperoleh dari Laboratorium Komputasi Cerdas dan Visi, ITS (<http://kcv.its.ac.id>). Pengambilan citra batik dilakukan dengan mengambil beberapa titik yang memiliki corak yang berbeda disetiap motifnya. Contoh beberapa citra batik dengan berbagai motif yang digunakan dikelompokkan menjadi motif geometris dan non-geometris pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Dataset Citra Batik

Motif Geometris				
				
Motif 1	Motif 2	Motif 3	Motif 4	Motif 5
Motif Non-Geometris				
				
Motif 36	Motif 37	Motif 38	Motif 39	Motif 40

Berdasarkan Tabel 1 pada penelitian ini mengelompokkan motif batik geometris dan non-geometris. Dimana motif geometris merupakan motif batik yang memiliki ciri khas tertentu dengan *ornament* susunan geometris. Sedangkan motif non-geometris, dimana memiliki motif yang tidak teratur atau dibuat secara acak.

Tahapan Pengenalan Motif Batik Berdasarkan Deteksi Tepi

1. Tahap *Preprocessing*

Pada tahap ini citra batik dilakukan proses *cropping*, sehingga ketika citra tersebut diproses memiliki dimensi yang sama. Adapun ukuran citra yang digunakan pada penelitian ini memiliki lebar 500 piksel dan tinggi 500 piksel.

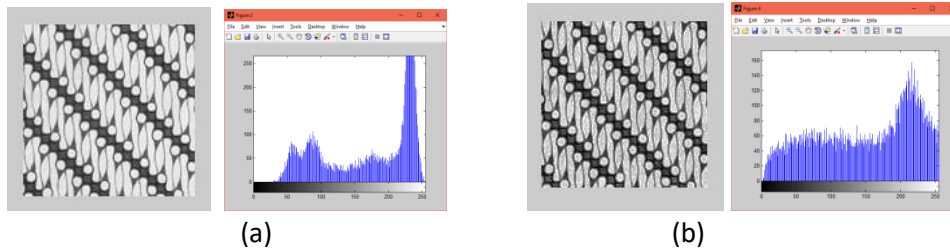
2. Konversi Citra

Pada pengolahan citra digital, citra yang diinputkan berupa citra RGB sehingga perlu dilakukan konversi untuk tahap peningkatan kualitas dari citra. Tahap pertama yang dilakukan adalah melakukan konversi citra *grayscale* yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil Konversi Citra Batik RGB Menjadi Citra *Grayscale*

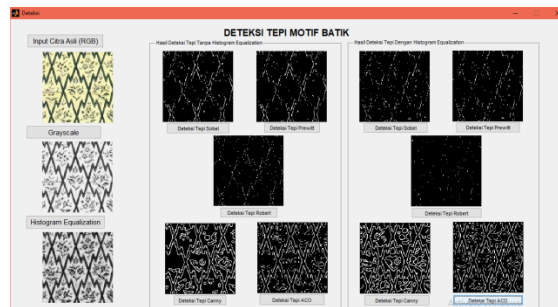
Pada penelitian ini dilakukan peningkatan kualitas citra, dengan menggunakan *histogram equalization*. Adapun peningkatan kualitas citra dilakukan dengan peningkatan kontras dengan histogram yaitu mempersempit area *grayscale* yang memiliki jumlah (nilai piksel) yang sedikit. Hasil peningkatan kualitas citra dengan *histogram equalization* ditunjukkan pada Gambar 4, sedangkan histogram perbaikan ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses Peningkatan Kualitas Citra dengan *Histogram Equalization*

Berdasarkan Gambar 4 (a) hasil citra *grayscale* motif yang dimiliki batik tampak memiliki tepi yang kurang tajam dan histogram menunjukkan nilai piksel lebih condong ke kanan, sehingga dilakukan peningkatan kualitas citra. Gambar 4 (b) merupakan hasil peningkatan citra menggunakan *histogram equalization*. Hasil menunjukkan tepian dari motif tampak lebih jelas dan histogram tidak menunjukkan kecondongan nilai piksel pada salah satu sisi.

Pada penelitian ini dilakukan perbandingan hasil deteksi tepi, antara deteksi tepi *sobel*, *prewitt*, *canny*, *robert*, dan *ACO* yang sebelumnya tidak dilakukan perbaikan citra menggunakan *histogram equalization*, dan hasil deteksi tepi yang citra sebelumnya telah dilakukan perbaikan citra dengan *histogram equalization*. Tampilan pengujian sistem untuk Motif Batik Geometri ditunjukkan pada Gambar 5.



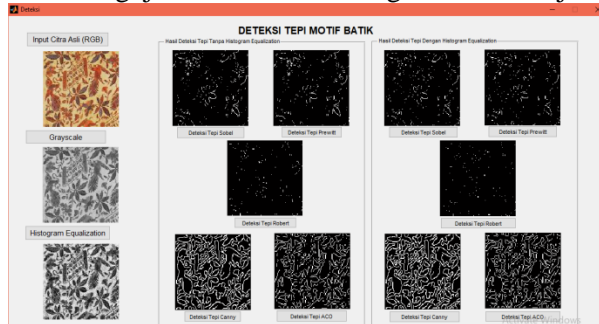
Gambar 5. Sistem Deteksi Motif Batik Geometri

Berdasarkan pada Gambar 5, sistem dijalankan dengan memasukkan citra RGB, kemudian dikonversi ke dalam citra *grayscale*. Pada sistem ini, pengguna dapat secara langsung melakukan perbaikan kualitas citra menggunakan *Histogram Equalization*. Dalam sistem deteksi motif batik ini, dibedakan hasil deteksi tepi yang menggunakan *histogram equalization* dan hasil deteksi tepi tanpa *histogram equalization*. Pada proses deteksi tepi, tidak selalu menunjukkan hasil yang baik ketika dilakukan perbaikan citra dengan *histogram equalization*. Berdasarkan gambar 5, dimana pola batik cenderung memiliki garis tegas, secara keseluruhan deteksi tepi menghasilkan pola dari motif batik. Ketika menggunakan deteksi tepi *Sobel*, *Prewitt*, dan *Robert*, hasil deteksi tepi lebih baik tanpa menggunakan *histogram equalization*. Sedangkan deteksi tepi *Canny* dan *ACO* menunjukkan hasil deteksi tepi lebih baik saat menggunakan perbaikan citra dengan *histogram equalization*.

Hasil deteksi tepi menggunakan *Sobel*, *Prewit*, dan *Robert* menghasilkan banyak tepi yang tidak terdeteksi. Ketiga deteksi tepi tersebut merupakan metode *edge detection*. Dari ketiganya, deteksi tepi *Robert* yang paling banyak tidak dapat mendeteksi tepi, sehingga hanya sebagian kecil sisi dari obyek yang dapat terdeteksi. Hal tersebut dikarenakan Deteksi Tepi *Robert* menggunakan dua buah kernel yang berukuran 2×2 yang hanya mengambil arah diagonal.

Secara keseluruhan deteksi tepi *ACO* dan *Canny* menghasilkan deteksi tepi baik. Hal tersebut dikarenakan keduanya merupakan orde kedua. Dengan menggunakan metode *Canny*, tepi dari obyek yang kuat yang akan terdeteksi, sedangkan tepi yang lemah tidak akan terdeteksi sebagai tepi, jika tidak terhubung dengan tepi kuat. Sehingga pada citra motif batik terdapat beberapa tepi motif batik yang bergabung dengan tepi yang lain. Metode *Canny* menggunakan dua nilai *threshold* untuk menentukan tepi objek. Jika dibandingkan hasil deteksi tepinya, metode *Canny* lebih tebal (kuat) saat mendeteksi tepi dibandingkan dengan metode *ACO*. Dengan

menggunakan *ACO*, beberapa bagian tepi tidak terdeteksi, khususnya ketika terdapat lengkungan, dan ketika garis tepi lemah. Pengujian motif batik non-geometri ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Sistem Deteksi Motif Batik Non-Geometri

Berdasarkan Gambar 6, cara yang dilakukan untuk mendeteksi tepi motif batik non-geometri sama dengan deteksi tepi motif batik geometri. Hasil deteksi tepi juga tidak jauh berbeda dengan deteksi tepi motif batik geometri. Deteksi tepi *Robert* sangat kurang dalam mendeteksi tepi citra motif batik. Deteksi tepi *Sobel* dan *Prewitt* menghasilkan deteksi tepi yang lebih baik daripada deteksi tepi *Robert*. Karena pada dasarnya kedua deteksi tersebut merupakan pengembangan dari metode *Robert*. Dibandingkan dengan *Prewitt*, deteksi tepi *Sobel* mampu untuk mengurangi *noise* sebelum melakukan perhitungan deteksi tepi. Deteksi tepi *Sobel* menggunakan 2 buah kernel berukuran 3x3, dengan nilai *gradient* dihitung dengan kombinasi posisi *vertical* dan *horizontal*. Sehingga, kemungkinan besar posisi *gradient* tepat di tengah kernel.

Deteksi tepi yang dihasilkan diuji dengan nilai MSE dan PSNR untuk mengetahui keakuratan tepi dari motif batik. Adapun pada penelitian ini dilakukan 4 pengujian, yaitu hasil MSE dari citra yang tanpa menggunakan *Histogram Equalization*, hasil MSE dari citra yang menggunakan *Histogram Equalization*, hasil PSNR dari citra yang tanpa menggunakan *Histogram Equalization*, dan hasil PSNR dari citra yang menggunakan *Histogram Equalization*. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan citra hasil deteksi tepi dengan citra *grayscale* motif batik. Rata-rata hasil pengujian dengan MSE dan PSNR dari 50 Motif Batik ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian PSNR dan MSE

Nama Pengujian	Menggunakan HE	DETEKSI TEPI				
		Robert	Prewitt	Sobel	Canny	ACO
MSE	Tidak	40135.12	36187.81	35766.64	31450.99	31520.12
MSE	Ya	41856.75	36587.32	36877.31	30108.87	30455.88
PSNR	Tidak	0.0108	0.0511	0.0561	0.0844	0.0756
PSNR	Ya	00	0.0411	0.0462	0.0987	0.0848

Berdasarkan Tabel 2 hasil rata-rata MSE untuk citra tanpa *histogram equalization* terkecil menggunakan deteksi tepi *Canny* dengan nilai 31450.99. Hasil rata-rata MSE untuk citra dengan *histogram equalization* terkecil menggunakan deteksi tepi *Canny* dengan nilai 30108.87. Hasil rata-rata PSNR untuk citra tanpa *histogram equalization* terbesar menggunakan deteksi tepi *Canny* dengan nilai 0.0844. Hasil rata-rata PSNR untuk citra dengan *histogram equalization* terbesar menggunakan deteksi tepi *Canny* dengan nilai 0.0987. Dari keseluruhan pengujian, hasil deteksi tepi yang terbaik adalah deteksi tepi *Canny*, Namun hasilnya tidak jauh berbeda dengan penggunaan *ACO*. Semakin kecil nilai MSE dan semakin besar nilai PSNR menunjukkan kualitas deteksi tepi yang semakin baik.

5. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan untuk mendeteksi tepi 50 motif batik, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem deteksi tepi untuk mengenali motif batik yang digunakan di dalam penelitian ini menggunakan deteksi tepi *Robert*, *Prewitt*, *Sobel*, *Canny*, dan *ACO*. 50 motif batik digolongkan dalam motif geometri dan non-geometri. Dari hasil pengujian menggunakan MSE dan PSNR, menunjukkan hasil terbaik untuk deteksi tepi adalah deteksi tepi *Canny*. Nilai MSE terkecil ditunjukkan oleh deteksi tepi *Canny*, dan nilai PSNR terbesar ditunjukkan oleh deteksi tepi *Canny*. Namun hasil yang ditunjukkan tidak berbeda jauh dengan deteksi tepi menggunakan *ACO*.
2. *ACO* mampu mendeteksi tepi dari 50 motif batik dengan baik. Namun, masih belum sempurna. Dimana dibberapa tepi yang memiliki kelengkungan kebanyakan tidak terdeteksi dengan baik. Dari hasil pengujian dengan MSE dan PSNR menunjukkan hasil yang baik, meskipun tidak sebaik deteksi tepi *Canny*.

Daftar Pustaka

- [1] Nugroho, Hendro dan Mandyartha, Eka Prakarsa. "Image Retrieval Arca Ganesha Dengan Menggunakan Metode Ekstraksi Fitur Moment Invariant dan Deteksi Tepi Canny". Jurnal Ilmiah NERO, Vol.3, No.2, pp: 93-99, 2017.
- [2] Yodha, Johannes Widagdho dan Kurniawan, Achmad Wahid. "Pengenalan Motif Batik Menggunakan Deteksi Tepi Canny dan K-Nearest Neighbor". Techno. COM. Vol. 13 No.4. pp: 251-262, 2014.
- [3] Padmo, Amin dan Murinto. "Segmentasi Citra Batik Berdasarkan Fitur Tekstur Menggunakan Metode Filter Gabor dan K-Means Clustering". Jurnal Informatika Vol. 10, No. 1, pp: 1173-1179 2016.
- [4] Liantoni, Febri. "Deteksi Tepi Citra Daun Mangga Menggunakan Algoritma Ant Colony Optimization". 2015. <https://www.researchgate.net/publication/292137338>.
- [5] Prasetyo, Eko. 2011. "Pengolahan Citra Digital dan Aplikasinya Menggunakan Matlab". Yogyakarta: Andi.
- [6] Waliprana, Widhaprasa Ekamatra. "Ant Colony Optimization". Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Vol. III, No. 2, 2003