
Metode Ekstraksi Fitur Canny, GLCM dan Segmentasi Warna Menggunakan K-Means Clustering Dalam Peningkatan Motif Batik

Ruri Hartika Zain¹, Sumijan²

rurihartika_zain@upiypk.ac.id¹, sumijan@upiypk.ac.id²

^{1,2} Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Putra Indonesia YPTK Padang

Informasi Artikel

Diterima : 21 Nov 2024

Direvisi : 24 Des 2024

Disetujui : 30 Des 2024

Kata Kunci

Ekstraksi Fitur, Canny, Local Binary Pattern, Gray Level Co-occurrence Matrix, K-Means Clustering

Abstrak

Batik adalah produk seni dan budaya Indonesia yang berupa kain cetak yang dibuat dengan teknik tertentu. Motif pola bunga melambangkan keindahan dan kebahagiaan. Peneliti mengusulkan metode ekstraksi fitur canny, GLCM dan segmentasi warna menggunakan K-Means Clustering dalam peningkatan motif batik. Dengan ekstraksi ciri dari citra batik yang ada bisa dihasilkan citra batik dengan motif warna yang lebih banyak variasi yang diciptakan. Dapat dilihat dari corak batiknya mempunyai sebuah tekstur, tekstur dapat dijadikan salah satu elemen pembeda batik satu dengan yang lainnya. Penelitian juga mengimplementasikan metode Canny, GLCM dan LBP untuk ekstraksi ciri tekstur, HSV Color Moment untuk ekstraksi ciri warna, sedangkan metode K-Means Clustering untuk mengklasifikasikan citra batik dan untuk mengidentifikasi citra batik pewarna alami dan batik pewarna sintetis berdasarkan warna. Tujuan penelitian ini adalah untuk menghubungkan pola dalam data yang sudah ada dengan pola baru. K-Means Clustering untuk mengelompokkan piksel piksel citra batik digital berdasarkan warna. Hasil penelitian ini didapatkan bahwa K-Means Clustering dapat meningkatkan motif batik baru dengan corak dan warna bervariasi.

Keywords

Feature Extraction, Canny, Local Binary Pattern, Gray Level Co-occurrence Matrix, K-Means Clustering

Abstract

Batik is a product of Indonesian art and culture in the form of printed cloth made with specific techniques. Flower pattern motifs symbolise beauty and happiness. The researcher proposes the method of canny feature extraction, GLCM and colour segmentation using K-means clustering in batik motif enhancement. By extracting features from existing batik images, batik images with more colour motifs can be created. It can be seen from the batik pattern that it has a texture, texture can be used as one of the distinguishing elements of batik from each other. The research also implements Canny, GLCM and LBP methods for texture feature extraction, HSV colour moment for colour feature extraction, while K-means clustering method to classify batik images and identify natural dye batik and synthetic dye batik images based on colour. The aim of this research is to combine patterns in existing data with new patterns. K-means clustering to group the pixels of digital batik images based on colour. The results of this study showed that K-Means Clustering can improve new batik designs with different patterns and colours.

A. Pendahuluan

Batik adalah produk seni dan budaya Indonesia yang terdiri dari kain yang dicetak dengan teknik khusus. UNESCO mengakui Batik sebagai warisan budaya Indonesia [1]. Motif batik dapat didefinisikan sebagai corak atau corak yang membentuk bingkai gambar pada kain batik. Batik adalah seni melukis di atas kain yang telah ada selama berabad-abad di Indonesia. Motif batik adalah pola atau pola yang membentuk kerangka gambar pada batik. Motif batik adalah kombinasi garis, bentuk, dan isen yang membentuk batik secara keseluruhan. Motif batiknya termasuk pola bunga. Ciri-ciri visual sebuah gambar dapat dikenali berdasarkan ciri-cirinya, dan dengan memilih ciri yang tepat, kita dapat mendapatkan informasi detail tentang kelas gambar. Batik di Indonesia memiliki motif yang beragam, bentuk dari motif batik akan menyulitkan seseorang yang ingin mencari motif batik yang serupa [2]. Ciri-ciri tekstur, warna, dan bentuk adalah jenis ciri yang sering digunakan untuk mendapatkan informasi tentang kelas gambar [3]. Salah satu teknologi yang sedang berkembang adalah pengolahan gambar digital. Ini adalah bidang ilmu informatika yang berkonsentrasi pada proses menggabungkan dua gambar. Salah satu teknik baru pengolahan gambar adalah klasifikasi gambar [4]. Ekstraksi ciri adalah mengambil beberapa bagian gambar untuk menunjukkan karakteristiknya, seperti warna, pola, diameter, dan bentuk. Cirta warna adalah gambar digital yang terdiri dari campuran warna merah, hijau, dan biru. Beberapa nilai RGB termasuk jumlah merah, jumlah hijau, dan jumlah biru, serta standar deviasi, mean, dan deviasi standar dari gambar. Dalam metode ini, pengenalan dilakukan berdasarkan besaran rata-rata atau jumlah dari semua piksel, bukan semua piksel. Dengan demikian, nilai ciri diperoleh dengan menjumlahkan atau merata-ratakan semua piksel, dan nilai inilah yang digunakan untuk melakukan pengenalan. Dengan citra jenis berwarna yang dapat mengubah warnanya ke dalam kode angka, warna dasar RGB digunakan sebagai patokan warna universal [5]. Ekstraksi fitur adalah proses mengekstraksi informasi yang relevan dari hasil akhir berbagai metode dan menyimpannya dalam bentuk tabel atau struktur data lainnya. Tujuan dari ekstraksi fitur adalah untuk mendefinisikan sifat-sifat semua objek yang ada pada suatu gambar [6]. Ciri-ciri yang membedakan citra dari objek lain diekstraksi dari gambar dan digunakan sebagai parameter masukan dalam proses identifikasi atau klasifikasi objek. Gambar memiliki fitur yang membedakannya dari objek lain. Selama proses klasifikasi atau identifikasi, data gambar dikumpulkan dan digunakan sebagai parameter masukan untuk membedakan objek atau gambar dari yang lain. Jenis ekstraksi fitur yang dapat digunakan pada gambar digital adalah ekstraksi bentuk, tekstur, dan warna. Ini memungkinkan mengekstrak fitur atau informasi dari gambar tertentu, yang dapat digunakan sebagai referensi untuk membedakan gambar tersebut dengan gambar lainnya. Ekstraksi tekstur diperoleh dengan mengekstraksi properti gambar dari struktur permukaan gambar dan menyimpan informasi yang tersedia [7]. Salah satu contoh ekstraksi fitur pada gambar digital adalah ekstraksi bentuk, tekstur, dan warna. Ekstraksi tekstur adalah fitur yang diperoleh dengan mengekstraksi properti gambar dari struktur permukaannya dan menyimpan informasi yang diperlukan untuk membedakannya dari gambar lainnya [8].

B. Metode Penelitian

1. Batik

Batik adalah seni menggambar di atas kain untuk pakaian yang memiliki pola dan makna filosofis [9]. Motif batik berasal dari seni budaya yang memiliki keindahan visual dan makna filosofis. Motif berkembang seiring dengan waktu, tempat, dan peristiwa, serta tuntutan masyarakat [10], [11]. Sebelum pembelajaran mesin, klasifikasi pola Batik sangat bergantung pada keahlian manusia dan pemeriksaan manual oleh perajin dan ahli di bidangnya. Pendekatan subjektif pemeriksaan manual menimbulkan kesulitan dalam hal akurasi, skalabilitas, dan konsistensi karena batik memiliki banyak motif, warna, dan desain. Teknik pembelajaran mesin telah mengubah bidang pengenalan pola dengan memberikan teknik canggih untuk mengklasifikasikan pola kompleks di beberapa domain [12]. Pembelajaran mesin (ML) menawarkan solusi dengan mengotomatisasi proses ini melalui teknik pengenalan gambar tingkat lanjut [13], [14]. Pelatihan dan evaluasi model pembelajaran mesin untuk klasifikasi, pengambilan, atau pembuatan pola batik baru menggunakan jaringan adversarial generatif [15], [16].

2. Grayscale

Grayscale adalah proses mengubah gambar menjadi gambar yang hanya memiliki warna yaitu hitam dan putih warna. Grayscale biasanya digunakan untuk mengurangi waktu komputasi [17].

3. Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM)

GLCM pertama kali diusulkan oleh Haralick pada tahun 1979 dengan 28 fitur untuk menjelaskan pola spasial [18]. Sementara GLCM dapat diperoleh dari citra keabuan, dan fiturnya dapat digunakan untuk merepresentasikan beberapa fitur tekstur citra, GLCM adalah matriks di mana jumlah baris dan kolom sama dengan jumlah tingkat keabuan dalam sebuah gambar. GLCM merupakan algoritma yang terbukti sangat ampuh sebagai deskriptor fitur dalam merepresentasikan karakteristik tekstur suatu citra. Homogenitas lokal gambar diwakili oleh momen perbedaan terbalik yang besar [19]. Momen ini menunjukkan bahwa wilayah tekstur gambar hanya berbeda sedikit dan homogenitas lokalnya sangat seragam. Pada skala abu-abu GLCM menggambarkan hubungan antara dua piksel ketetanggaan dengan intensitas, jarak, dan sudut. Dimana empat sudut yang dapat digunakan dalam GLCM adalah 0, 45°, 90, dan 135°.

4. Normalisasi RGB (Red, Green, Blue)

Normalisasi RGB, juga dikenal sebagai warna murni, adalah proses mengubah nilai RGB dalam rentang nilai 0 hingga 1 yang dibentuk secara independen dari tingkat pencahayaan yang berbeda. Jumlah nilai merah, hijau, dan biru yang telah dinormalisasi adalah 1, dan ketika semua channel yang telah dinormalisasi tidak memiliki informasi penting dan dapat diabaikan, ini dapat mengurangi ukuran ruang [20].

5. Canny

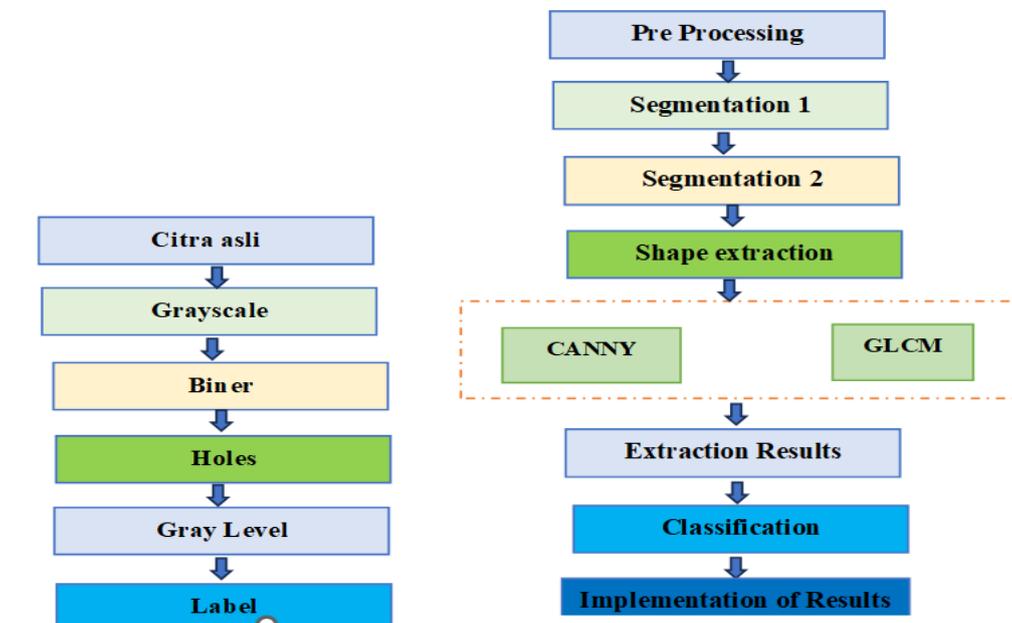
Perubahan nilai intensitas derajat keabuan yang drastis dalam waktu singkat dikenal sebagai tepi. Beberapa teknik untuk mendeteksi tepi adalah canny Gaussian kernel, laplace yang menggunakan kernel 2x2, Sobel dan Prewit yang menggunakan kernel 3x3, dan sebagainya. Canny adalah algoritma deteksi tepi modern karena dapat memenuhi beberapa kriteria deteksi tepi yang ideal.

6. K-Means Clustering

K-Means Clustering adalah algoritma yang mengelompokkan data ke dalam cluster atau kelompok berdasarkan karakteristiknya. Ini adalah salah satu metode pembelajaran tanpa pengawasan, yang berarti algoritma ini dapat menerima data tanpa label kategori.

C. Hasil dan Pembahasan

Pemrosesan awal, ekstraksi fitur, dan klasifikasi adalah tiga tahapan pengenalan pola, yang digunakan untuk mengenali atau mengklasifikasikan gambar tertentu dalam suatu kelas. Preprocessing citra merupakan langkah yang dilakukan sebelum citra digunakan agar citra dapat dianalisis lebih baik dan dapat mempercepat komputasi. Ada berbagai proses dalam preprocessing, diantaranya adalah grayscale dan normalisasi. Hasil pengujian yang melibatkan ekstraksi fitur GLCM dan histogram menunjukkan bahwa model beroperasi dengan baik selama pelatihan [21]. Ekstraksi fitur bertujuan untuk mengidentifikasi perbedaan pola dan membedakan pengelompokan kelas selama klasifikasi lebih lanjut. Untuk memperoleh data ciri, penelitian ini menggunakan ekstraksi ciri tekstur menggunakan GLCM. Teknik ekstraksi nilai dari GLCM dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman MATLAB R2023a [22]. Ekstraksi ciri tekstur dengan GLCM dan menyimpan hasil ekstraksi. Membagi data train dan data test. Berikut Gambar 1 Tahapan Penelitian.



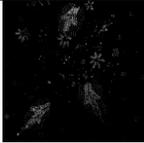
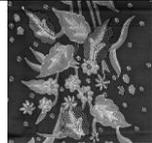
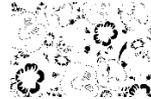
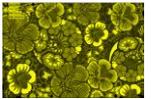
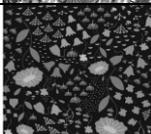
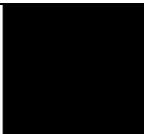
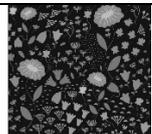
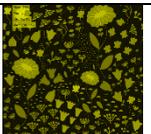
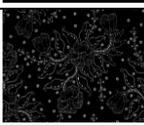
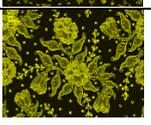
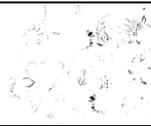
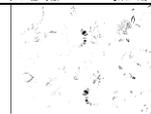
Gambar 1. Tahapan Penelitian

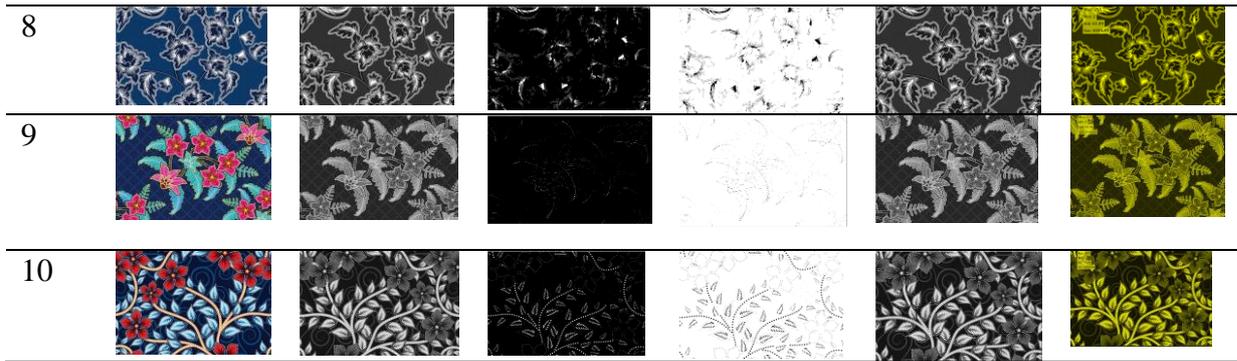
Dari Gambar 1 tahapan penelitian terlihat dari penelitian ini preprocessing, segmentasi, ekstraksi dengan canny dan GLCM dan K-Means Clustering. Sebagai hasil pengujian akan dijelaskan pertahapnya.

1. Preprocessing

Preprocessing dimulai dengan citra yang berada dalam format RGB, kemudian secara manual diubah ukurannya agar memiliki dimensi 320 x 320 piksel, lalu diubah menjadi citra skala abu-abu (grayscale). Dari tahapan preprocessing ada beberapa proses dilakukan yang pertama citra asli batik di ubah ke citra grayscale, kedua citra grayscale di ubah ke citra holes, ketiga citra holes diubah ke citra gray level dan keempat citra grayscale dilabelkan. Untuk mendapatkan nilai tekstur, teknik GLCM dan LBP digunakan. Kemudian, ciri tekstur diekstraksi untuk menjadi nilai yang akan digunakan untuk analisis atau klasifikasi berikutnya. Ekstraksi Ciri untuk mengetahui suatu citra, dengan mengambil beberapa bagian citra yang bisa menunjukkan ciri khas dari citra baik warna, pola citra, diameter dan bentuk. Citra warna merupakan citra digital yang memiliki kombinasi warna Red, Green dan Blue. RGB menjadi beberapa nilai ciri seperti jumlah R, jumlah G, jumlah B, mean dan standar deviasi dari citra. Berikut in Tabel 1 Hasil Preprocessing.

Tabel 1. Hasil Preprocessing

Batik	Citra Asli	Citra Grayscale	Citra Biner	Citra Holes	Gray Level	Label
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						



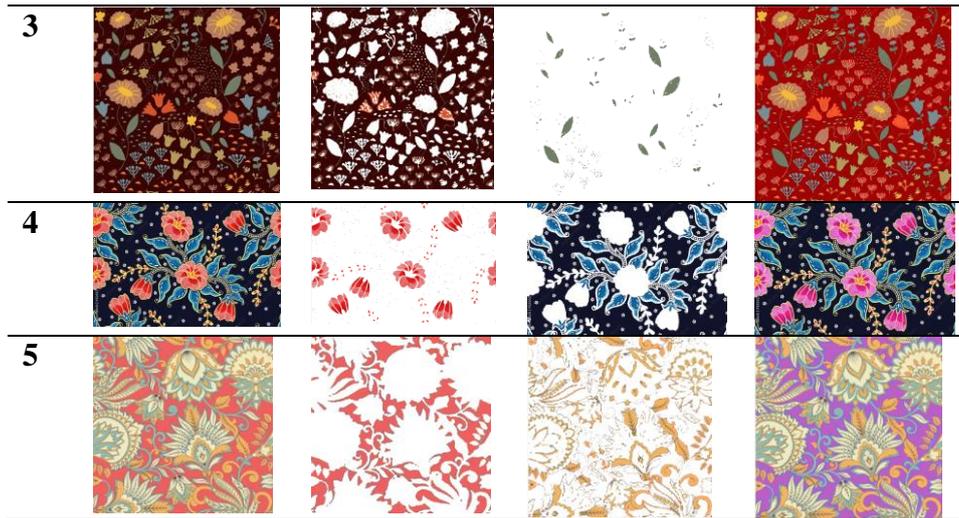
Dari Tabel 1 hasil preprocessing, dimana tujuan mengubah citra RGB menjadi citra grayscale. Grayscale untuk menyederhanakan algoritma, mengurangi kerumitan, dan membuat pembelajaran lebih mudah. Citra grayscale memiliki satu nilai kanal pada setiap pikselnya. Nilai digunakan untuk menunjukkan tingkat intensitas. Warna yang dimiliki pada citra grayscale, warna hitam, keabuan dan putih. Citra grayscale memiliki kedalaman warna 8 bit (256 kombinasi warna keabuan). Untuk melakukan proses masking atau segmentasi citra, citra grayscale diubah menjadi citra biner. Pengubahan ambang batas berarti mengubah gambar skala abu-abu menjadi gambar biner berdasarkan nilai ambang batas yang ditentukan. Holes dalam Matlab adalah sekumpulan piksel latar belakang yang tidak dapat dijangkau dengan mengisi latar belakang dari tepi citra. Untuk mengisi lubang pada citra biner dalam Matlab, Anda dapat menggunakan fungsi imfill dengan sintaksis `BW2 = imfill(BW, "holes")`. Anda juga dapat menggunakan sintaksis `BW2 = imfill(BW, conn, "holes")` untuk mengisi lubang pada citra biner BW, di mana conn menentukan konektivitas.

2. Segmentasi

Segmentasi sangat diperlukan untuk menentukan piksel yang akan dianalisis. Pada tahap ekstraksi fitur dilakukan ekstraksi fitur yang berisi 5 nilai yaitu dari fitur warna R,G,B, mean dan fitur standar deviasi dari citra. Untuk nilai ciri tersebut diperoleh dengan merata-ratakan atau menjumlahkan semua piksel yang ada, dan berdasar nilai inilah dilakukan pengenalan.

Tabel 2. Hasil Segmentasi

No	Citra Batik	Citra Segmentasi 1	Citra Segmentasi 2	Hasil Warna
1				
2				



Dari Tabel 2 hasil segmentasi terlihat citra batik di segmentasi 1 dan segmentasi 2, dimana segmentasi 1 mendapatkan hasil warna dan kecerahan yang berbeda dengan segmentasi 2. Kemudian didapatkan hasil segmentasi citra yang baru dengan warna yang lebih menarik dan berbeda dengan sebelumnya. Citra warna yaitu setiap titik warna yang spesifik dimana kombinasi dari tiga warna dasar, yaitu: merah, hijau dan biru. Citra RGB memiliki intensitas dengan nilai maksimum 255. Berikut Tabel 3 nilai mean gray level, max gray level, min gray level, Std gray level dan Var gray level.

Tabel 3. Gray Level

No	Mean Level	Gray	Max Level	Gray	Min Level	Gray	Std Level	Gray	Var Level	Gray
1	77.88		254		0		54.48		2967.89	
2	116.33		255		10		65.99		4354.28	
3	55.74		252		5		53.50		2862.61	
4	81.51		255		0		76.07		5787.06	
5	170.66		254		72		33.44		1118.15	

Dari Tabel 3 Gray Level dapat terlihat nilai mean gray level, max gray level, min gray level, Std gray level dan Var gray level. Citra RGB memiliki intensitas dengan nilai maksimum 255. Citra batik 1 memiliki nilai intensitas 254, citra batik 2 nilai intensitas 255, citra batik 3 nilai intensitas 252, citra batik 4 nilai intensitas 255 dan citra batik 5 memiliki nilai intensitas 254.

Segmentasi Berbasis Warna Menggunakan K-Means Clustering menggunakan algoritma K-Means Clustering untuk mengelompokkan piksel-piksel citra batik digital berdasarkan warna. Algoritma K-Means Clustering menggunakan penggabungan dua kelompok menjadi satu kelompok baru berdasarkan kedekatan warna untuk mengelompokkan piksel citra batik. Proses ini akan berlanjut sampai jumlah kelompok yang ditetapkan tercapai. Berdasarkan kelompok warna citra batik yang terbentuk dari objek, kelompok yang terbentuk dapat digunakan sebagai referensi untuk menentukan jenis objek citra batik.

Tabel 4. Color-Based Segmentation Using K-Means Clustering

No	Citra Asli	Lab Color Space	Image Labeled	Cluster 1	Cluster 2	Cluster 3	Fish RGB	HVS Color Space
1								
2								
3								
4								
5								

Berdasarkan permasalahan dan penggunaan metode oleh peneliti terdahulu, maka penelitian ini mengimplementasikan metode Gray Level Co-Occurrence Matrix (GLCM) dan Local Binary Pattern (LBP) untuk ekstraksi ciri tekstur, HSV Color Moment untuk ekstraksi ciri warna, sedangkan metode K-Nearest Neighbor untuk mengklasifikasikan citra batik. Citra yang dihasilkan oleh algoritma deteksi tepi Canny dikenal sebagai citra hasil Canny. Algoritma ini menghasilkan citra tepi terbaik dengan tingkat kesalahan yang paling rendah. Berikut ini Tabel 5 Citra hasil canny.

Tabel 5. Citra Hasil Canny

Batik	Image Canny	GLCM			
		Contrast	Correlation	Energy	Homogenelty
1		0.0246	0.6802	0.9920	0.9977
2		0.0232	0.7046	0.9929	0.9980
3		0.0267	0.6839	0.9916	0.9976
4		0.0201	0.6549	0.9913	0.9978
5		0.0328	0.6754	0.9894	0.9969

Dari Tabel 5 citra hasil canny dapat dijelaskan Fungsi matriks gambar dan operator Gaussian digunakan dalam algoritma Canny melalui pendekatan konvolusi. Beberapa langkah diambil dalam algoritma ini, termasuk penghalusan dengan filter Gaussian untuk mengurangi suara, pencarian turunan pertama dalam arah horizontal dan vertikal, pengurangan non-maximum, dan pengukuran hysteresis. Ekstraksi ciri tekstur GLCM dimana empat fitur tersebut sebagai perbandingan nilai energy, contrast, correlation dan homogeneity.

D. Simpulan

Penelitian juga mengimplementasikan metode Canny, GLCM dan LBP untuk ekstraksi ciri tekstur, HSV Color Moment untuk ekstraksi ciri warna, sedangkan metode K-Means Clustering untuk mengklasifikasikan citra batik dan untuk mengidentifikasi citra batik pewarna alami dan batik pewarna sintetis berdasarkan warna.

E. Referensi

- [1] A. Prayoga, Maimunah, P. Sukmasetya, Muhammad Resa Arif Yudianto, dan Rofi Abul Hasani, "Arsitektur Convolutional Neural Network untuk Model Klasifikasi Citra Batik Yogyakarta," *J. Appl. Comput. Sci. Technol.*, vol. 4, no. 2, hal. 82–89, 2023, doi: 10.52158/jacost.v4i2.486.
- [2] M. T. Kanugroho, M. A. Rahman, dan R. C. Wihandika, "Klasifikasi Batik dengan Ekstraksi Fitur Tekstur Local Binary Pattern dan Metode K-Nearest Neighbor," vol. 6, no. 10, hal. 4788–4794, 2022, [Daring]. Tersedia pada: <http://j-ptiik.ub.ac.id>.
- [3] A. I. Nurulrachman, R. C. Wihandika, dan ..., "Ekstraksi Ciri pada Klasifikasi Citra Batik menggunakan Metode Gray Level Co-Occurrence Matrix, Local Binary Pattern, dan HSV Color Moment," ... *Teknol. Inf. dan ...*, vol. 7, no. 1, hal. 374–383, 2023, [Daring]. Tersedia pada: <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/12197%0Ahttp://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/download/12197/5557>.
- [4] A. Hardirega dan I. Jaelani, "IMPLEMENTASI CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) KLASIFIKASI MOTIF BATIK MENGGUNAKAN EFFICIENTNET-B1," vol. 8, no. 5, hal. 10023–10028, 2024.
- [5] M. Afriansyah, Joni Saputra, V. Y. P. Ardhana, dan Yuan Sa'adati, "Algoritma Naive Bayes Yang Efisien Untuk Klasifikasi Buah Pisang Raja Berdasarkan Fitur Warna," *J. Inf. Syst. Manag. Digit. Bus.*, vol. 1, no. 2, hal. 236–248, 2024, doi: 10.59407/jismdb.v1i2.438.
- [6] M. N. Rizqullah, R. Dwiyanaputra, dan F. Bimantoro, "Pengenalan Pola Suku Kata Aksara Bima Dengan Baris Tanda Bunyi Menggunakan Ekstraksi Ciri Moment Invariant Dengan Metode ANN," *J. Teknol. Informasi, Komput. dan Apl.*, vol. 6, no. 1, hal. 264–274, 2024.
- [7] S. Talib, S. Sudin, dan M. Dzikrullah Suratin, "Penerapan Metode Support Vector Machine (Svm) Pada Klasifikasi Jenis Cengkeh Berdasarkan Fitur Tekstur Daun," *PROSISKO J. Pengemb. Ris. dan Obs. Sist. Komput.*, vol. 11, no. 1, hal. 26–34, 2024, doi: 10.30656/prosisko.v11i1.7911.
- [8] Asep Zainal Alfarizi dan Enny Itje Sela, "Klasifikasi Rimpang Menggunakan Metode K-Nearest Neighbor dan Ekstraksi Ciri Gray Level Co-occurrence Matrix," *J. Fasilkom*, vol. 14, no. 1, hal. 88–94, 2024, doi:

- 10.37859/jf.v14i1.6832.
- [9] K. Widyatmoko, E. Sugiarto, M. Muslih, dan F. Budiman, "Optimasi Metode K-Nearest Neighbor Dengan Particle Swarm Optimization Untuk Pengenalan Citra Batik Dengan Ragam Hias Geometris," *J. Inform. Upgris*, vol. 8, no. 1, 2022, doi: 10.26877/jiu.v8i1.11705.
- [10] B. Zaman, A. Rifai, dan M. B. Hanif, "Komparasi Metode Klasifikasi Batik Menggunakan Neural Network Dan K-Nearest Neighbor Berbasis Ekstraksi Fitur Tekstur," *J. Inf. Syst. Informatics*, vol. 3, no. 4, hal. 582–595, 2021, doi: 10.51519/journalisi.v3i4.213.
- [11] A. Akbar dan D. I. Mulyana, "Optimasi Klasifikasi Batik Betawi Menggunakan Data Augmentasi Dengan Metode KNN Dan GLCM," *J. Apl. Teknol. Inf. dan Manaj.*, vol. 3, no. 2, hal. 92–101, 2022, doi: 10.31102/jatim.v3i2.1577.
- [12] I. Ida, T. Hosen, dan S. A. Kamaruddin, "Batik Pattern Classification Using Machine Learning Approaches," vol. 13, no. 3, 2024.
- [13] E. Utaminingsih dan I. Sahputra, "Automated Recognition of Batik Aceh Patterns Using Machine Learning Techniques," vol. 4, no. 2, hal. 619–624, 2024.
- [14] H. Quan, Y. Li, D. Liu, dan Y. Zhou, "Protection of Guizhou Miao batik culture based on knowledge graph and deep learning," *Herit. Sci.*, vol. 12, no. 1, hal. 1–22, 2024, doi: 10.1186/s40494-024-01317-y.
- [15] A. E. Minarno, I. Soesanti, dan H. A. Nugroho, "Batik Nitik 960 Dataset for Classification, Retrieval, and Generator," *Data*, vol. 8, no. 4, hal. 1–10, 2023, doi: 10.3390/data8040063.
- [16] M. Wahyuni, R. Rosnelly, dan W. Wanayumini, "Combination of Pre-Trained CNN Model and Machine Learning Algorithm on Pekalongan Batik Motif Classification," *Int. Conf. Inf. Sci. Technol. Innov.*, vol. 2, no. 1, hal. 23–28, 2023, doi: 10.35842/icostec.v2i1.31.
- [17] D. Wijaya dan A. R. Widiarti, "Batik classification using KNN algorithm and GLCM features extraction," *E3S Web Conf.*, vol. 475, hal. 1–13, 2024, doi: 10.1051/e3sconf/202447502012.
- [18] W. P. Atmaja dan V. Lusiana, "Klasifikasi Jenis Batik Pekalongan Menggunakan Citra Dengan Metode K-Nearest Neighbor," *J. Instek Inform. Sains dan Teknol.*, vol. 8, no. 1, hal. 1–8, 2023.
- [19] D. C. H. Harris *dkk.*, "Increasing access to integrated ESKD care as part of universal health coverage," *Kidney Int.*, vol. 95, no. 4, hal. S1–S33, 2019, doi: 10.1016/j.kint.2018.12.005.
- [20] I. H. Herman, D. Widiyanto, dan I. Ernawati, "Penggunaan K-Nearest Neighbor untuk Mengidentifikasi Citra Batik Pewarna Alami dan Pewarna Sintetis Berdasarkan Warna," *Semin. Nas. Mhs. Ilmu Komput. dan Apl.*, hal. 504–515, 2020.
- [21] D. Carlos, D. Erny Herwindiati, dan C. Lubis, "Implementasi Algoritma Convolutional Neural Networks Untuk Klasifikasi Jenis Cat Tembok Menggunakan Arsitektur MobileNet," *Technol. Sci.*, vol. 6, no. 1, hal. 395–402, 2024, doi: 10.47065/bits.v6i1.5322.
- [22] A. Fadlil, I. Riadi, dan I. J. D. E. Purwadi Putra, "Comparison of Machine Learning Performance Using Naive Bayes and Random Forest Methods to Classify Batik Fabric Patterns," *Rev. d'Intelligence Artif.*, vol. 37, no. 2, hal. 379–385, 2023, doi: 10.18280/ria.370214.