

SISTEM AKUISISI DAN KLASIFIKASI MOTIF BATIK MENGUNAKAN ESP32-CAM DAN CNN EKSTERNAL TERINTEGRASI IOT

Agus Siswoyo

Fakultas Vokasi, Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika
Universitas Sanata Dharma
Email: woyo@usd.ac.id

Subagyo

Fakultas Vokasi, Program Studi Teknologi Rekayasa Mekatronika
Universitas Sanata Dharma
Email: michaelsubag@gmail.com

ABSTRAK

Batik memiliki beragam motif dengan karakteristik visual kompleks sehingga identifikasi manual sering sulit dilakukan. Penelitian ini mengembangkan sistem akuisisi dan klasifikasi motif batik menggunakan ESP32-CAM sebagai perangkat pengambil citra, MobileNetV2 sebagai model Convolutional Neural Network (CNN) pada komputer eksternal, serta Blynk sebagai platform Internet of Things (IoT) untuk pemantauan jarak jauh. Sistem dirancang untuk mengenali 10 motif batik, yaitu Parang, Truntum, Ceplok, Sidomukti, Betawi, Garut, Lamongan, Madura, Cirebon, dan Kawung. Dataset terdiri atas 1.200 citra dan ditingkatkan melalui augmentasi berupa rotasi, flip horizontal, penyesuaian kecerahan, dan zoom 20%. Citra yang diperoleh dari ESP32-CAM dikirim ke komputer melalui serial/WiFi, kemudian diproses melalui resize 160×160 piksel, normalisasi, dan klasifikasi menggunakan model CNN berbasis transfer learning. Hasil prediksi berupa nama motif dan tingkat kepercayaan ditampilkan pada antarmuka komputer serta dikirim ke dashboard Blynk. Pengujian menunjukkan akurasi rata-rata 85% pada data uji dengan waktu respons 1–2 detik. Sistem bekerja optimal pada pencahayaan 200–500 lux, jarak 15–20 cm, dan sudut pengambilan kurang dari 30°. Keterbatasan utama sistem adalah ketergantungan pada komputer eksternal. Pengembangan selanjutnya diarahkan pada perluasan dataset dan implementasi model ringan pada perangkat edge.

Kata kunci: Batik, Deteksi Motif, CNN, ESP32-CAM, IoT.

ABSTRACT

Batik has a variety of motifs with complex visual characteristics, making manual identification often difficult. This study developed a batik motif acquisition and classification system using ESP32-CAM as an image acquisition device, MobileNetV2 as a Convolutional Neural Network (CNN) model on an external computer, and Blynk as an Internet of Things (IoT) platform for remote monitoring. The system was designed to recognize 10 batik motifs, namely Parang, Truntum, Ceplok, Sidomukti, Betawi, Garut, Lamongan, Madura, Cirebon, and Kawung. The dataset consists of 1,200 images and is enhanced through augmentation in the form of rotation, horizontal flip, brightness adjustment, and 20% zoom. Images obtained from ESP32-CAM are sent to a computer via serial/WiFi, then processed through 160×160 pixel resizing, normalization, and classification using a transfer learning-based CNN model. The prediction results in the form of motif names and confidence levels are displayed on the computer interface and sent to the Blynk dashboard. Testing demonstrated an average accuracy of 85% on test data with a response time of 1–2 seconds. The system performs optimally at illumination levels of 200–500 lux, a distance of 15–20 cm, and a capture angle of less than 30°. The system's main limitation is its dependence on an external computer. Further development is directed at expanding the dataset and implementing lightweight models on edge devices.

Keywords: Batik, Pattern Detection, CNN, ESP32-CAM, IoT.

1. PENDAHULUAN

Batik merupakan warisan budaya Indonesia yang telah diakui UNESCO sebagai Masterpiece of Oral and Intangible Heritage of Humanity. Di antara berbagai sentra batik di Nusantara, Yogyakarta dikenal memiliki kekayaan motif khas seperti Parang, Kawung, Truntum, Ceplok, dan Sidomukti [5]. Namun, pengenalan motif secara manual masih terkendala oleh kemiripan antar motif dan terbatasnya tenaga ahli. Oleh karena itu, diperlukan sistem otomatis berbasis teknologi informasi untuk klasifikasi motif batik secara cepat dan akurat.

Perkembangan kecerdasan buatan, khususnya Convolutional Neural Network (CNN), telah banyak dimanfaatkan untuk klasifikasi motif batik. Berbagai penelitian melaporkan akurasi tinggi, misalnya Susanti (2024) mencapai akurasi 100% pada batik Yogyakarta menggunakan AlexNet [22], Prayoga dkk. (2023) memperoleh 87,83% [16], dan Bariyah dkk. (2021) mencapai 91,41% untuk 15 motif [4]. Di luar Yogyakarta, studi serupa juga dilakukan untuk batik Banyuwangi [6] [8], Papua [2], dan Sumatera Barat [3]. Namun, hampir semua penelitian tersebut menggunakan citra statis yang diunggah dari komputer atau smartphone, belum mengintegrasikan pengambilan gambar langsung dari objek fisik secara real-time.

Di sisi lain, teknologi Internet of Things (IoT) dan kamera terintegrasi seperti ESP32-CAM telah banyak digunakan untuk pengawasan dan deteksi objek nirkabel, misalnya deteksi burung [15], sistem keamanan [9], dan pemantauan ruangan [20]. Akan tetapi, pemanfaatan ESP32-CAM untuk deteksi motif batik secara langsung masih sangat terbatas. Padahal, perangkat ini murah, portabel, dan mampu mengambil gambar dari objek fisik, sehingga sangat potensial untuk aplikasi pelestarian budaya di museum atau sentra batik. Berdasarkan uraian di atas, terdapat kesenjangan penelitian (research gap) antara:

1. Penelitian klasifikasi batik yang akurasinya tinggi tetapi masih terbatas pada citra statis (unggahan file), dan
2. Penelitian aplikasi ESP32-CAM yang luas di bidang keamanan dan robotika, tetapi belum menyentuh domain klasifikasi batik.

Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan mengembangkan sistem yang mampu:

1. Mengakuisisi citra motif batik secara langsung dari kain fisik menggunakan ESP32-CAM.
2. Mengklasifikasikan 10 motif batik (Parang, Truntum, Ceplok, Sidomukti, Betawi, Garut, Lamongan, Madura, Cirebon, Kawung) menggunakan model CNN MobileNetV2 yang dijalankan pada komputer eksternal.
3. Memantau hasil klasifikasi jarak jauh melalui integrasi dengan platform IoT Blynk.
4. Mengukur kinerja sistem dari segi akurasi, waktu respons, serta pengaruh pencahayaan, sudut, dan jarak pengambilan gambar.

Perlu ditekankan bahwa sistem ini tidak menjalankan model CNN di dalam ESP32-CAM karena keterbatasan memori dan komputasi. ESP32-CAM hanya berperan sebagai perangkat akuisisi citra, sedangkan klasifikasi dilakukan pada komputer eksternal. Meskipun demikian, kombinasi ini menawarkan solusi berbiaya rendah dan fleksibel untuk digitalisasi batik, dengan catatan ketersediaan komputer pendamping.

2. METODOLOGI PENELITIAN

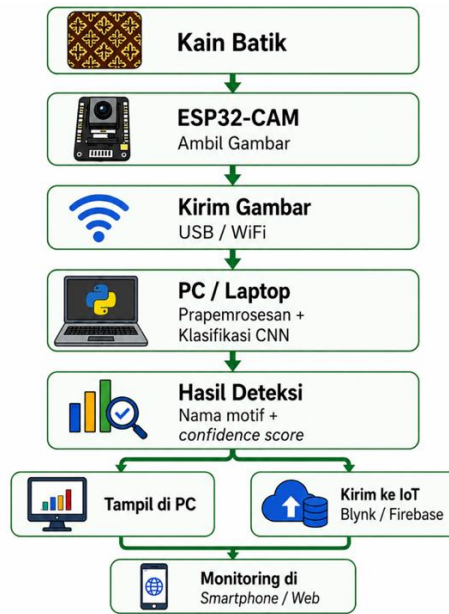
2.1 Jenis dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian terapan dengan pendekatan eksperimen. Tujuan utama penelitian adalah merancang, mengimplementasikan, dan menguji sistem deteksi motif batik berbasis pembelajaran mesin menggunakan ESP32-CAM dan Internet of Things (IoT). Sistem yang dikembangkan berfungsi untuk mengambil citra motif batik secara langsung, mengirimkan citra tersebut ke komputer untuk proses klasifikasi, kemudian menampilkan hasil identifikasi melalui antarmuka komputer dan platform IoT.

Secara umum, penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu studi literatur, pengumpulan dataset, perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, pelatihan model CNN, implementasi sistem, serta pengujian kinerja sistem.

2.2 Desain Sistem

Sistem yang dikembangkan terdiri atas tiga bagian utama, yaitu perangkat akuisisi citra, sistem klasifikasi berbasis pembelajaran mesin, dan antarmuka pemantauan berbasis IoT. Perangkat akuisisi citra menggunakan ESP32-CAM yang berfungsi untuk mengambil gambar kain batik. Gambar yang diperoleh kemudian dikirimkan ke komputer melalui komunikasi serial atau jaringan WiFi.



Gambar 1. Diagram Blok

Pada komputer, citra diproses menggunakan program Python. Proses tersebut meliputi prapemrosesan citra, klasifikasi menggunakan model Convolutional Neural Network (CNN), dan pengiriman hasil prediksi ke platform IoT. Hasil klasifikasi berupa nama motif batik dan tingkat kepercayaan prediksi ditampilkan pada layar komputer serta dapat dipantau melalui dashboard IoT.

Alur kerja sistem adalah sebagai berikut: ESP32-CAM mengambil citra kain batik, citra dikirim ke komputer, citra diproses melalui tahapan resize dan normalisasi, model CNN melakukan klasifikasi, kemudian hasil identifikasi ditampilkan pada komputer dan dikirim ke platform IoT.

2.3 Alat dan Bahan Penelitian

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini meliputi ESP32-CAM dengan kamera OV2640 beresolusi 2 MP, kabel USB serial untuk komunikasi dan pemrograman, serta laptop dengan prosesor Intel Core i5 dan RAM 8 GB. ESP32-CAM digunakan sebagai perangkat pengambil citra, sedangkan laptop digunakan untuk pelatihan dan pengujian model klasifikasi.

Perangkat lunak yang digunakan meliputi Arduino IDE untuk pemrograman ESP32-CAM, Python 3.9 untuk pemrosesan citra dan klasifikasi, serta beberapa pustaka pendukung seperti OpenCV, TensorFlow, Keras, NumPy, Matplotlib, dan Firebase Admin SDK atau Blynk sebagai platform IoT. Model pembelajaran mesin dikembangkan menggunakan arsitektur MobileNetV2 dengan pendekatan transfer learning.

2.4 Dataset Penelitian

Dataset yang digunakan terdiri atas 1.200 citra motif batik yang dikumpulkan dari sumber terbuka dan dokumentasi langsung dari koleksi batik tulis maupun batik cap. Dataset mencakup 10 kelas motif batik, yaitu Parang, Truntum, Ceplok, Sidomukti, Betawi, Garut, Lamongan, Madura, Cirebon, dan Kawung. Setiap kelas memiliki sedikitnya 100 citra.



Gambar 2. 10 motif batik sampel

Untuk meningkatkan variasi data dan mengurangi risiko overfitting, dilakukan augmentasi data. Teknik augmentasi yang digunakan meliputi rotasi sebesar 15 derajat, flip horizontal dan vertikal, pergeseran citra, zoom, serta penyesuaian tingkat kecerahan. Setelah proses augmentasi, jumlah citra meningkat menjadi 3.600 citra. Dataset kemudian dibagi menjadi tiga bagian, yaitu 70% untuk data latih, 15% untuk data validasi, dan 15% untuk data uji.

2.5 Prapemrosesan Citra

Sebelum citra dimasukkan ke dalam model CNN, dilakukan tahap prapemrosesan. Setiap citra diubah ukurannya menjadi 160×160 piksel agar sesuai dengan input model. Selanjutnya, nilai piksel dinormalisasi ke dalam rentang 0 sampai 1 untuk mempercepat proses pelatihan dan meningkatkan stabilitas model.

Prapemrosesan dilakukan baik pada citra dataset maupun citra hasil tangkapan ESP32-CAM. Dengan demikian, format citra yang digunakan pada proses pelatihan dan pengujian sistem memiliki ukuran serta skala nilai piksel yang seragam.

2.6 Perancangan Model CNN

Model klasifikasi motif batik dikembangkan menggunakan metode transfer learning dengan arsitektur MobileNetV2. Arsitektur ini dipilih karena memiliki ukuran model yang relatif ringan dan sesuai untuk aplikasi berbasis citra dengan keterbatasan perangkat komputasi.

Bagian atas model MobileNetV2 dimodifikasi dengan menambahkan beberapa lapisan baru, yaitu GlobalAveragePooling2D, Dense layer dengan 128 neuron dan fungsi aktivasi ReLU, Dropout sebesar 0,5, serta output layer dengan 10 neuron menggunakan fungsi aktivasi softmax. Jumlah neuron pada output layer disesuaikan dengan jumlah kelas motif batik yang diklasifikasikan.

Model dikompilasi menggunakan optimizer Adam dengan learning rate 0,0001. Fungsi loss yang digunakan adalah categorical crossentropy, sedangkan metrik evaluasi yang digunakan adalah akurasi. Proses pelatihan dilakukan selama maksimal 30 epoch dengan batch size 32. Untuk mencegah overfitting, digunakan teknik early stopping dengan patience sebesar 5 berdasarkan nilai loss pada data validasi.

2.7 Implementasi ESP32-CAM

ESP32-CAM diprogram menggunakan Arduino IDE dengan memanfaatkan pustaka esp_camera.h. Program pada ESP32-CAM berfungsi untuk menginisialisasi kamera, mengambil gambar motif batik, dan mengirimkan data citra ke komputer. Resolusi kamera yang

digunakan adalah QVGA dengan format JPEG dan kualitas gambar yang disesuaikan agar proses pengiriman tetap stabil.

Pada penelitian ini, proses klasifikasi tidak dijalankan langsung pada ESP32-CAM karena keterbatasan memori dan kemampuan komputasi perangkat. ESP32-CAM hanya digunakan sebagai perangkat akuisisi citra, sedangkan proses klasifikasi dilakukan pada komputer menggunakan model CNN yang telah dilatih.

2.8 Integrasi IoT

Integrasi IoT dilakukan untuk memungkinkan hasil klasifikasi dapat dipantau secara jarak jauh. Setelah komputer melakukan inferensi terhadap citra batik, hasil prediksi berupa nama motif dan confidence score dikirimkan ke platform IoT, seperti Blynk atau Firebase.

Dashboard IoT menampilkan informasi hasil deteksi secara real-time sehingga pengguna dapat memantau hasil klasifikasi melalui perangkat lain, misalnya smartphone. Integrasi ini bertujuan untuk meningkatkan fleksibilitas sistem dalam aplikasi nyata, seperti identifikasi motif batik di museum, toko batik, pusat edukasi, atau kegiatan pelestarian budaya.

2.9 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem dari segi akurasi klasifikasi, waktu respons, pengaruh pencahayaan, serta pengaruh sudut dan jarak pengambilan gambar.

Pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil prediksi model terhadap label sebenarnya pada data uji. Data uji yang digunakan berjumlah 15% dari keseluruhan dataset. Pengujian waktu respons dilakukan dengan mengukur durasi sejak ESP32-CAM mengambil gambar hingga hasil klasifikasi ditampilkan pada komputer.

Pengujian pencahayaan dilakukan pada tiga kondisi, yaitu pencahayaan terang dengan intensitas lebih dari 500 lux, pencahayaan redup dengan intensitas 100–200 lux, dan kondisi gelap dengan intensitas kurang dari 50 lux. Pengujian sudut dan jarak dilakukan dengan variasi sudut 0 derajat, 30 derajat, dan 60 derajat, serta jarak pengambilan gambar 15 cm, 25 cm, dan 35 cm.

2.10 Teknik Analisis Data

Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Nilai akurasi dihitung berdasarkan perbandingan antara jumlah prediksi benar dan jumlah keseluruhan data uji. Waktu respons dihitung berdasarkan rata-rata waktu proses dari akuisisi citra hingga hasil prediksi ditampilkan.

Selain itu, hasil pengujian pada variasi pencahayaan, sudut, dan jarak dianalisis untuk mengetahui kondisi optimal penggunaan sistem. Analisis dilakukan dengan membandingkan perubahan akurasi pada setiap kondisi pengujian. Hasil analisis ini digunakan untuk mengevaluasi kelebihan, keterbatasan, dan peluang pengembangan sistem pada penelitian selanjutnya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Akurasi Klasifikasi

Model mencapai akurasi rata-rata 85% pada data uji. Detail akurasi per kelas:

Tabel 1. Akurasi Klasifikasi per Motif Batik pada Data Uji

Motif	Akurasi (%)	Catatan Kesalahan Utama
Parang	92	Jarang salah, pola diagonal khas
Truntum	88	Sedikit tertukar dengan Ceplok
Ceplok	86	Mirip dengan motif geometris lain
Sidomukti	80	Tertukar dengan Cirebon (tekstur mirip)
Betawi	84	--

Garut	82	--
Lamongan	79	Variasi warna rendah
Madura	81	--
Cirebon	78	Pola awan membingungkan
Kawung	90	--

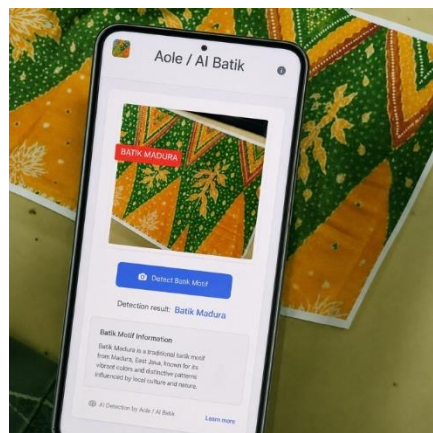
Rendahnya akurasi pada Cirebon (78%) disebabkan oleh kemiripan visual dengan Sidomukti dan variasi dataset yang masih kurang. Meskipun demikian, akurasi 85% untuk 10 kelas dianggap cukup baik mengingat kompleksitas motif batik dan keterbatasan dataset.

3.2 Hasil Deteksi dan Visualisasi

Hasil deteksi pengujian motif batik ditampilkan pada Gambar 3, sedangkan tampilan dashboard IoT Blynk pada smartphone disajikan pada Gambar 4.



Gambar 3. Hasil Deteksi Pengujian Motif Batik



Gambar 4. Dashboard IoT Blynk di smartphone

3.3 Waktu Respons

Rata-rata waktu yang dibutuhkan dari pengambilan gambar oleh ESP32-CAM hingga tampil hasil prediksi di PC adalah **1,8 detik** (dengan rincian: pengiriman gambar ~0,5 s, pra-pemrosesan ~0,1 s, inferensi model ~1,2 s). Waktu ini memenuhi kebutuhan deteksi real-time untuk aplikasi non-kritis seperti identifikasi produk di museum atau toko batik.

3.4 Pengaruh Pencahayaan, Jarak dan Sudut Pengambilan Gambar

Pengujian pengaruh kondisi lingkungan terhadap kinerja sistem disajikan secara terperinci pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh Pencahayaan, Jarak, dan Sudut terhadap Akurasi Sistem

Kondisi Pengujian	Parameter	Akurasi (%)	Confidence Score Rata-rata (%)	Keterangan
Pencahayaan	> 500 lux (Terang)	87	89,2	Kondisi optimal
	100–200 lux (Redup)	72	74,5	Kesalahan meningkat akibat noise dan kontras rendah
	< 50 lux (Gelap)	45	48,1	Penurunan drastis, detail motif tidak terlihat
Jarak Pengambilan	15 cm	86	88,3	Jarak optimal, detail motif jelas
	25 cm	80	82,7	Masih cukup baik
	35 cm	74	76,2	Detail motif kabur
Sudut Pengambilan	0° (tegak lurus)	87	89,0	Posisi optimal
	30°	82	84,1	Masih dapat ditoleransi
	60°	68	70,4	Distorsi perspektif signifikan

3.5 Integrasi IoT

Hasil klasifikasi dapat dikirim ke Blynk melalui modul WiFi pada PC (bukan dari ESP32-CAM langsung). Notifikasi sederhana (label motif, confidence score) muncul pada dashboard smartphone dalam waktu <2 detik setelah inferensi. Ini membuktikan kelayakan monitoring jarak jauh meskipun model tidak dijalankan di edge.

3.6 Perbandingan dengan Penelitian Lain

Untuk memperjelas posisi dan kontribusi penelitian ini, dilakukan perbandingan komprehensif dengan penelitian-penelitian terkait. Tabel 3 menyajikan perbandingan metode, jumlah kelas, dataset, akurasi, perangkat, dan kelebihan masing-masing penelitian.

Tabel 3. Perbandingan Kinerja Sistem dengan Penelitian Lain

Penelitian	Metode	Jml Kelas	Dataset	Akurasi	Perangkat	Kelebihan
Susanti (2024) [22]	AlexNet	10	Citra statis batik Yogyakarta	100%	Komputer	Akurasi sempurna, arsitektur dalam

Prayoga dkk. (2023) [16]	CNN	10	Citra statis batik Yogyakarta	87,83%	Komputer	Model CNN murni, komputasi efisien
Bariyah dkk. (2021) [4]	CNN Multi-Label	15	Citra statis	91,41%	Komputer	Klasifikasi multi-label, dataset lebih luas
Hakim dkk. (2023) [8]	CNN	7	Citra statis batik Banyuwangi	89,6%	Komputer	Khusus batik Banyuwangi, akurasi baik
Aras dkk. (2022) [2]	EfficientNet + Transfer Learning	8	Citra statis batik Papua	93,2%	Komputer	Arsitektur modern, akurasi tinggi
Azmi dkk. (2023) [3]	CNN	5	Citra statis batik Sumatera Barat	89,4%	Komputer	Khusus batik tanah liat
Maulana dkk. (2023) [14]	CNN	10	Citra statis	86,7%	Android	Implementasi pada perangkat mobile
Pratama & Laksmiati (2025) [15]	YOLO	5 (burung)	Citra real-time	91%	ESP32-CAM + PC	Deteksi objek real-time pada edge
Saputra & Chandra (2022) [20]	YOLO	2 (keamanan)	Citra real-time	88%	ESP32-CAM + PC	Sistem keamanan ruangan
Penelitian Ini	MobileNetV2 + Transfer Learning	10	Citra real-time dari ESP32-CAM	85%	ESP32-CAM + PC + IoT	Akuisisi langsung objek fisik, integrasi IoT, biaya rendah

Berdasarkan Tabel 3, penelitian ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan penelitian sebelumnya:

1. Akuisisi Citra Real-time: Sebagian besar penelitian menggunakan citra statis yang diunggah dari komputer atau smartphone. Penelitian ini menggunakan ESP32-CAM untuk mengambil gambar langsung dari kain fisik, sehingga lebih aplikatif di museum, toko batik, atau sentra batik.
2. Integrasi IoT: Penelitian ini menggabungkan sistem klasifikasi dengan platform IoT (Blynk) untuk pemantauan jarak jauh, yang belum banyak diterapkan pada klasifikasi batik.
3. Biaya Rendah: ESP32-CAM merupakan perangkat murah dan portabel, sehingga solusi ini dapat diadopsi secara luas.
4. Fleksibilitas: Meskipun model dijalankan pada komputer eksternal, sistem ini tetap menawarkan fleksibilitas untuk pengembangan lebih lanjut menuju edge computing.

Meskipun akurasi (85%) masih di bawah beberapa studi yang menggunakan arsitektur lebih dalam atau dataset yang lebih besar, penelitian ini memberikan kontribusi pada penggunaan

perangkat edge murah untuk akuisisi data dan pemrosesan eksternal, serta kombinasi IoT yang belum banyak diterapkan pada domain klasifikasi batik.

3.7 Kendala dan Solusi

- Keterbatasan Dataset: Dilakukan augmentasi data, namun generalisasi masih kurang. Solusi: penambahan dataset dari berbagai sumber dan variasi motif.
- Variasi Latar Belakang: Model sensitif terhadap latar yang kompleks; disarankan menggunakan latar polos saat pengambilan gambar.
- Ketergantungan pada PC: Tidak portabel. Solusi ke depan adalah model yang lebih ringan (TensorFlow Lite Micro) untuk dijalankan di ESP32-S3 atau Raspberry Pi Pico.
- Sensitivitas Pencahayaan: Sistem membutuhkan pencahayaan yang cukup (200–500 lux). Solusi: penambahan modul LED atau penggunaan kamera dengan sensitivitas tinggi.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem deteksi motif batik menggunakan perangkat ESP32-CAM sebagai akuisisi citra dan model Convolutional Neural Network (CNN) arsitektur MobileNetV2 untuk klasifikasi. Sistem mampu mengenali 10 motif batik (Parang, Truntum, Ceplok, Sidomukti, Betawi, Garut, Lamongan, Madura, Cirebon, dan Kawung) dengan akurasi rata-rata sebesar 85% pada data uji. Waktu respons sistem dari pengambilan gambar hingga hasil klasifikasi ditampilkan berkisar antara 1–2 detik, sehingga memenuhi kebutuhan deteksi real-time untuk aplikasi non-kritis seperti di museum, toko batik, atau pusat kebudayaan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja optimal pada kondisi pencahayaan 200–500 lux, jarak pengambilan gambar 15–20 cm, dan sudut kemiringan kurang dari 30°. Integrasi dengan platform IoT (Blynk) memungkinkan hasil klasifikasi dipantau secara jarak jauh melalui smartphone dalam waktu kurang dari 2 detik setelah inferensi. Kontribusi utama penelitian ini adalah pemanfaatan perangkat edge murah (ESP32-CAM) untuk akuisisi citra langsung dari objek fisik, dikombinasikan dengan pemrosesan eksternal dan sistem monitoring IoT, yang masih jarang diterapkan pada domain klasifikasi batik. Meskipun akurasi masih di bawah beberapa studi lain, penelitian ini membuka peluang digitalisasi dan pelestarian batik secara luas dengan biaya rendah. Saran untuk pengembangan selanjutnya meliputi penambahan dataset, implementasi model ringan pada perangkat edge (TensorFlow Lite Micro), serta penambahan fitur deteksi multi-objek.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alya, R.F. et al. 2023. "Classification of Batik Motif Using Transfer Learning on Convolutional Neural Network (CNN)." *Jurnal Teknik Informatika (Jutif)* 4(1).
- [2] Aras, S. et al. 2022. "Deep Learning Untuk Klasifikasi Motif Batik Papua Menggunakan EfficientNet dan Transfer Learning." *JURNAL TEKNIK INFORMATIKA* 8(1).
- [3] Azmi, K. et al. 2023. "Implementasi Convolutional Neural Network (CNN) Untuk Klasifikasi Batik Tanah Liat Sumatera Barat." *JURNAL UNITEK* 16(1).
- [4] Bariyah, T. et al. 2021. "Convolutional Neural Network untuk Metode Klasifikasi Multi-Label pada Motif Batik." *Techno.Com* 20(1).
- [5] Dani, A.R. and Handayani, I. 2024. "Klasifikasi Motif Batik Yogyakarta Menggunakan Metode GLCM dan CNN." *Jurnal Teknologi Terpadu* 10(2).
- [6] Hakim, L. et al. 2022. "Aplikasi Deteksi Motif dan Crawling Produk Batik Banyuwangi Berbasis Web." *Jurnal Sisfokom (Sistem Informasi dan Komputer)* 11(3).
- [7] Hakim, L. et al. 2022. "Pengenalan Motif Batik Banyuwangi Berdasarkan Fitur Grey Level Co-Occurrence Matrix." *Jurnal Teknoinfo* 16(1).
- [8] Hakim, L. et al. 2023. "Klasifikasi Citra Motif Batik Banyuwangi Menggunakan Convolutional Neural Network." *Jurnal Teknoinfo* 17(1).

-
- [9] Hanafie, A. et al. 2022. "Perancangan Alat Pendeteksi Gerak Sebagai Sistem Keamanan Menggunakan ESP32 CAM Berbasis IoT." *Jurnal Teknologi dan Komputer (JTEK)* 2(2).
- [10] Hardirega, A. et al. 2024. "Implementasi Convolutional Neural Network (Cnn) Klasifikasi Motif Batik Menggunakan Efficientnet-B1." *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)* 8(5).
- [11] Ipanhar, A. et al. 2022. "Perancangan Sistem Monitoring Pintu Otomatis Berbasis Iot Menggunakan Esp32-Cam." *SIGMA TEKNIKA* 5(2).
- [12] Lamasigi, Z.Y. 2021. "DCT Untuk Ekstraksi Fitur Berbasis GLCM Pada Identifikasi Batik Menggunakan K-NN." *JJEE* 3(1).
- [13] Masa, A.P.A. and Hamdani, H. 2021. "Klasifikasi Motif Citra Batik Menggunakan Convolutional Neural Network Berdasarkan K-means Clustering." *JURNAL MEDIA INFORMATIKA BUDIDARMA* 5(4).
- [14] Maulana, I. et al. 2023. "Implementasi Convolutional Neural Network (CNN) untuk Klasifikasi Motif Batik pada Aplikasi Computer Vision Berbasis Android." *Jurnal Edukasi dan Penelitian Informatika (JEPIN)* 9(3).
- [15] Pratama, M.R. and Laksmiati, D. 2025. "Prototipe Sistem Deteksi Burung Menggunakan ESP32-Cam dan Algoritma YOLO." *Jurnal Ilmiah Giga* 27(2).
- [16] Prayoga, A. et al. 2023. "Arsitektur Convolutional Neural Network untuk Model Klasifikasi Citra Batik Yogyakarta." *Journal of applied computer science and technology* 4(2).
- [17] Ripai, I.R. 2021. "Pengenalan Motif Batik Pandeglang Menggunakan Deteksi Tepi Canny dan Metode K-NN Berbasis Android." *Respati* 16(2).
- [18] Rizal, F. et al. 2022. "Implementasi Algoritma Convolutional Neural Networks (CNN) Untuk Klasifikasi Batik." *COREAI: Jurnal Kecerdasan Buatan, Komputasi dan Teknologi Informasi* 2(2).
- [19] Salsabila, A. et al. 2023. "Klasifikasi Motif Batik Karawang Berbasis Citra Digital dengan Principal Component Analysis dan K-Nearest Neighbor." *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi (JustIN)* 11(1).
- [20] Saputra, F. and Chandra, J.C. 2022. "Prototipe Sistem Keamanan Ruang Server Otomatis Menggunakan ESP32CAM dan Algoritma You Only Look Once (YOLO)." *Jurnal Ticom: Technology of Information and Communication* 11(1).
- [21] Shams, M. et al. 2025. "Klasifikasi Motif Batik Yogyakarta dan Pekalongan Menggunakan Metode GLCM dan CNN Berbasis Arsitektur EfficientNet." *Prosiding Seminar Nasional Informatika Bela Negara* 5(1).
- [22] Susanti, I. 2024. "Yogyakarta Batik Image Classification Based on Convolutional Neural Network." *Advance Sustainable Science, Engineering and Technology* 6(1).
- [23] Utari, L. and Zulfikar, A. 2023. "Penerapan Convolutional Neural Networks Menggunakan Edge Detection Untuk Identifikasi Motif Jenis Batik." *TeknoIS: Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi dan Sains* 13(1).
- [24] Wona, M.M.A. et al. 2023. "Klasifikasi Batik Indonesia Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN)." *Jurnal Rekayasa Teknologi Informasi (JURTI)* 7(2).