



***Artificial Intelligence Untuk Identifikasi Motif Tenun
Tradisional Sulawesi Tengah***

**Artificial Intelligence for Identifying Traditional Weaving
Motifs of Central Sulawesi**

Mohammad Yazdi Pusadan^{*}, Rahma Laila, Septiano Anggun Pratama

Fakultas Teknik, Universitas Tadulako Palu, Sulawesi Tengah, Indonesia

Email Korespondensi: yazdi.diyana@gmail.com

Dikirim: 31/10/2025; Direvisi: 05/12/2025; Disetujui: 25/12/2025; Diterbitkan: 30/12/2025

Abstract

Traditional weaving from Central Sulawesi, such as the motifs of Magau, Banua Oge/Souraja, and Tadulako, reflects deep cultural and historical values. However, the complexity of the patterns and motifs often makes manual identification challenging. This research employs an Artificial Intelligence (AI) approach using Convolutional Neural Networks (CNN) to automate the identification of these motifs. The AI model is trained using a diverse dataset of woven motif images and shows significant accuracy in classifying Magau, Banua Oge/Souraja, and Tadulako motifs. This research opens up cultural preservation and innovation opportunities in woven products with modern technology. The achieved result is the evaluation of the AI model using the following metrics: accuracy, precision, recall, and the confusion matrix. The accuracy obtained for each motif reaches 90%.

Keywords: *traditional woven motifs, Magau, Banua Oge, Tadulako, artificial intelligence, CNN, motif identification*

Abstrak

Tenun tradisional Sulawesi Tengah, seperti motif Magau, Banua Oge/Souraja, dan Tadulako, mencerminkan nilai budaya dan sejarah yang mendalam. Namun, kompleksitas pola dan motif pada tenun tersebut sering kali menyulitkan proses identifikasi secara manual. Penelitian ini menggunakan pendekatan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence, AI) melalui Convolutional Neural Networks (CNN) untuk mengotomatisasi proses identifikasi motif-motif tersebut. Model AI dilatih menggunakan dataset gambar motif tenun yang beragam dan menunjukkan akurasi yang signifikan dalam mengklasifikasikan motif Magau, Banua Oge/Souraja, dan Tadulako. Penelitian ini membuka peluang untuk pelestarian budaya dan inovasi dalam produk tenun dengan bantuan teknologi modern. Hasil yang dicapai adalah evaluasi model AI dengan menggunakan matriks: akurasi, precision dan recall, dan confusion matrix. Nilai akurasi yang diperoleh di setiap motif mencapai 90%.

Kata Kunci: motif tenun tradisional, Magau, Banua Oge, Tadulako, kecerdasan buatan, CNN, identifikasi motif

©2025 Yazdi., et all



Ciptaan ini disebarluaskan di bawah Lisensi Creative Commons Atribusi-NonKomersial-BerbagiSerupa 4.0 Internasional.

I. PENDAHULUAN

Motif tenun, sebagai salah satu bentuk ekspresi budaya yang kaya, memiliki peran yang sangat penting dalam mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) (Ramadhan & Adi Prasetyo, 2023). Motif-motif yang terjalat dalam kain tenun tidak hanya menjadi hiasan, tetapi juga mengandung nilai-nilai filosofi, sejarah, dan identitas suatu komunitas. Berikut adalah beberapa peran motif tenun dalam konteks SDGs.

Pelestarian Budaya dan Identitas merupakan penjabaran dari SDGs 11 dan SDGs 12. Adapun penjelasannya, meliputi: (i) melestarikan Warisan Budaya: Motif tenun merupakan warisan budaya yang perlu dilestarikan untuk menjaga keberagaman budaya dunia; (ii) meningkatkan Rasa Bangga: Motif tenun yang unik dapat meningkatkan rasa bangga dan identitas masyarakat terhadap budaya lokal; dan (iii) konsumsi yang Bertanggung Jawab: Memilih produk tenun asli mendorong konsumsi yang bertanggung jawab dan mendukung produk lokal.

Dalam konteks pemberdayaan masyarakat dalam hal ini selaras dengan pendekatan SDGs 5 dan SDGs 8, meliputi: (i) penciptaan Lapangan Kerja: Industri tenun menciptakan lapangan kerja bagi pengrajin, terutama perempuan di daerah pedesaan; (ii) peningkatan Pendapatan: Penjualan produk tenun dapat meningkatkan pendapatan masyarakat dan mengurangi kemiskinan; dan (iii) kemandirian ekonomi: Tenun dapat menjadi sumber pendapatan yang berkelanjutan bagi masyarakat.

Selain itu, peningkatan inovasi dan kreativitas dibutuhkan dalam pengembangan berbagai motif tenun ini. Hal tersebut berdasarkan bagian dari SDGs 9, yaitu: inovasi dan kreativitas. Hal tersebut mengandung: (i) Pengembangan Motif Baru: Motif tenun terus berkembang dan berinovasi, menciptakan produk yang relevan dengan pasar modern; dan (ii) kreativitas Lokal: Motif tenun mendorong kreativitas masyarakat dalam menciptakan desain yang unik dan bernilai tinggi. Keterkaitan dengan pariwisata dapat di hadirkan, yaitu pariwisata berkelanjutan yang merupakan bagian dari SDGs 8 dan SDGs 12. Adapun aktivitasnya adalah: a) atraksi wisata, yaitu: produk tenun menjadi daya tarik wisata yang unik dan dapat meningkatkan kunjungan wisatawan; dan b) ekonomi kreatif, yaitu: tenun dapat menjadi bagian dari ekonomi kreatif yang mendukung pariwisata berkelanjutan.

Akhirnya penerapan konsep SDGs terhadap motif tenun tradisional Tadulako

terkait pada Pendidikan (SDGs 4) dan pelestarian lingkungan (SDGs 15). Dalam penerapannya, yaitu: (i) pendidikan budaya: motif tenun dapat digunakan sebagai media pembelajaran tentang sejarah, budaya, dan lingkungan; (ii) pelestarian lingkungan: beberapa motif tenun terinspirasi dari alam, sehingga dapat meningkatkan kesadaran akan pentingnya menjaga lingkungan.

Tenun tradisional dari Sulawesi Tengah, seperti Tenun Raja Tjatjo Idjaja, Banua Oge (Souraja), dan Tadulako, memiliki nilai sejarah dan budaya yang kuat. Motif-motif yang ditenun di atas kain tidak hanya berfungsi sebagai karya seni tetapi juga sebagai simbol identitas sosial dan adat setempat. Kompleksitas motif pada tenun-tenun ini sering kali sulit untuk diidentifikasi secara manual, terutama dalam konteks pelestarian dan inovasi produk tekstil.

Di era teknologi modern, kecerdasan buatan (AI) telah berkembang menjadi alat yang dapat membantu mengotomatisasi berbagai tugas, termasuk pengenalan pola dalam gambar. Dalam konteks identifikasi motif tenun, algoritma seperti Convolutional Neural Networks (CNN) telah terbukti efektif dalam mengenali pola visual yang kompleks. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi motif Tenun Raja Tjatjo Idjaja, Banua Oge, dan Tadulako secara otomatis dan cepat melalui metode CNN guna, mendukung pelestarian dan pengembangan produk tekstil tradisional.

II. METODE

Pengumpulan Data

Dataset (Chapman et al., 2020; Koesten et al., 2020) yang digunakan dalam penelitian ini mencakup gambar-gambar motif dari Tenun Raja Tjatjo Idjaja, Banua Oge/Souraja, dan Tadulako. Sumber gambar berasal dari museum tekstil, dokumentasi karya seni lokal, serta koleksi digital. Gambar-gambar tersebut kemudian dikategorikan berdasarkan motif yang ada, memastikan setiap motif terwakili dengan baik dalam dataset.

Pra-pemrosesan Data

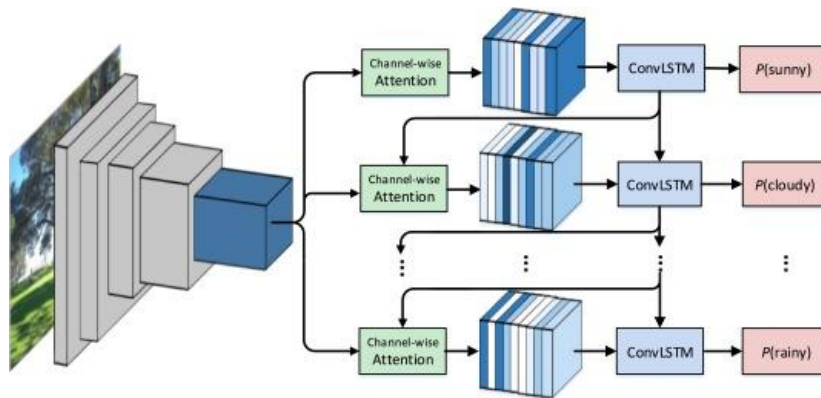
Pra-pemrosesan/ *pre-processing* (Ahmad & Aziz, 2019; Maharana et al., 2022) dilakukan untuk menyiapkan dataset sebelum digunakan untuk pelatihan model CNN. Langkah-langkah yang dilakukan meliputi: (i) resize gambar: Ukuran gambar diseragamkan agar sesuai dengan input yang diharapkan oleh model CNN (Jang, 2021; Liliana, 2019); (ii) augmentasi data (Mumuni & Mumuni, 2022; Shorten & Khoshgoftaar, 2019): Teknik augmentasi seperti rotasi, flipping, dan zooming digunakan untuk memperluas variasi data dan meningkatkan

performa model; dan (iii) normalisasi (Sane & Agrawal, 2017): Setiap gambar dinormalisasi agar piksel memiliki rentang nilai yang seragam, yang akan memudahkan model dalam mengenali pola visual.

Arsitektur Convolutional Neural Network (CNN)

CNN (Chai et al., 2021; Indolia et al., 2018; Liu et al., 2024) dipilih sebagai algoritma utama dalam penelitian ini karena kemampuannya yang terbukti dalam mengenali pola visual kompleks. Arsitektur CNN (Batoool & Byun, 2025; Łosiński & Czarnowski, 2025; Nemavhola et al., 2025) yang digunakan mencakup beberapa lapisan convolusi untuk mengekstraksi fitur dari gambar motif tenun, yang kemudian diklasifikasikan berdasarkan jenis motif.

Arsitektur CNN yang diterapkan terdiri dari: a) input layer: gambar motif tenun dengan dimensi yang telah diseragamkan; b) convolutional layers: beberapa lapisan convolusi digunakan untuk mengekstraksi fitur visual seperti garis, tepi, dan pola dari gambar; dan c) pooling layers: pooling layer membantu mengurangi dimensi data tanpa kehilangan informasi penting; (ii) output layer: output layer memberikan hasil klasifikasi motif, seperti Raja Tjatjo Idjaja, Banua Oge/Souraja, atau Tadulako. Berikut pada gambar 1, ditunjukkan arsitektur C-NN, yaitu: (i) fully connected layers: Lapisan fully connected berfungsi untuk membuat keputusan klasifikasi berdasarkan fitur yang telah diekstraksi oleh lapisan convolusi.



Gambar 1. Arsitektur C-NN

Untuk menjelaskan setiap layer di C-NN, dapat ditunjukkan pada tabel 1 berikut.

Table 1.
Arsitektur C-NN

Layer Number	Layer Type	Parameters	Output Shape
1	Input	Input Shape : (28, 28, 1) (e.g., grayscale image)	(28, 28, 1)
2	Convolutional	Filters: 32, Kernel Size: (3, 3), Stride: 1, Padding: 'same', Activation: ReLU	(28, 28, 32)
3	Max Pooling	Pool Size: (2, 2), Stride: 2	(14, 14, 32)
4	Convolutional	Filters: 64, Kernel Size: (3, 3), Stride: 1, Padding: 'same', Activation: ReLU	(14, 14, 64)
5	Max Pooling	Pool Size: (2, 2), Stride: 2	(7, 7, 64)
6	Convolutional	Filters: 128, Kernel Size: (3, 3), Stride: 1, Padding: 'same', Activation: ReLU	(7, 7, 128)
7	Max Pooling	Pool Size: (2, 2), Stride: 2	(3, 3, 128)
8	Flatten	-	(1152)
9	Fully Connected	Units: 256, Activation: ReLU	(256)
10	Dropout	Rate : 0,5	(256)
11	Fully Connected	Units: 10, Activation: Softmax	(10)

Dataset dibagi menjadi data pelatihan dan data pengujian dengan proporsi 80:20. Model CNN dilatih menggunakan data pelatihan dengan algoritma optimasi *Adam*, yang membantu mempercepat proses pelatihan. Evaluasi model dilakukan dengan menggunakan metrik berikut: i) akurasi: Mengukur tingkat keberhasilan model dalam mengklasifikasikan motif tenun secara benar; ii) precision dan Recall: Menilai ketepatan model dalam mengklasifikasikan motif-motif tertentu; dan iii) confusion matrix: Menunjukkan distribusi prediksi dan kinerja model dalam mengenali berbagai jenis motif tenun.

MOTIF TENUN MAGAU

Motif tenun Magau merupakan salah satu kekayaan budaya yang dimiliki oleh masyarakat Sulawesi Tengah, khususnya suku Magau. Motif-motif ini tidak hanya sekadar hiasan pada kain, tetapi juga mengandung makna filosofi, sejarah, dan nilai-nilai estetika yang mendalam. Karakteristik Umum Motif Tenun Magau antara lain: i) abstrak: motif tenun Magau seringkali berbentuk abstrak, berupa garis-garis, spiral, atau bentuk geometris lainnya; ii) simbolis: setiap motif memiliki makna simbolis yang berkaitan dengan alam, kehidupan sosial, atau kepercayaan masyarakat Magau; dan iv) warna alam: Pewarna alami seperti nila, kunyit, dan kulit kayu sering

digunakan untuk menghasilkan warna-warna khas pada kain tenun Magau. Makna Filosofis di Balik Motif Tenun Magau.

Motif tenun Magau tidak hanya indah dilihat, tetapi juga mengandung pesan-pesan moral dan filosofi hidup. Beberapa motif yang umum ditemukan dan maknanya antara lain: i) motif ombak: Menggambarkan kekuatan alam dan semangat juang masyarakat pesisir; ii) motif spiral: Melambangkan kehidupan yang terus berputar dan siklus alam; iii) motif garis-garis: Menggambarkan keteraturan dan keselarasan dalam kehidupan; dan iv) motif binatang: Menggambarkan hubungan manusia dengan alam dan hewan-hewan yang dianggap keramat.

Fungsi Motif Tenun Magau

Motif tenun Magau memiliki berbagai fungsi dalam kehidupan masyarakat, antara lain: i) pakaian adat: Digunakan dalam upacara adat, pernikahan, dan acara-acara penting lainnya; ii) aksesoris: Dibuat menjadi berbagai macam aksesoris seperti tas, dompet, dan hiasan dinding; iii) media komunikasi: Motif tenun menjadi media untuk menyampaikan pesan dan nilai-nilai budaya dari generasi ke generasi; dan iv) upaya Pelestarian Motif Tenun Magau

Pada gambar 2 ditunjukkan motif tenun Magau, dengan tekstur, warna, motif yang khas.



Gambar 2. Motif tenun Magau

MOTIF TENUN BANUA OGE/ SAORAJA

Motif tenun Banua Oge/Saoraja merupakan salah satu warisan budaya yang sangat berharga di Sulawesi Tengah. Sama seperti motif tenun Magau, motif-motif ini sarat dengan makna filosofis, sejarah, dan identitas masyarakat Banua Oge/Saoraja.

Karakteristik Umum Motif Tenun Banua Oge/Saoraja adalah: i) geometris: motif-motif tenun Banua Oge/Saoraja seringkali berbentuk geometris seperti belah ketupat, persegi, dan lingkaran; ii) simbolis: setiap motif memiliki makna simbolis yang berkaitan dengan alam, kehidupan sosial, dan kepercayaan masyarakat

Banua Oge/Saoraja; iii) warna alam: Pewarna alami seperti nila, kunyit, dan kulit kayu juga banyak digunakan untuk menghasilkan warna-warna khas pada kain tenun Banua Oge/Saoraja; dan iv) makna filosofis di balik motif tenun Banua Oge/Saoraja.

Motif-motif tenun ini tidak hanya indah dipandang, tetapi juga mengandung pesan-pesan moral dan filosofi hidup masyarakat Banua Oge/Saoraja. Beberapa motif yang umum ditemukan dan maknanya antara lain: a) motif rumah adat: menggambarkan nilai gotong royong dan pentingnya keluarga dalam kehidupan Masyarakat; b) motif perahu: melambangkan semangat petualang dan penghormatan terhadap

laut sebagai sumber kehidupan; dan c) motif tanaman: Menggambarkan kedekatan masyarakat dengan alam dan pentingnya pertanian.

Fungsi Motif Tenun Banua Oge/Saoraja adalah: i) pakaian adat: digunakan dalam upacara adat, pernikahan, dan acara-acara penting

lainnya; ii) aksesoris: dibuat menjadi berbagai macam aksesoris seperti tas, dompet, dan hiasan dinding; iii) media komunikasi: motif tenun menjadi media untuk menyampaikan pesan dan nilai-nilai budaya dari generasi ke generasi; dan iv) upaya Pelestarian Motif Tenun Banua Oge/Saoraja.

Pada gambar 3 ditunjukkan motif tenun Banuaoge/ Saoraja, dengan tekstur, warna, motif yang khas.



Gambar 3. Motif tenun Saoraja/ Banuaoge

MOTIF TENUN TADULAKO

Motif tenun Tadulako merupakan salah satu warisan budaya yang sangat berharga di Sulawesi Tengah. Motif-motif ini tidak hanya sekadar hiasan pada kain, tetapi juga mengandung makna filosofis, sejarah, dan identitas masyarakat Tadulako.

Adapun karakteristik Umum Motif Tenun Tadulako adalah: a) abstrak geometris: Motif tenun Tadulako seringkali berbentuk abstrak geometris, seperti garis-garis lurus, zigzag, spiral, dan bentuk-bentuk geometris lainnya; b) simbolis: setiap motif memiliki makna simbolis yang berkaitan dengan alam, kehidupan sosial, dan kepercayaan masyarakat Tadulako; c) warna alam: pewarna alami seperti nila, kunyit, dan kulit kayu sering digunakan untuk menghasilkan warna-warna khas pada kain tenun Tadulako; dan d) makna filosofis di balik motif tenun Tadulako.

Motif tenun Tadulako mengandung pesan-pesan moral dan filosofi hidup masyarakat

Tadulako. Beberapa motif yang umum ditemukan dan maknanya antara lain: Motif rumah adat: Menggambarkan nilai gotong royong dan pentingnya keluarga dalam kehidupan Masyarakat; Motif perahu: Melambangkan semangat petualang dan penghormatan terhadap laut sebagai sumber kehidupan; Motif tanaman: Menggambarkan kedekatan masyarakat dengan alam dan pentingnya pertanian; Motif binatang: Menggambarkan hubungan manusia dengan alam dan hewan-hewan yang dianggap keramat; dan Fungsi Motif Tenun Tadulako.

Motif tenun Tadulako memiliki berbagai fungsi dalam kehidupan masyarakat, antara lain: i) pakaian adat: digunakan dalam upacara adat, pernikahan, dan acara-acara penting lainnya; ii) aksesoris: dibuat menjadi berbagai macam aksesoris seperti tas, dompet, dan hiasan dinding; dan iii) media komunikasi: motif tenun menjadi media untuk menyampaikan pesan dan nilai-nilai budaya dari generasi ke generasi.

Pada gambar 4 ditunjukkan motif tenun Banuaoge/ Saoraja, dengan tekstur, warna, motif yang khas.



Gambar 4. Motif tenun Tadulako

Evaluasi Kinerja

Kinerja model dievaluasi menggunakan metrik seperti akurasi, presisi, recall, dan F1-score (Hicks et al., 2022; Sokolova et al., 2006) pada set pengujian. Confusion matrix (Ruuska et al., 2018; Sarang Narkhede, 2018) digunakan untuk melihat distribusi prediksi dan mendeteksi kelas yang paling sering keliru diklasifikasikan. Evaluasi temporal, Analisis dilakukan untuk memastikan bahwa model menangkap dinamika ekspresi wajah dari waktu ke waktu.

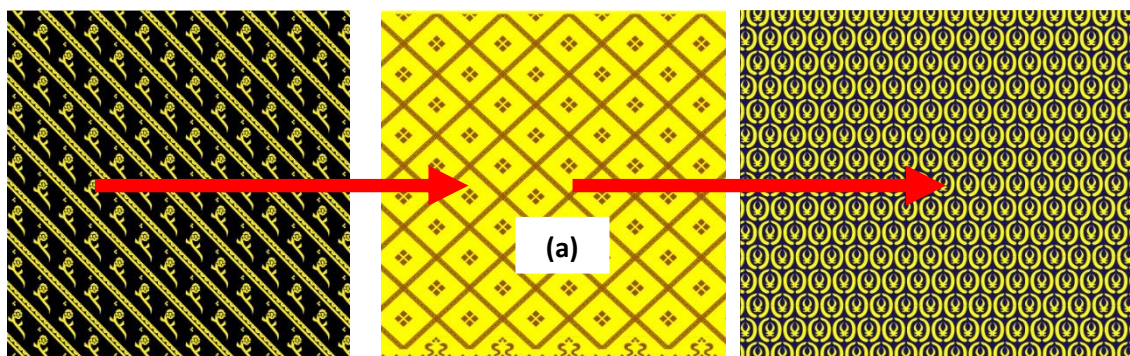
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

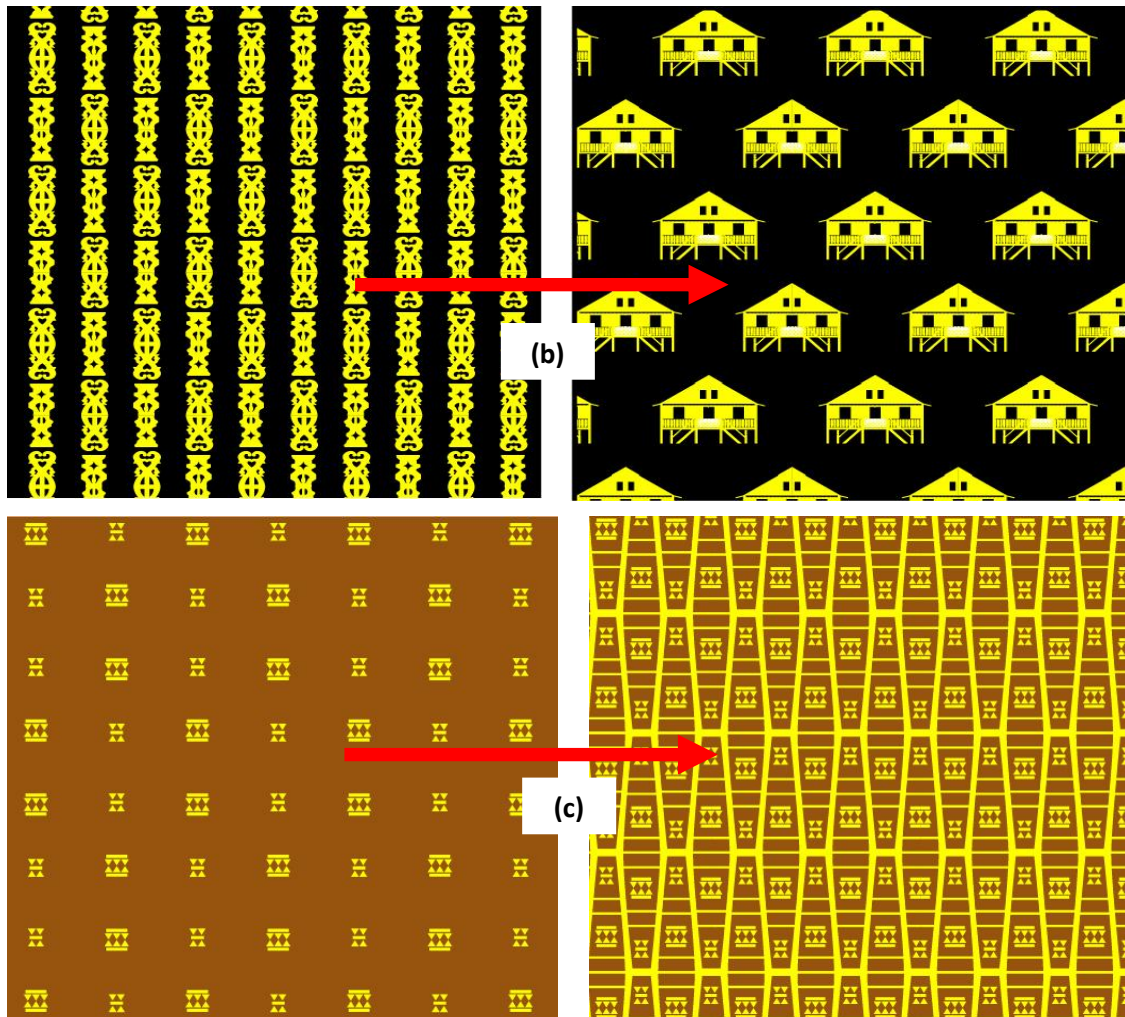
Hasil Pelatihan Model CNN

Model CNN yang dilatih dengan dataset motif tenun Raja Tjatjo Idjaja, Banua Oge/Souraja, dan Tadulako berhasil mencapai

akurasi sekitar 92% dalam pengenalan motif. Akurasi per kategori motif adalah sebagai berikut: i) motif raja Tjatjo Idjaja: Akurasi 94%, menunjukkan kemampuan model dalam mengenali pola geometris dan simbolis yang khas dari motif ini; ii) motif Banua Oge/Souraja: Akurasi 90%, dengan sedikit tantangan pada motif yang memiliki detail sangat halus; dan motif Tadulako: akurasi 91%, menunjukkan hasil yang baik dalam mengenali motif-motif simbolis dan adat pada tenun Tadulako.

Secara grafis, beberapa motif tenun digambarkan dalam beberapa pola. Hal tersebut ditunjukkan pada gambar 5 berikut ini.





Gambar 5. (a) Desain grafis motif Magau, (b) desain grafis motif Boneoge/ Saoraja, dan (c) desain grafis motif Tadulako

Diskusi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa CNN efektif dalam mengidentifikasi motif-motif tenun yang kompleks. Model dapat mengenali pola-pola geometris dan simbolik yang menjadi ciri khas dari motif Raja Tjatjo Idjaja, Banua Oge/Souraja, dan Tadulako. Hasil ini membuka peluang bagi penggunaan AI dalam mendukung pelestarian budaya dan pengembangan produk tenun.

Beberapa tantangan yang muncul selama penelitian termasuk kesamaan antar motif yang bisa menyebabkan kesalahan klasifikasi. Selain itu, motif dengan detail kecil memerlukan resolusi gambar yang lebih tinggi untuk meningkatkan akurasi pengenalan.

IV. KESIMPULAN

Penggunaan AI, khususnya Convolutional Neural Networks (CNN), terbukti efektif dalam mengotomatisasi proses identifikasi motif tenun Raja Tjatjo Idjaja, Banua Oge/Souraja, dan Tadulako. Dengan akurasi yang tinggi, teknologi ini dapat mempercepat proses

klasifikasi motif yang sebelumnya memerlukan waktu dan keterampilan khusus. Selain mendukung pelestarian budaya, teknologi ini juga dapat diaplikasikan dalam inovasi produk tekstil tradisional untuk memperluas jangkauan pemasaran.

REKOMENDASI

Untuk pengembangan lebih lanjut, beberapa rekomendasi meliputi: a) penambahan dataset: Dataset yang lebih besar dan beragam dapat membantu meningkatkan akurasi dan performa model; dan b) penggunaan fitur warna: Warna motif tenun dapat menjadi fitur tambahan yang dipertimbangkan dalam klasifikasi motif.

Pengembangan aplikasi berbasis AI: Aplikasi mobile atau platform digital berbasis AI dapat membantu pengrajin dan desainer dalam mengelola motif dan desain tenun secara efisien.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, T., & Aziz, M. N. (2019). Data

- preprocessing and feature selection for machine learning intrusion detection systems. *ICIC Express Letters*, 13(2), 93–101.
<https://doi.org/10.24507/icicel.13.02.93>
- Batool, A., & Byun, Y. C. (2025). A lightweight multi-path convolutional neural network architecture using optimal features selection for multiclass classification of brain tumor using magnetic resonance images. *Results in Engineering*, 25(January), 104327.
<https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.104327>
- Chai, J., Zeng, H., Li, A., & Ngai, E. W. T. (2021). Deep learning in computer vision: A critical review of emerging techniques and application scenarios. *Machine Learning with Applications*, 6(March), 100134.
<https://doi.org/10.1016/j.mlwa.2021.100134>
- Chapman, A., Simperl, E., Koesten, L., Konstantinidis, G., Ibáñez, L. D., Kacprzak, E., & Groth, P. (2020). Dataset search: a survey. *Vldb Journal*, 29(1), 251–272.
<https://doi.org/10.1007/s00778-019-00564-x>
- Hicks, S. A., Strümke, I., Thambawita, V., Hammou, M., Riegler, M. A., Halvorsen, P., & Parasa, S. (2022). On evaluation metrics for medical applications of artificial intelligence. *Scientific Reports*, 12(1), 1–9.
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-09954-8>
- Indolia, S., Goswami, A. K., Mishra, S. P., & Asopa, P. (2018). Conceptual Understanding of Convolutional Neural Network- A Deep Learning Approach. *Procedia Computer Science*, 132, 679–688.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.05.069>
- Jang, J. (2021). Design of Deep Learning-based Technology for Place Image Collecting. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 12(5), 216–222.
<https://doi.org/10.17762/turcomat.v12i5.878>
- Koesten, L., Simperl, E., Blount, T., Kacprzak, E., & Tennison, J. (2020). Everything you always wanted to know about a dataset: Studies in data summarisation. *International Journal of Human Computer Studies*, 135(October 2019), 102367.
<https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2019.10.004>
- Liliana, D. Y. (2019). Emotion recognition from facial expression using deep convolutional neural network. *Journal of Physics: Conference Series*, 1193(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1193/1/012004>
- Liu, S., Zhao, J., Wang, H., Li, R., & Lu, Z. (2024). Using Convolutional Neural Networks (CNN) to Realize Deep Recognition Analysis of Power Technology Standard Images. *Procedia Computer Science*, 243, 323–331.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.09.040>
- Łosiński, J., & Czarnowski, I. (2025). Comparison of CNN architectures for INTERCO. *Procedia Computer Science*, 270, 861–870.
<https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.09.206>
- Maharana, K., Mondal, S., & Nemade, B. (2022). A review: Data pre-processing and data augmentation techniques. *Global Transitions Proceedings*, 3(1), 91–99.
<https://doi.org/10.1016/j.gltp.2022.04.020>
- Mumuni, A., & Mumuni, F. (2022). Data augmentation: A comprehensive survey of modern approaches. *Array*, 16(August), 100258.
<https://doi.org/10.1016/j.array.2022.100258>
- Nemavhola, A., Chibaya, C., & Viriri, S. (2025). A Systematic Review of CNN Architectures, Databases, Performance Metrics, and Applications in Face Recognition. *Information (Switzerland)*, 16(2), 1–41.
<https://doi.org/10.3390/info16020107>
- Ramadhan, M. F., & Adi Prasetijo. (2023). Warisan Budaya dalam Konteks Standar Internasional: Penjagaan Warisan Budaya Untuk Pembangunan Berkelanjutan. *Janus*, 1(2), 123–134.
<https://doi.org/10.22146/janus.v1i2.9127>
- Ruuska, S., Hämäläinen, W., Kajava, S., Mughal, M., Matilainen, P., & Mononen, J. (2018). Evaluation of the confusion matrix method in the validation of an automated system for measuring feeding behaviour of cattle. *Behavioural Processes*, 148(March 2017), 56–62.
<https://doi.org/10.1016/j.beproc.2018.01.004>
- Sane, P., & Agrawal, R. (2017). *Pixel Normalization from Numeric Data as Input to Neural Networks*. 2250–2254.
<http://arxiv.org/abs/1705.01809>
- Sarang Narkhede. (2018). *Understanding Confusion Matrix*.
<https://towardsdatascience.com/understanding-confusion-matrix-a9ad42dcfd62>
- Shorten, C., & Khoshgoftaar, T. M. (2019). A

survey on Image Data Augmentation for Deep Learning. *Journal of Big Data*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s40537-019-0197-0>

Sokolova, M., Japkowicz, N., & Szpakowicz, S. (2006). Beyond accuracy, F-score and ROC: A family of discriminant measures for performance evaluation. *AAAI Workshop - Technical Report, WS-06-06*(June 2014), 24–29. https://doi.org/10.1007/11941439_114