

Klasifikasi Citra Makanan Berdasarkan Asal Daerah Menggunakan Convolutional Neural Network

Food Image Classification Based on Regional Origin using Convolutional Neural Network

Wisnu Prayogo Kusumo¹, Christian Sri Kusuma Aditya²

^{1,2}Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Malang

E-mail: ¹kusumoprayogo123456@webmail.umm.ac.id, ²christianskaditya@umm.ac.id

Abstrak

Budaya kuliner Indonesia memiliki ciri khas dan karakteristik yang bermacam-macam pada setiap daerahnya. Makanan siap saji dan makanan cepat saji menjadi pilihan favorit anak muda zaman sekarang karena lebih praktis dan menghemat waktu, sementara makanan tradisional mengalami penurunan minat yang dapat mengancam pelestarian warisan kuliner nusantara. Salah satu tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk membantu melestarikan dan mempromosikan kekayaan kuliner Indonesia terhadap kalangan anak muda dengan teknik klasifikasi berdasarkan daerah provinsi. Data diambil dari *google images* menggunakan *bot* yang mensimulasikan perilaku manusia ketika ingin mengambil link pada *google images*. Ada banyak metode *deep learning* dan *machine learning* yang dapat digunakan untuk mengklasifikasi citra makanan, contoh nya adalah CNN. Hasil dari menggunakan metode CNN menunjukkan nilai akurasi sebesar 64% dalam memprediksi citra makanan berdasarkan asal daerah. Hasil ini menunjukkan bahwa adanya beberapa kendala yang perlu diperhatikan. Salah satu penyebab rendah nya akurasi ini adalah variasi data yang kompleks dalam citra makanan dari kedua pulau dan memiliki kemiripan visual tertentu yang sulit diidentifikasi oleh model sehingga menyebabkan adanya *false positive* dan *false negative*. Namun, metode CNN relatif cukup baik untuk diterapkan pada klasifikasi citra makanan khas Pulau Jawa dan Pulau Sumatra.

Kata kunci: klasifikasi citra, kuliner Indonesia, *convolutional neural network*, *confusion matrix*

Abstract

Indonesia's culinary culture has distinctive features and characteristics that vary from region to region. Fast food and fast food are the favorite choices of young people today because they are more practical and save time, while traditional food has decreased interest which can threaten the preservation of the archipelago's culinary heritage. One of the objectives of this research is to help preserve and promote Indonesia's culinary wealth with classification techniques based on provincial regions among young people. Data is taken from google images using a bot that simulates human behavior when retrieving links on google images. There are many deep learning and machine learning methods that can be used to classify food images, an example is CNN. The results of using the CNN method show an accuracy value of 64% in predicting food images based on regional origin. This result shows that there are several obstacles that need to be considered. One of the reasons for this low accuracy is the complex data variation in food images from both islands and certain visual similarities that are difficult to identify by the model, causing false positives and false negatives. However, the CNN method is relatively good enough to be applied to the classification of typical food images of Java Island and Sumatra Island.

Keywords: image classification, Indonesian culinary, convolutional neural network, confusion matrix

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara maritim yang terbentang dari Kota Sabang di Pulau Sumatera sampai Kota Merauke di Pulau Papua. Setiap daerah memiliki kuliner unik yang mencerminkan budayanya dan dapat menarik perhatian wisatawan domestik maupun mancanegara untuk mencicipinya [1]. Namun, modernisasi telah mengubah banyak aspek budaya salah satunya adalah makanan atau jajanan tradisional. Dengan semakin banyaknya gerai makanan siap saji atau cepat saji membuat minat terhadap makanan tradisional menurun dan cenderung dilupakan. Hal ini menimbulkan kekhawatiran atas kemungkinan hilangnya warisan kuliner yang berharga [2]. Oleh karena itu, penting bagi masyarakat untuk berupaya melestarikan dan mempromosikan makanan tradisional melalui berbagai acara festival yang diselenggarakan oleh pemerintah setempat.

Saat ini penggunaan teknologi kecerdasan buatan dan pemrosesan citra mungkin dapat membantu untuk mengatasi penurunan minat pada kuliner tradisional Indonesia. Dengan sistem otomatis yang bisa mengidentifikasi makanan dalam citra dapat mengedukasi generasi muda dan mempromosikan keanekaragaman kuliner nusantara. Algoritma seperti jaringan saraf (*neural network*) memungkinkan integrasi dengan platform digital seperti aplikasi seluler dan media sosial. Dengan ini dapat membantu mempertahankan warisan budaya kuliner Indonesia.

Neural network memiliki beberapa metode yang populer seperti CNN yang digunakan untuk pemrosesan gambar atau visual, RNNs yang cocok untuk pemrosesan bahasa alami, dan variasi RNNs seperti LSTM yang efektif dalam menangani masalah terkait dengan urutan data jangka panjang [3]. Pada paper yang berjudul “*A Comprehensive Study on Skin Cancer Detection Using Artificial Neural Network (ANN) and Convolutional Neural Network (CNN)*” [4], data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra kanker kulit. Hasil akurasi dari model yang digunakan bervariasi, ketika menggunakan model KNN diperoleh sebesar 0,71, model ANN diperoleh sebesar 86,3%, model SVM dan CNN diperoleh sebesar 92%. Akurasi yang diperoleh dapat dipengaruhi oleh faktor seperti metode yang digunakan, jumlah data pelatihan dan kualitas fitur yang diekstraksi. Karakteristik dalam penelitian ini adalah menggunakan teknik segmentasi dan ekstraksi fitur untuk meningkatkan akurasi. Terdapat beberapa kendala dan tantangan dalam penelitian ini, salah satunya yaitu kebutuhan akan pelatihan yang intensif dan waktu yang lama untuk mendapatkan hasil yang akurat.

Pada paper yang berjudul “*Klasifikasi Citra Digital Bumbu dan Rempah dengan Algoritma Convolutional Neural Network (CNN)*” [5], data yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra digital bumbu dan rempah yang diambil dari *search engine google*. Terdapat tiga kategori bumbu dan rempah yang digunakan, yaitu ginseng, jahe dan lengkuas. Total citra yang dikumpulkan adalah 300 data dengan masing-masing kategori memiliki 100 citra. Data tersebut dibagi menjadi data *training* dan data *testing* dengan perbandingan 80:20. Hasil akurasi dari model CNN dengan menggunakan data *training* adalah 98,75% dan menggunakan data *testing* sebesar 85%. Akurasi tersebut didapatkan berdasarkan perhitungan persentase ketepatan merekam data yang diklasifikasikan dengan tepat setelah dilakukan pengujian pada hasil klasifikasi. Terdapat beberapa karakteristik dalam penelitian ini, yaitu penggunaan CNN sebagai model untuk klasifikasi citra digital bumbu dan rempah. Salah satu kendala yang dihadapi adalah proses *feature engineering* yang terbatas pada dataset tertentu saja.

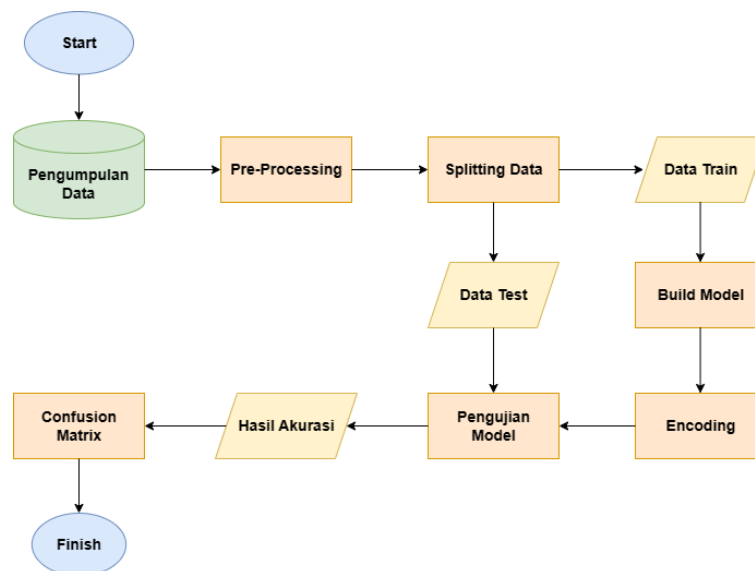
Pada paper yang berjudul “*Prediksi Citra Makanan Menggunakan Convolutional Neural Network untuk Menentukan Besaran Kalori Makanan*” [6], data yang digunakan adalah dataset citra makanan. Hasil akurasi dari model yang dikembangkan menunjukkan akurasi tertinggi sebesar 98% dan akurasi terendah sebesar 66%. Akurasi tersebut bisa didapatkan sebesar atau serendah itu karena fitur citra makanan memiliki kemiripan dengan fitur citra makanan lain, sehingga menyebabkan salah klasifikasi. Karakteristik dalam penelitian ini meliputi pengumpulan data gambar, analisis kebutuhan, desain dan implementasi, serta pengujian sistem. Kendala nya adalah pada saat pengujian akurasi sistem dalam mengenali jenis makanan. Tantangannya adalah dalam menentukan kalori yang terkandung pada makanan yang telah dikenali, namun sistem berhasil memperlihatkan semua kalori makanan yang diunggah oleh pengguna dengan

keberhasilan sebesar 100%.

Berdasarkan penjelasan diatas, *convolutional neural network* telah menjadi metode paling favorit untuk klasifikasi citra dikarenakan hasil akurasi nya relatif baik, terutama dalam konteks klasifikasi citra makanan atau citra lainnya. Namun, fokus penelitian sebelumnya lebih cenderung pada mengklasifikasi jenis makanan daripada karakteristik asal daerah makanan tersebut. Dalam penelitian ini, peneliti ingin mengklasifikasi citra makanan berdasarkan asal daerah yang berada di Pulau Jawa dan Pulau Sumatra menggunakan model *convolutional neural network* dengan jumlah data uji citra yang lebih banyak daripada penelitian sebelumnya, serta berfokus pada karakteristik data citra yang berbeda untuk meningkatkan akurasi dan ketepatan klasifikasi. Evaluasi kinerja dilakukan dengan mengukur akurasi, agar memberikan wawasan lebih mendalam terkait kemampuan model dalam mengenali karakteristik visual yang berkaitan dengan asal daerah makanan.

2. METODE PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah menerapkan metode *convolutional neural network* dalam melakukan klasifikasi citra makanan khas dari Pulau Jawa dan Pulau Sumatra, serta mengevaluasi kinerja model dengan mengukur akurasi, *precision*, *recall*, *f1-score* dan menganalisis *confusion matrix* untuk memahami kinerja model dalam mengklasifikasi masing-masing kelas. Rancangan penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Rancangan Penelitian

Tahapan pertama yang dilakukan adalah pengumpulan data citra kuliner berdasarkan provinsi dan dilakukan *preprocessing*. Setelah tahapan *preprocessing* dilakukan, data dipisah untuk tahap pembangunan model dengan menggunakan data *train*. Metode *encoding* juga dilakukan agar tahap pengujian model bisa dilakukan secara optimal. Hasil akurasi dan *confusion matrix* ditunjukkan sebagai hasil akhir yang didapatkan dari rancangan penelitian yang telah dilakukan.

2.1. Dataset

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh melalui teknik *crawling*. *Crawling* adalah proses yang digunakan untuk mengunjungi secara sistematis dan otomatis halaman website untuk mengumpulkan data dan informasi secara spesifik [7]. Seluruh dataset citra ini diambil secara otomatis di *google images* menggunakan *bot* yang mensimulasikan tindakan klik

kanan pada gambar-gambar hasil pencarian yang muncul setelah pencarian manual dilakukan.

Dataset ini terdiri dari 14 jenis makanan yang ditunjukkan secara *random* pada Gambar 2 berdasarkan provinsi yaitu Jawa Timur, Jawa Tengah, D.I. Yogyakarta, Jawa Barat, D.K.I Jakarta, Aceh, Sumatra Utara, Sumatra Barat, Kepulauan Riau, Jambi, Bengkulu, Sumatra Selatan, Bangka Belitung dan Lampung dengan total 595 citra. Pembagian citra dari total 595 citra tersebut adalah 415 gambar untuk data latih, 90 gambar untuk data validasi, dan 90 gambar untuk data uji.



Gambar 2 Sampel Citra Makanan

2.2. Preprocessing

Tahap *preprocessing* merupakan tahap awal yang dilakukan untuk mempersiapkan citra sebelum pelatihan model dan meningkatkan kualitas citra sehingga algoritma yang digunakan dapat bekerja lebih efektif. Dalam penelitian ini, dapat dilihat pada Gambar 3 dilakukan beberapa langkah *preprocessing* yaitu menentukan tepi gambar makanan untuk diterapkan proses pembungkusan, setelah itu proses pemotongan gambar dilakukan untuk memusatkan perhatian pada objek utama makanan. Langkah selanjutnya yaitu dilakukan konversi warna menjadi skala abu-abu untuk menghilangkan variasi warna yang tidak sesuai dan pengubahan ukuran gambar menjadi 128 x 128 *pixel* untuk menyamakan dimensi [6]. Tahap terakhir melakukan label *encoding* sebelum lanjut ke tahap *training* model.

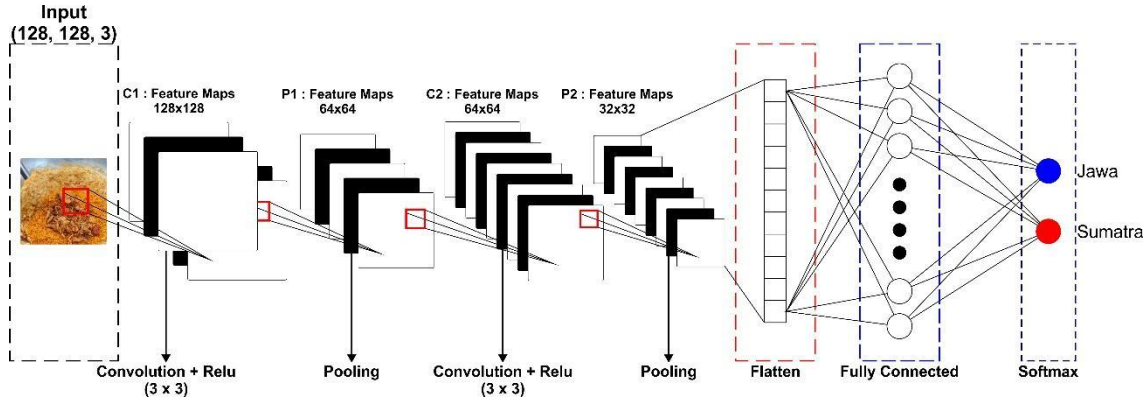


Gambar 3 Preprocessing Pada Data Citra

2.3. Model CNN (Convolutional Neural Network)

CNN (*Convolutional Neural Network*) merupakan algoritma jenis jaringan saraf tiruan yang secara khusus dirancang untuk memproses, mendeteksi dan mengidentifikasi data gambar.

CNN memiliki kesamaan dengan jaringan saraf biasa MLP (*Multi Layer Perceptron*) yang dimana keduanya terdiri dari neuron dengan bobot, bias dan fungsi aktivasi [8]. Namun yang membedakan adalah struktur, cara pemrosesan data dan ukuran dimensi. Bisa dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Arsitektur CNN

Struktur CNN terdiri dari beberapa lapisan yang berbeda-beda fungsinya, yang meliputi lapisan *convolution*, lapisan *pooling* atau *subsampling*, dan lapisan *fully connected* [9]. Lapisan *convolution* bertugas untuk mengekstrak fitur-fitur penting dari gambar dengan menggunakan filter atau kernel [10]. Lapisan *pooling* berfungsi untuk mereduksi dimensi data yang masuk sehingga meminimalisir jumlah parameter yang perlu dilatih dan mengurangi kemungkinan *overfitting* [11]. Lapisan *fully connected* berfungsi untuk melakukan klasifikasi atau regresi dengan menggunakan fitur-fitur yang telah diekstrak [12].

Dalam proses *training* data, CNN menggunakan fungsi *error* atau *loss function* untuk mengukur seberapa baik performa jaringan saraf dalam memprediksi data. Salah satu fungsi *error* yang umum digunakan adalah *cross-entropy loss*, yang sangat cocok untuk masalah klasifikasi. Fungsi *cross-entropy loss* untuk klasifikasi multikelas dinyatakan dengan rumus [13] pada persamaan 1.

$$E = -\sum_{i=1}^n (t_i \log(x_i) + (1 - t_i) \log(1 - x_i)) \quad (1)$$

Dalam proses *testing* data, kinerja dari model CNN diukur berdasarkan kemampuannya untuk mengklasifikasi data yang belum pernah dilihat sebelumnya (data tes). Ini dilakukan untuk menilai kelayakan model sebelum digunakan dalam sistem dengan menggunakan rumus [13] pada persamaan 2.

$$Acc = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (2)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

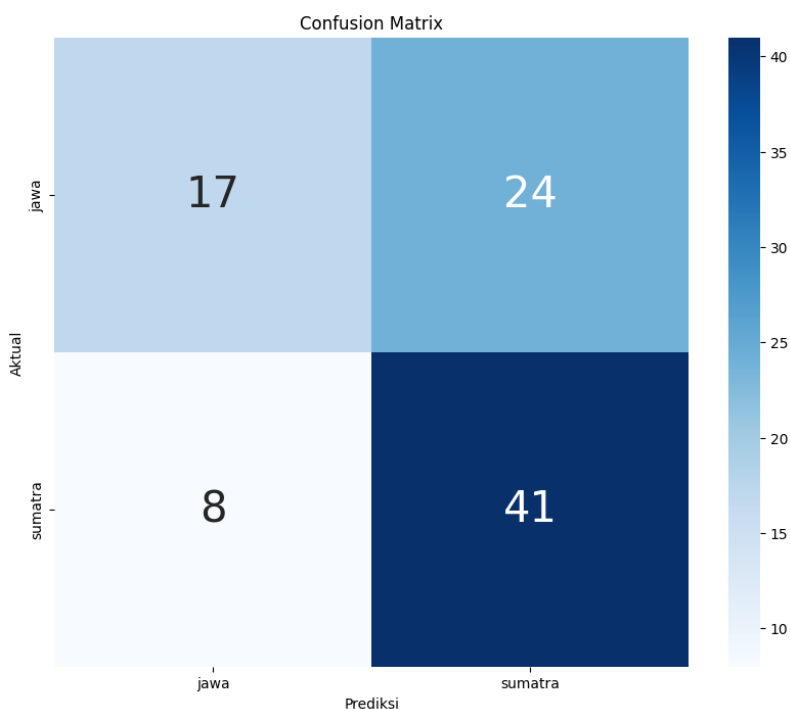
Pada bab ini, dijelaskan hasil dari penelitian dan pembahasan yang berfokus pada evaluasi performa model dalam memprediksi asal daerah citra makanan di Pulau Jawa dan Sumatra. Data kemudian dibagi sebesar 70% untuk pelatihan, 15% untuk validasi, dan 15% untuk pengujian [14].

Model CNN dibangun dengan tiga lapisan menggunakan *conv2D* dan *maxpooling2D* untuk ekstraksi fitur, diikuti oleh satu lapisan *flatten* sebagai input, dua lapisan *dense* dengan fungsi aktivasi menggunakan *relu* dan sebuah lapisan *output* dengan aktivasi menggunakan *softmax* untuk klasifikasi 2 kelas yang berbeda [15]. Model ini di kompilasi dengan *optimizer*

menggunakan adam dengan *learning rate* sebesar 0,001 dan *loss function* menggunakan *sparse_categorical_crossentropy* [16]. Setelah itu dilakukan label *encoding* dan model tersebut dilatih dengan 100 *epoch* untuk memastikan stabilisasi yang memadai. Performa akhir model ditentukan berdasarkan metrik akurasi dan loss, dari hasil tersebut kemudian di evaluasi menggunakan visualisasi *confusion matrix*.

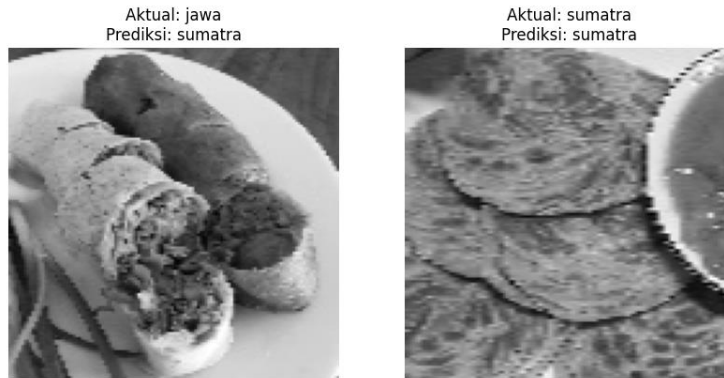
3.1. Evaluasi Confusion Matrix

Pada pengujian citra makanan tradisional menggunakan model CNN (*Convolutional Neural Network*) dilakukan evaluasi dengan menggunakan *confusion matrix* untuk mengukur kinerja model dalam memprediksi citra makanan. Gambar 5 menunjukkan frekuensi prediksi dan aktual dari data yang diuji.



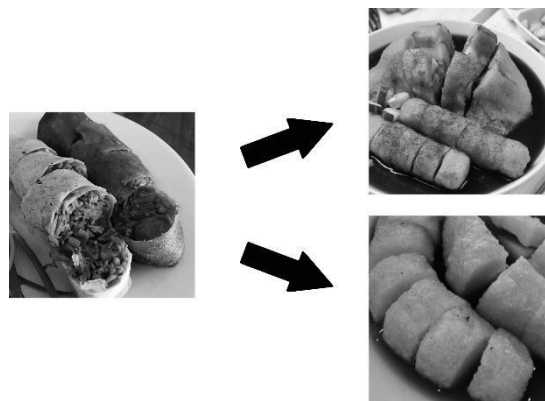
Gambar 5 *Confusion Matrix* pada Model CNN

Dari Gambar 5 yang telah divisualisasikan diatas, model untuk klasifikasi makanan khas Pulau Jawa dan Pulau Sumatra memiliki performa yang dapat diuraikan. Dari 90 data uji, model berhasil mengidentifikasi dengan benar 17 gambar makanan khas Pulau Jawa dan 41 gambar makanan khas Pulau Sumatra yang memberikan nilai *true positive* dan *true negative* yang signifikan. Namun, model juga mengalami kesulitan dalam mengklasifikasi citra. Terdapat 8 gambar makanan khas Pulau Sumatra yang salah prediksi sebagai Pulau Jawa (*false positive*) dan 24 gambar makanan khas Pulau Jawa yang salah prediksi sebagai Pulau Sumatra (*false negative*). Contoh hasil prediksi bisa dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Model Salah Prediksi Citra

Dari Gambar 6 bisa dilihat terdapat salah satu gambar makanan khas Pulau Jawa yang salah prediksi sebagai makanan khas Pulau Sumatra. Beberapa faktor salah prediksi disebabkan oleh keragaman visual antara makanan khas Pulau Jawa dan Pulau Sumatra yang tidak cukup terwakili dalam dataset. Faktor lainnya yaitu beberapa gambar memiliki ciri-ciri atau bentuk yang mirip antara kelas makanan Pulau Jawa dan Pulau Sumatra sehingga model kesulitan membedakannya secara akurat. Kemiripan citra makanan tersebut bisa dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Kemiripan Citra Makanan

3.2. Evaluasi Precision, Recall dan F1-score

Setelah melakukan uji klasifikasi menggunakan model *convolutional neural network*, langkah selanjutnya adalah laporan klasifikasi dari hasil uji menggunakan metrik evaluasi. Hasil metrik evaluasi nya bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Laporan Klasifikasi Model CNN

	<i>precision</i> (%)	<i>recall</i> (%)	<i>f1-score</i> (%)
jawa	68,00	41,46	51,51
sumatra	63,07	83,67	71,93
<i>accuracy</i>			64,44
<i>macro avg</i>	65,53	62,56	61,72
<i>weighted avg</i>	65,32	64,44	62,63

Berdasarkan Tabel 1 dengan menggunakan model CNN (*Convolutional Neural Network*) mempunyai nilai akurasi sebesar 64,44%, nilai tertinggi *precision* 68%, *recall* 83,67%, dan *f1-*

score 71,93%. Berdasarkan nilai dari *accuracy*, *precision*, *recall* dan *f1-score* dapat disimpulkan bahwa model CNN memiliki kinerja yang cukup baik dalam mengklasifikasi makanan khas Pulau Jawa dan Sumatra. Dengan nilai *precision* sebesar 68% untuk kelas jawa menunjukkan bahwa dari semua gambar yang diprediksi sebagai makanan khas Pulau Jawa, 68% di antaranya benar-benar makanan khas Pulau Jawa. Sementara itu, *precision* sebesar 63,07% untuk kelas sumatra menunjukkan hal yang serupa untuk kelas sumatra.

Hasil berdasarkan nilai *recall* atau tingkat ketepatan deteksi menunjukkan hasil yang memuaskan. *Recall* sebesar 41,46% untuk kelas jawa dan 83,67% untuk kelas sumatra menunjukkan bahwa model cenderung lebih baik dalam mengidentifikasi makanan khas Pulau Sumatra daripada Pulau Jawa. Penyebabnya antara lain adalah jumlah sampel makanan khas Pulau Sumatra lebih banyak daripada makanan khas Pulau Jawa dalam dataset. Model cenderung belajar lebih banyak tentang ciri-ciri atau bentuk makanan dari Pulau Sumatra yang mengakibatkan nilai *recall* pada kelas sumatra lebih tinggi daripada kelas jawa, karena model lebih baik dalam mengenali kelas mayoritas. Hasil *f1-score* yang menggabungkan *presicion* dan *recall*, memberikan gambaran keseluruhan kinerja model CNN. *F1-score* sebesar 51,51% untuk kelas jawa dan 71,93% untuk kelas sumatra menunjukkan bahwa model cukup seimbang dalam melakukan klasifikasi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Dengan adanya perubahan dalam budaya kuliner di Indonesia yang disebabkan oleh salah satunya yaitu makanan siap saji atau makanan cepat saji yang mendominasi pasar kuliner, sementara makanan tradisional mengalami penurunan minat. Hal ini berpotensi mengancam pelestarian warisan kuliner Indonesia. Oleh karena itu, perlu adanya upaya lebih lanjut untuk mempromosikan dan melestarikan makanan tradisional sebagai bagian penting dari identitas kuliner Indonesia. Dalam hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa penggunaan model CNN (*Convolutional Neural Network*) didapatkan nilai akurasi sebesar 64%. Nilai akurasi tersebut tergolong relatif baik dalam melakukan klasifikasi makanan tradisional berdasarkan Pulau Jawa dan Pulau Sumatra. Oleh karena itu, perlu dilakukan penyesuaian arsitektur model yang lebih kompleks dan dilakukan pembersihan *background* pada dataset dengan otomatis dan presisi menggunakan metode *watershed* atau metode manual. Hal ini akan membantu meningkatkan akurasi dalam klasifikasi makanan dengan lebih tepat. Proses pembersihan *background* ini juga dapat memastikan bahwa citra yang digunakan dalam penelitian mencerminkan dengan baik jenis dan karakteristik makanan yang akan diklasifikasi. Dengan demikian, dapat membuka peluang untuk mengembangkan penelitian ini lebih optimal, sekaligus memberikan kontribusi tambahan dalam menyajikan informasi resep makanan pada citra yang telah diklasifikasi. Upaya ini semoga dapat memberikan nilai positif dan sekaligus berperan dalam menjaga kelestarian kekayaan kuliner Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Syamsul Rahman, *Pengembangan Industri Kuliner Berbasis Makanan Tradisional Khas Sulawesi*. 2021. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=wi8oEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Kuliner+tradisional+Indonesia+seringkali+disajikan+dengan+tampilan+yang+menarik,+artistik,+warna+yang+mencolok+dan+beragam+tekstur+yang+menggugah+selera.+Dengan+beragam+kuliner+da>
- [2] A. A. Hariman, D. I. Mulyana, and M. B. Yel, "Klasifikasi Jajanan Tradisional Jawa Tengah dengan Metode Transfer Learning dan MobileNetV2," *J. Inf. Interaktif*, vol. 8, no. 1, pp. 15–23, 2023, [Online]. Available: <http://e-journal.janabadra.ac.id/>
- [3] N. P. A. ANESCA, "SENTIMENT ANALYSIS PERSEPSI MASYARAKAT

- TERHADAP PROTOKOL KESEHATAN VIRUS CORONA DI TWITTER MENGGUNAKAN WORD2VEC MODEL DAN RECURRENT NEURAL NETWORK LEARNING.,” 2022.
- [4] A. Shah *et al.*, “A comprehensive study on skin cancer detection using artificial neural network (ANN) and convolutional neural network (CNN),” *Clin. eHealth*, vol. 6, pp. 76–84, 2023, doi: 10.1016/j.ceh.2023.08.002.
- [5] I. Wulandari, H. Yasin, and T. Widiharih, “Klasifikasi Citra Digital Bumbu Dan Rempah Dengan Algoritma Convolutional Neural Network (Cnn),” *J. Gaussian*, vol. 9, no. 3, pp. 273–282, 2020, doi: 10.14710/j.gauss.v9i3.27416.
- [6] P. Gede and S. Cipta, “Prediksi Citra Makanan Menggunakan Convolutional Neural Network Untuk,” *J. Teknol. Inf. dan Komput.*, pp. 30–38, 2020.
- [7] Z. A. B. Jaka Eka Sembodo, Erwin Budi Setiawan, “Data Crawling Otomatis pada Twitter,” *Indones. Symp. Comput.*, pp. 11–16, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Erwin-Setiawan-3/publication/308815966_Data_Crawling_Otomatis_pada_Twitter/links/5bb5832392851ca9ed37a37e/Data-Crawling-Otomatis-pada-Twitter.pdf
- [8] M. A. Pangestu and H. Bunyamin, “Analisis Performa dan Pengembangan Sistem Deteksi Ras Anjing pada Gambar dengan Menggunakan Pre-Trained CNN Model,” *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 4, no. 2, pp. 2443–2229, 2018, [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.28932/jutisi.v4i2.828>
- [9] P. A. Nugroho, I. Fenriana, and R. Arijanto, “Implementasi Deep Learning Menggunakan Convolutional Neural Network (Cnn) Pada Ekspresi Manusia,” *Algor*, vol. 2, no. 1, pp. 12–21, 2020.
- [10] R. Indraswari, W. Herulambang, and R. Rokhana, “Deteksi Penyakit Mata Pada Citra Fundus Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN),” *Techno.Com*, vol. 21, no. 2, pp. 378–389, 2022, doi: 10.33633/tc.v21i2.6162.
- [11] A. L. A. Shidiq, E. SUhartono, and S. Saidah, “Klasifikasi Kecacatan Ban Untuk Mengendalikan Kualitas Produk Menggunakan Model CNN Dengan Arsitektur VGG-16 Classification Of Tire Defect To Control Product Quality Using Cnn Model With VGG-16 Architecture,” *e-Proceeding Eng.*, vol. 8, no. 6, pp. 3216–3225, 2022, [Online]. Available: www.kaggle.com.
- [12] “ALGORITMA CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) BERDASARKAN CITRA KEPALA SKRIPSI Oleh : MUHAMMAD FAHMI ABIDIN,” 2021.
- [13] H. Fonda, “Klasifikasi Batik Riau Dengan Menggunakan Convolutional Neural Networks (Cnn),” *J. Ilmu Komput.*, vol. 9, no. 1, pp. 7–10, 2020, doi: 10.33060/jik/2020/vol9.iss1.144.
- [14] M. Kholilurrahman, W. A. Syafei, and O. D. Nurhayati, “Image Processing Classification of Rice Leaf Color Images Using the Convolutional Neural Network Method Klasifikasi Image Processing Pada Citra Warna Daun Padi Menggunakan Metode Convolutional Neural Network,” vol. 23, no. 2, pp. 175–186, 2023.
- [15] H. Kurniawan and K. Kusriani, “Klasifikasi Pengenalan Wajah Siswa Pada Sistem Kehadiran dengan Menggunakan Metode Convolutional Neural Network,” *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 7, no. 2, pp. 846–856, 2023, doi: 10.30865/mib.v7i2.5958.
- [16] M. A. Hanin, R. Patmasari, and R. Y. Nur, “Sistem Klasifikasi Penyakit Kulit Menggunakan Convolutional Neural Network (Cnn) Skin Disease Classification System Using Convolutional Neural Network (Cnn),” *e-Proceeding Eng.*, vol. 8, no. 1, pp. 273–281, 2021.