

ABSTRAK

PERBANDINGAN MODEL ARSITEKTUR MOBILENETV2 DAN DENSENET169 PADA KLASIFIKASI CITRA SAMPAH ANORGANIK

Nama : Ari wibowo

NPM : 2255201087

Dosen : Dr.Erwin Dwika Putra, S.Kom.,M.Kom

Pemilahan sampah secara manual masih memiliki keterbatasan karena membutuhkan waktu yang lama dan berpotensi menimbulkan kesalahan dalam mengidentifikasi jenis sampah. Penelitian ini bertujuan membandingkan performa arsitektur MobileNetV2 dan DenseNet169 dalam klasifikasi citra sampah anorganik menggunakan metode *Transfer Learning*. Dataset yang digunakan terdiri atas citra cardboard dan paper yang diperoleh dari Kaggle serta data primer hasil dokumentasi peneliti. Tahapan penelitian meliputi *preprocessing*, pembagian dataset, pelatihan model, dan evaluasi menggunakan metrik Accuracy, Precision, Recall, F1-Score, dan *Confusion Matrix*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa MobileNetV2 memperoleh Accuracy 96,14%, Precision 95,05%, Recall 97,82%, dan F1-Score 96,42%. DenseNet169 memperoleh Accuracy 96,14%, Precision 95,70%, Recall 97,09%, dan F1-Score 96,39%. Meskipun memiliki tingkat akurasi yang sama, MobileNetV2 hanya menggunakan sekitar 2,6 juta parameter, sedangkan DenseNet169 memiliki sekitar 12,6 juta parameter. Hasil tersebut menunjukkan bahwa MobileNetV2 memberikan performa klasifikasi yang setara dengan DenseNet169 dengan kebutuhan komputasi yang lebih rendah sehingga lebih efisien untuk diterapkan pada perangkat dengan sumber daya terbatas.

Kata Kunci: *Transfer Learning*, Deep Learning, Efisiensi Komputas

ABSTRACT

PERBANDINGAN MODEL ARSITEKTUR MOBILENETV2 DAN DENSENET169 PADA KLASIFIKASI CITRA SAMPAH ANORGANIK

Nama : Ari wibowo

NPM : 2255201087

Dosen : Dr.Erwin Dwika Putra, S.Kom.,M.Kom

Manual waste sorting still has limitations because it requires considerable time and may lead to errors in identifying waste types. This study aims to compare the performance of the MobileNetV2 and DenseNet169 architectures in inorganic waste image classification using the Transfer Learning method. The dataset consisted of cardboard and paper images obtained from Kaggle and primary data collected through researcher documentation. The research stages included preprocessing, dataset splitting, model training, and evaluation using Accuracy, Precision, Recall, F1-Score, and Confusion Matrix metrics. The results showed that MobileNetV2 achieved an Accuracy of 96.14%, Precision of 95.05%, Recall of 97.82%, and F1-Score of 96.42%. DenseNet169 achieved an Accuracy of 96.14%, Precision of 95.70%, Recall of 97.09%, and F1-Score of 96.39%. Although both models obtained the same accuracy, MobileNetV2 used approximately 2.6 million parameters, while DenseNet169 used approximately 12.6 million parameters. These findings indicate that MobileNetV2 provides classification performance comparable to DenseNet169 while requiring lower computational resources, making it more efficient for implementation on devices with limited resources.

Keywords: *Transfer Learning, Deep Learning, Computational Efficiency*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Pengelolaan sampah merupakan isu global yang semakin mendesak seiring pertumbuhan populasi dan perubahan gaya hidup konsumtif masyarakat. Produksi sampah dunia terus meningkat setiap tahun dipicu oleh urbanisasi, peningkatan konsumsi, dan industrialisasi yang tinggi yang memaksa sistem pengelolaan limbah menghadapi tekanan besar dalam memenuhi kebutuhan daur ulang dan pembuangan yang benar. Penelitian menunjukkan bahwa peningkatan tajam volume sampah yang dihasilkan merupakan masalah utama bagi keberlanjutan lingkungan dan pengelolaan sumber daya secara efisien (Ahmad et al., 2025). Khususnya, sampah anorganik seperti plastik, kaca, logam, dan kertas memiliki karakteristik tidak mudah terurai secara alami dan menjadi komponen besar dari limbah padat yang menimbulkan pencemaran tanah, air, dan udara jika tidak ditangani dengan baik. Ketergantungan pada metode pembuangan tradisional (seperti pembuangan terbuka atau *landfilling*) memperburuk masalah pencemaran dan konsumsi lahan, selain berkontribusi terhadap masalah kesehatan masyarakat.

Dalam kondisi ideal, sampah anorganik seharusnya melalui proses pemilahan dan daur ulang yang efektif sehingga material berharga dapat dimanfaatkan kembali dan mengurangi volume yang masuk ke *landfill*, sejalan dengan prinsip ekonomi sirkular dan pengelolaan limbah modern.

Namun, pada praktik empiris di banyak daerah, proses pemilahan masih banyak dilakukan secara manual, yang menyebabkan variasi besar dalam kualitas pemilahan dan efisiensi rendah. Pendekatan manual ini sering kali tidak mampu mengikuti laju timbunan limbah yang terus meningkat, sehingga menjadi hambatan utama bagi sistem pengelolaan limbah yang berkelanjutan.

Ketidakakuratan pemilahan ini menyebabkan kontaminasi material daur ulang, di mana komponen yang seharusnya dapat diproses ulang justru tercampur dengan limbah lain, menurunkan kualitas bahan daur ulang, dan meningkatkan biaya operasional pemrosesan. Hal ini mencerminkan keterbatasan metode manual yang sangat bergantung pada tenaga manusia, yang tidak hanya memakan waktu tetapi juga rentan terhadap kesalahan.

Dinamika inilah yang mendorong kebutuhan untuk mengembangkan solusi otomatisasi dalam pemilahan sampah anorganik. Teknologi *computer vision* dan *deep learning* telah menunjukkan potensi yang memberikan kontribusi penting dalam mengidentifikasi dan mengklasifikasikan citra sampah berdasarkan karakteristik visual (seperti warna, bentuk, dan tekstur), sehingga menawarkan solusi yang lebih cepat, akurat, dan dapat diskalakan untuk menggantikan atau melengkapi proses manual. Pendekatan otomatis ini sangat relevan untuk membangun sistem pengelolaan limbah cerdas (*smart waste management*) yang berkelanjutan dan efisien (Ahmad et al., 2025)

Penelitian sebelumnya (Agustiani et al., 2025) telah membandingkan performa beberapa arsitektur *deep learning* dalam tugas klasifikasi sampah. Penelitian ini melakukan optimisasi terhadap beberapa model CNN

populer seperti EfficientNetB3, MobileNetV2, dan ResNet50 pada dataset citra sampah yang terdiri dari beberapa kategori (battery, glass, metal, organic, paper, plastic). Hasil eksperimen menunjukkan bahwa EfficientNetB3 memberikan performa terbaik secara keseluruhan dengan akurasi, presisi, recall, dan F1-score mencapai sekitar 93%, sementara ResNet50 berada pada sekitar 91% dan MobileNetV2 berkisar 70-73% tergantung pada optimizer yang digunakan. Penelitian ini bukan hanya menunjukkan variasi performa antara model ringan dan model yang lebih dalam, tetapi juga menandakan bahwa arsitektur yang lebih kompleks seperti EfficientNet dapat unggul dalam klasifikasi citra sampah bila dibandingkan arsitektur yang lebih sederhana.

Penelitian lainnya (Network, 2018) adalah studi pada dataset *TrashNet* yang mengevaluasi berbagai arsitektur CNN standar termasuk VGGNet, Inception-v3, ResNet, dan DenseNet yang menunjukkan bahwa model dengan kemampuan ekstraksi fitur lebih dalam seperti DenseNet dan Inception-v3 memiliki potensi akurasi tinggi untuk klasifikasi sampah jika dioptimasi dengan teknik augmentasi dan fine-tuning yang tepat.

Penelitian oleh menunjukkan bahwa arsitektur *EfficientNetB3* unggul dibanding *MobileNetV2* dan *ResNet50* pada klasifikasi citra sampah berdasarkan metrik akurasi, presisi, recall, dan F1-score dengan dataset 4,650 gambar sampah.

Oleh karena itu, penelitian ini mengambil fokus untuk mengisi celah tersebut melalui perbandingan kinerja dua arsitektur CNN: MobileNetV2 (ringan dan efisien) dan DenseNet169 (lebih dalam dan representatif), terhadap tugas klasifikasi citra sampah anorganik dalam kondisi dataset yang sama dan dengan prosedur evaluasi yang seragam.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, penelitian ini diarahkan untuk menjawab pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Bagaimana tingkat performa MobileNetV2 dalam mengklasifikasikan citra sampah anorganik berdasarkan metrik akurasi, presisi, recall, dan F1-score?
2. Bagaimana tingkat performa DenseNet169 dalam mengklasifikasikan citra sampah anorganik berdasarkan metrik akurasi, presisi, recall, dan F1-score?
3. Apakah peningkatan kompleksitas arsitektur berdampak signifikan terhadap performa klasifikasi dibandingkan efisiensi komputasi?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian memiliki ruang lingkup yang jelas dan terarah, maka penelitian ini dibatasi pada beberapa aspek sebagai berikut:

1. Penelitian hanya menggunakan dataset citra sampah anorganik yang terdiri dari dua kelas, yaitu cardboard dan paper.
2. Dataset dibagi menggunakan skema 80% data pelatihan (training), 10% data validasi (validation), dan 10% data pengujian (testing).

3. Proses augmentasi data hanya diterapkan pada data training, sedangkan data validation dan testing hanya dilakukan proses normalisasi ($\text{rescale} = 1/255$).
4. Penelitian menggunakan dua arsitektur Convolutional Neural Network (CNN), yaitu MobileNetV2 dan DenseNet169, dengan pendekatan Transfer Learning.
5. Kedua model dilatih menggunakan konfigurasi pelatihan yang sama, meliputi optimizer Adam, learning rate, batch size, jumlah epoch, serta teknik augmentasi yang identik agar hasil perbandingan bersifat objektif.
6. Proses pelatihan dilakukan menggunakan Google Colaboratory dengan memanfaatkan TensorFlow dan Keras sebagai framework pengembangan model.
7. Evaluasi performa model dilakukan menggunakan metrik Accuracy, Precision, Recall, F1-score, serta Confusion Matrix.
8. Penelitian ini tidak membahas implementasi model pada perangkat keras (*embedded system*), aplikasi bergerak (*mobile application*), maupun sistem klasifikasi secara real-time.
9. Penelitian tidak melakukan optimasi hiperparameter secara menyeluruh (*hyperparameter tuning*) maupun pengujian statistik inferensial terhadap hasil perbandingan model.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengimplementasikan metode *Transfer Learning* menggunakan arsitektur MobileNetV2 dan DenseNet169 pada proses klasifikasi citra sampah anorganik kategori *cardboard* dan *paper*, menganalisis kemampuan masing-masing model dalam mengenali karakteristik visual objek berdasarkan metrik evaluasi *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*, serta membandingkan performa kedua arsitektur dari aspek tingkat akurasi, kualitas klasifikasi, dan efisiensi komputasi untuk memperoleh model yang paling optimal dalam klasifikasi citra sampah anorganik. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk memberikan gambaran mengenai keunggulan dan keterbatasan masing-masing arsitektur sehingga hasil penelitian dapat menjadi dasar pertimbangan dalam pemilihan model *Convolutional Neural Network* yang sesuai untuk pengembangan sistem klasifikasi citra sampah anorganik secara otomatis.

Manfaat Penelitian
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat baik secara teoritis maupun praktis sebagai berikut.

1.5.1 Manfaat Teoritis

1. Memberikan kontribusi terhadap pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya pada bidang Artificial Intelligence, Computer Vision, dan Deep Learning dalam penerapan klasifikasi citra sampah.
2. Menambah referensi ilmiah mengenai perbandingan performa arsitektur MobileNetV2 dan DenseNet169 menggunakan pendekatan Transfer Learning pada klasifikasi citra sampah anorganik.

3. Menjadi referensi bagi peneliti selanjutnya yang ingin mengembangkan penelitian mengenai klasifikasi citra menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN) maupun arsitektur deep learning lainnya.

1.5.2 Manfaat Praktis

1. Memberikan informasi mengenai performa MobileNetV2 dan DenseNet169 dalam mengklasifikasikan citra sampah anorganik sehingga dapat menjadi acuan dalam pemilihan model klasifikasi.
2. Menjadi referensi dalam pengembangan sistem pemilahan sampah otomatis berbasis Computer Vision yang mampu meningkatkan efisiensi proses pengelolaan sampah.
3. Memberikan gambaran mengenai hubungan antara tingkat akurasi klasifikasi dan efisiensi komputasi dari kedua model sehingga dapat dipertimbangkan dalam implementasi pada perangkat dengan sumber daya komputasi yang berbeda.
4. Mendukung pengembangan sistem Smart Waste Management melalui pemanfaatan teknologi Artificial Intelligence dalam proses klasifikasi sampah secara otomatis.