PENGEMBANGAN SISTEM KLASIFIKASI SAMPAH DAUR ULANG SECARA REAL-TIME MENGGUNAKAN TRANSFER LEARNING PADA CNN
Muhammad Fakhri Ajrillah, Dr. Dyah Aruming Tyas, S.Si., Oskar Natan, S.ST., M.Tr.T., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Pengembangan Sistem Klasifikasi Sampah Daur Ulang Secara Real-Time Menggunakan Transfer Learning Pada CNN

Oleh

Muhammad Fakhri Ajrillah 22/498417/PA/21515

Peningkatan volume sampah yang tidak diimbangi dengan proses pemilahan yang efektif menjadi permasalahan serius dalam pengelolaan lingkungan. Pemilahan sampah secara manual masih banyak diterapkan, namun metode ini memiliki keterbatasan dari segi efisiensi, biaya, serta akurasi. Seiring berkembangnya teknologi kecerdasan buatan, *Convolutional Neural Network* (CNN) telah banyak digunakan dalam klasifikasi citra sampah, tetapi sebagian besar penelitian sebelumnya masih menghadapi kendala waktu inferensi yang lambat sehingga belum dapat diimplementasikan secara *real-time* pada perangkat dengan sumber daya terbatas.

Penelitian ini mengembangkan sistem klasifikasi sampah daur ulang berbasis CNN menggunakan arsitektur MobileNet dengan pendekatan *transfer learning*, yang diimplementasikan pada Raspberry Pi 5 sebagai perangkat komputasi utama. Dataset yang digunakan merupakan gabungan *dataset* publik TrashNet dan dataset tambahan hasil pengambilan citra langsung pada konveyor untuk menyesuaikan kondisi operasional nyata. Hasil klasifikasi ditampilkan melalui indikator LED yang dikendalikan oleh mikrokontroler ESP32. Evaluasi dilakukan berdasarkan metrik klasifikasi serta waktu inferensi untuk menilai performa model dan keandalan sistem secara keseluruhan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model MobileNetV3Large mencapai akurasi tertinggi sebesar 92% dengan presisi 91%, *recall* 90%, dan *F1-score* 90% pada data uji. Seluruh varian MobileNet yang diuji mampu memenuhi kebutuhan *real-time* dengan rata-rata waktu inferensi di bawah 90 ms dan kecepatan pemrosesan di atas 11 FPS pada Raspberry Pi 5. Pada pengujian sistem keluaran berbasis LED dengan 30 objek uji per model, MobileNetV3Large dan MobileNetV3Small mencapai tingkat keberhasilan 97%. Model MobileNetV3Large terbukti mampu memberikan keseimbangan antara akurasi klasifikasi dan kecepatan komputasi, sehingga berpotensi diterapkan sebagai solusi otomatisasi pemilahan sampah di lingkungan nyata.

Kata kunci: Klasifikasi sampah, klasifikasi citra, Convolutional Neural Network, MobileNet, transfer learning, real-time, Raspberry Pi, sistem tertanam

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
PENGEMBANGAN SISTEM KLASIFIKASI SAMPAH DAUR ULANG SECARA REAL-TIME MENGGUNAKAN TRANSFER LEARNING PADA CNN
Muhammad Fakhri Ajrillah, Dr. Dyah Aruming Tyas, S.Si., Oskar Natan, S.ST., M.Tr.T., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

Development Of A Real-Time Recyclable Waste Classification System Using Transfer Learning on Cnn

By

Muhammad Fakhri Ajrillah 22/498417/PA/21515

The increasing volume of waste without effective sorting mechanisms has become a serious environmental management problem. Manual waste sorting is still widely applied; however, this method has limitations in terms of efficiency, cost, and accuracy. Along with the advancement of artificial intelligence, Convolutional Neural Network (CNN) has been extensively used in waste image classification. Nevertheless, most previous studies still face slow inference time, making them less optimal for real-time implementation on devices with limited computational resources.

This research develops a CNN-based recyclable waste classification system using the MobileNet architecture with a transfer learning approach, implemented on a Raspberry Pi 5 as the main computing device. The dataset used is a combination of the public TrashNet dataset and additional images captured directly on a conveyor belt to match real operational conditions. Classification results are displayed through LED indicators controlled by an ESP32 microcontroller. System evaluation is conducted using classification performance metrics and inference time measurement to assess model performance and system reliability.

The results show that MobileNetV3Large achieved the highest accuracy of 92% with precision of 91%, recall of 90%, and F1-score of 90% on the test data. All MobileNet variants tested met real-time requirements with an average inference time below 90 ms and processing speed above 11 FPS on Raspberry Pi 5. In the LED-based output system testing with 30 test objects per model, MobileNetV3Large and MobileNetV3Small achieved a success rate of 97%. MobileNetV3Large has proven capable of providing a balance between classification accuracy and computational speed, making it a potential solution for automated waste sorting in real-world environments.

Keywords: Recyclable waste classification, image classification, Convolutional Neural Network, MobileNet, transfer learning, real-time system, Raspberry Pi, embedded system