

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah merupakan salah satu permasalahan lingkungan utama yang dihadapi berbagai negara, termasuk Indonesia [1]. Berdasarkan data Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) tahun 2023, total timbunan sampah di Indonesia mencapai 43 juta ton pada tahun, dengan sebagian besar berasal dari sampah rumah tangga dan plastic [2]. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa sistem pengelolaan dan pemilahan sampah di Indonesia masih belum optimal. Proses pemilahan yang dilakukan secara manual membutuhkan waktu, tenaga, serta biaya yang besar, sehingga dibutuhkan teknologi otomatis untuk membantu proses klasifikasi sampah secara cepat dan efisien.

Perkembangan teknologi pengolahan citra digital dan kecerdasan buatan telah mendorong terciptanya sistem klasifikasi sampah otomatis berbasis citra [3],[4],[5]. Pendekatan *Convolutional Neural Network (CNN)* banyak digunakan karena kemampuannya mengenali pola visual dengan akurasi tinggi [6]. Salah satu *dataset* yang sering digunakan pada klasifikasi sampah adalah *TrashNet dataset*, yang berisi enam kelas utama: *cardboard*, *glass*, *metal*, *paper*, *plastic*, dan *trash* [7]. *Dataset* ini menjadi acuan penting dalam penelitian klasifikasi sampah berbasis citra karena merepresentasikan variasi visual objek sampah yang umum ditemui.

Arsitektur *MobileNet* dikembangkan untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan menggunakan teknik *depthwise separable convolution* yang mampu mengurangi jumlah parameter dan ukuran model secara signifikan [8]. Penerapan *MobileNetV2* pada klasifikasi citra sampah telah menghasilkan akurasi sebesar 86% menggunakan metode *transfer learning* [9]. Selain itu, penelitian lain menunjukkan bahwa penyesuaian *hyperparameter* dapat meningkatkan performa model tanpa menambah beban komputasi yang besar [10]. Meski demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada peningkatan akurasi dan belum secara spesifik menyoroti optimasi waktu komputasi inferensi.

Optimasi waktu komputasi pada tahap inferensi menjadi aspek krusial dalam implementasi sistem klasifikasi sampah berbasis citra pada perangkat dengan sumber daya terbatas [11]. *MobileNet* telah terbukti menjadi salah satu arsitektur *lightweight* yang efektif untuk klasifikasi sampah berkat desain *depthwise separable convolution* yang mengurangi kompleksitas komputasi [12]. Namun, untuk mencapai performa optimal pada aplikasi *real-time* di sistem otomatisasi pemilahan sampah, model ini masih memerlukan optimasi lebih lanjut agar dapat memaksimalkan kecepatan inferensi tanpa mengorbankan akurasi. Untuk meningkatkan kecepatan inferensi, terdapat dua teknik optimasi yang telah terbukti efektif, yaitu *structured weight pruning* dan *post-training quantization* [13],[14]. Penelitian ini berfokus pada eksplorasi dan penerapan teknik-teknik optimasi tersebut terhadap arsitektur *MobileNet* pada *TrashNet dataset*, dengan tujuan memaksimalkan reduksi waktu komputasi inferensi sambil mempertahankan akurasi klasifikasi yang tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan hasil analisis terhadap latar belakang permasalahan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu, bagaimana performa model *MobileNet* yang dioptimasi menggunakan teknik *structured weight pruning* dan *post-training quantization* dalam mengurangi waktu komputasi inferensi pada klasifikasi sampah menggunakan *TrashNet dataset*?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan fokus pada tujuan yang ingin dicapai, maka batasan masalah dalam penelitian ini ditetapkan sebagai berikut:

1. Penelitian ini berfokus pada optimasi waktu komputasi model *MobileNet* dalam proses klasifikasi citra sampah.
2. Dataset yang digunakan terbatas pada *TrashNet dataset*, yang terdiri atas enam kelas utama, yaitu *cardboard*, *glass*, *metal*, *paper*, *plastic*, dan *trash*.
3. Penelitian ini hanya menganalisis pengaruh *pruning*, kuantisasi, dan *hybrid* (gabungan antara *pruning* dan kuantisasi) pada model *MobileNet* terhadap

efisiensi waktu komputasi, ukuran, dan akurasi klasifikasi.

4. Faktor eksternal seperti pencahayaan, sudut pengambilan gambar, dan resolusi citra diasumsikan konstan serta tidak dijadikan variabel penelitian.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijabarkan, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dan mengevaluasi performa model *MobileNet* yang dioptimasi menggunakan teknik *structured weight pruning* dan *post-training quantization* dalam konteks klasifikasi sampah pada *TrashNet dataset*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dapat dicapai melalui penelitian ini adalah sebagai berikut:

a) Manfaat Teoritis:

1. Memberikan kontribusi ilmiah terhadap pengembangan teknologi *deep learning* dan *computer vision*, khususnya dalam studi optimasi model *lightweight* (model ringan).
2. Menyajikan analisis komparatif mengenai efektivitas Teknik *pruning* dan *quantization* dalam mereduksi waktu inferensi dan dampaknya terhadap akurasi pada arsitektur *MobileNet* untuk studi kasus klasifikasi citra sampah.
3. Dapat menjadi referensi dan acuan bagi penelitian di masa depan yang berfokus pada implementasi model *deep learning* yang efisien pada perangkat dengan sumber daya komputasi terbatas (*edge computing* atau perangkat *embedded*).

b) Manfaat Praktis:

1. Menghasilkan model klasifikasi sampah yang optimal (cepat dan akurat) yang siap diimplementasikan pada sistem pemilahan sampah otomatis secara *real-time*.

2. Bagi pengembang sistem atau industri, penelitian ini memberikan panduan untuk membangun sistem klasifikasi sampah yang hemat biaya, karena dapat dijalankan pada perangkat keras dengan spesifikasi terbatas.
3. Membantu meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses pengelolaan sampah di Indonesia, mengurangi biaya operasional pemilahan manual, dan mendukung upaya daur ulang yang lebih baik.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini disusun untuk memberikan gambaran umum mengenai isi dari setiap bab dalam laporan skripsi, yaitu sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN, Bab ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan. Bab ini memberikan dasar dan arah dari penelitian yang dilakukan, khususnya mengenai pentingnya optimasi waktu komputasi pada model *MobileNet* untuk klasifikasi sampah otomatis berbasis *web application*.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, Bab ini memuat kajian literatur terkait penelitian terdahulu, dasar-dasar teori yang digunakan, serta penjelasan mengenai konsep *Convolutional Neural Network (CNN)*, arsitektur *MobileNet*, teknik optimasi waktu komputasi, klasifikasi citra, serta kajian tentang sistem klasifikasi sampah otomatis. Bab ini bertujuan untuk membangun landasan teori yang kuat dalam mendukung penelitian.

BAB III METODE PENELITIAN, Bab ini menjelaskan metodologi yang digunakan dalam penelitian, meliputi jenis penelitian, sumber dan pengumpulan data, tahapan pengolahan dan pelatihan model *MobileNet*, teknik optimasi waktu komputasi yang diterapkan, serta metode evaluasi performa model. Pada bab ini juga dijelaskan rancangan implementasi sistem klasifikasi sampah berbasis *website*, termasuk *tools* dan perangkat yang digunakan dalam pengembangan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, Bab ini memaparkan hasil dari implementasi dan pengujian model *MobileNet* yang telah dioptimasi untuk klasifikasi sampah otomatis. Dibahas pula analisis performa model berdasarkan hasil pengujian akurasi dan waktu komputasi, serta penerapan model pada sistem berbasis web untuk melihat kinerja secara langsung melalui antarmuka pengguna.

BAB V PENUTUP, Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yang telah dilakukan, yang menjawab rumusan dan tujuan penelitian. Selain itu, disertakan pula saran untuk pengembangan lebih lanjut.

