

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan mengenai klasifikasi citra jenis sampah menggunakan algoritma Hybrid CNN-SVM, dapat disimpulkan bahwa penggabungan kedua metode ini secara signifikan mampu meningkatkan performa klasifikasi dibandingkan model tunggal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa arsitektur Hybrid CNN-SVM berhasil mencapai tingkat akurasi yang lebih stabil, di mana integrasi SVM sebagai klasifikator mampu mengoptimalkan batas pemisah kelas pada fitur-fitur kompleks yang diekstraksi oleh lapisan konvolusi. Di antara berbagai arsitektur yang diuji, model yang menggunakan basis *DenseNet121* atau *InceptionResNetV2* yang dikombinasikan dengan SVM menunjukkan akurasi tertinggi, meskipun memerlukan waktu komputasi yang lebih lama.

Penelitian ini juga membuktikan bahwa terdapat hubungan *trade-off* yang nyata antara kompleksitas arsitektur model dengan efisiensi waktu komputasi, di mana model yang lebih dalam memberikan presisi lebih baik namun dengan beban proses yang lebih tinggi. Secara keseluruhan, metode hibrida ini terbukti tangguh dalam menangani variabilitas citra sampah dunia nyata, sehingga sangat layak untuk direkomendasikan sebagai landasan teknis dalam pengembangan sistem pemilahan sampah otomatis di masa depan.

5.2 Saran

Meskipun penelitian ini telah mencapai hasil yang optimal, terdapat beberapa saran yang dapat diajukan untuk pengembangan penelitian selanjutnya guna menyempurnakan sistem klasifikasi ini. Pertama, penelitian mendatang diharapkan dapat memperluas keragaman dataset dengan menambah kategori jenis sampah yang lebih spesifik serta meningkatkan jumlah sampel citra pada kondisi lingkungan yang lebih ekstrem untuk menguji batas ketangguhan model. Kedua, perlu dilakukan optimasi lebih lanjut pada tahap *preprocessing* atau penggunaan teknik kompresi model seperti *pruning* dan *quantization* guna meminimalkan waktu komputasi tanpa mereduksi akurasi secara signifikan, sehingga model lebih ringan saat diimplementasikan pada perangkat *embedded* atau *mobile*. Terakhir, pengembangan sistem dapat diarahkan pada integrasi model Hybrid CNN-SVM ke dalam aplikasi *real-time* berbasis IoT untuk memberikan solusi praktis dalam manajemen sampah di lingkungan masyarakat.

5.3 Penutup

Penelitian ini telah berhasil mengidentifikasi dan memvalidasi bahwa model hybrid CNN-SVM, terutama konfigurasi DenseNet121-SVM, merupakan solusi sangat promising untuk klasifikasi citra jenis sampah dunia nyata dengan akurasi 85.14% dan efisiensi komputasi acceptable untuk deployment real-time.

Hasil ini memberikan rekomendasi teknis solid untuk sistem pemilahan sampah otomatis di masa depan dan membuka peluang penelitian lanjutan dalam domain computer vision aplikatif khususnya untuk environmental dan waste management challenges.

Semoga penelitian ini dapat menjadi kontribusi bermakna untuk modernisasi infrastruktur pengelolaan sampah Indonesia dan global dalam era Industry.

