

BAB 5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai Klasifikasi Citra Sampah Elektronik Menggunakan Algoritma CNN Arsitektur ResNet-50 dengan *Hyperparameter Tuning*, diperoleh beberapa poin kesimpulan sebagai berikut:

1. Model klasifikasi citra sampah elektronik berhasil dibangun menggunakan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan teknik *transfer learning* menggunakan arsitektur ResNet-50. Model ini mampu mengenali delapan kategori sampah elektronik yaitu *camera*, *keyboard*, *laptop*, *mobile*, *mouse*, *microwave*, *smartwatch*, dan *tv*. Model dikembangkan melalui tahapan praproses data, pembagian data, penanganan ketidakseimbangan data, pelatihan, dan evaluasi, kemudian disimpan dalam format .h5 dan diintegrasikan ke dalam *Graphical User Interface* (GUI) berbasis Tkinter sebagai bentuk implementasi.
2. Upaya peningkatan akurasi model dilakukan melalui enam skenario eksperimental yang memadukan berbagai pendekatan penanganan ketidakseimbangan data, yaitu menggunakan data asli (*imbalanced*), data hasil *undersampling*, dan data hasil augmentasi. Selain itu, diterapkan pula dua pendekatan *hyperparameter tuning*, secara manual dan *automated*. Pendekatan *automated hyperparameter tuning* juga menggunakan dua metode, yaitu *Random Search* dan *Bayesian Optimization*, yang terbukti lebih efektif meningkatkan akurasi, khususnya pada data asli dan data augmentasi, namun kurang optimal pada skenario data *undersampling*. Setiap skenario dijalankan dalam beberapa kali percobaan untuk memperoleh hasil yang paling optimal. Skenario terbaik ditemukan pada kombinasi data augmentasi dan *Bayesian Optimization* pada percobaan pertama, yang menghasilkan akurasi pengujian sebesar 94.24% dan nilai *loss* sebesar 19.73%. Kombinasi antara penggunaan augmentasi data dan *hyperparameter tuning* terutama dengan pendekatan *Bayesian Optimization* ini mampu menghasilkan model yang lebih stabil dan akurat dibandingkan pendekatan manual maupun penggunaan data yang terbatas. Temuan ini menegaskan bahwa keragaman data dan penyesuaian *hyperparameter* model dengan strategi *hyperparameter tuning* yang tepat, merupakan faktor kunci dalam membangun model klasifikasi citra berbasis CNN yang andal dan optimal.

5.2. Saran

Berikut ini beberapa saran yang dapat dipertimbangkan dan diterapkan dalam penelitian lanjutan:

1. Menambah jumlah serta variasi data citra sampah elektronik dari berbagai sumber dan kondisi lingkungan nyata. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan kemampuan generalisasi model terhadap beragam *input*, termasuk memperluas kategori kelas menjadi lebih detail, seperti mencakup komponen kecil (resistor, IC, kabel) serta klasifikasi berdasarkan tingkat kerusakan perangkat.
2. Mengeksplorasi arsitektur CNN lain seperti EfficientNet, DenseNet, InceptionV3, dan sejenisnya, serta menerapkan berbagai teknik lanjutan dalam penanganan ketidakseimbangan data, *hyperparameter tuning*, dan strategi peningkatan akurasi lainnya.
3. Mengintegrasikan model ke dalam aplikasi *mobile* atau perangkat berbasis *Internet of Things* (IoT) agar proses klasifikasi dapat dilakukan secara *real-time* dan lebih mudah diakses oleh pengguna dalam konteks penggunaan sehari-hari.