

Pengembangan Model Klasifikasi Citra Limbah Rumah Tangga Berbasis CNN untuk Identifikasi Otomatis

Development of a CNN-Based Household Waste Image Classification Model for Automatic Identification

Oleh:

Achmad Isra'Mujahidin

221080200070

Program Studi Informatika Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Dosen Pembimbing: Azmuri Wahyu Azinar,

Dosen penguji 1 : Suhendro Busono

Dosen penguji 2 : Hamzah Setiawan

Program Studi Informatika

Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

2026



Hasil dan pembahasan pengujian epoch



Hasil pengujian epoch

- Pengujian dilakukan dengan variasi jumlah epoch.
- Akurasi meningkat seiring proses pembelajaran model.
- Konfigurasi 20 epoch menghasilkan akurasi single split sebesar 97%.
- Namun, hasil 97% perlu diinterpretasikan secara hati-hati karena data pengujian hanya terdiri dari 19 gambar.

pembahasan pengujian epoch

Hasil pengujian menunjukkan bahwa peningkatan jumlah epoch membantu CNN mempelajari pola visual sampah dengan lebih baik. Pada 20 epoch diperoleh akurasi sebesar 97 persen. Akan tetapi, nilai tersebut belum dapat dianggap sebagai gambaran kemampuan generalisasi model karena jumlah data pengujian hanya 19 gambar. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi menggunakan cross-validation.

Hasil dan pembahasan pengujian batch size



Hasil pengujian batch size

- Beberapa nilai batch size diuji untuk mengetahui pengaruhnya terhadap performa CNN.
- Batch size 8 memberikan performa terbaik pada pengujian awal.
- Konfigurasi ini menghasilkan akurasi 97% pada single train-test split.

pembahasan pengujian batch size

Batch size berpengaruh terhadap proses pembaruan bobot selama training. Batch size 8 memberikan keseimbangan yang lebih baik antara proses pembelajaran dan stabilitas optimasi pada dataset yang relatif kecil. Namun, performa ini masih harus dilihat berdasarkan evaluasi yang lebih robust.

Hasil dan pembahasan pengujian learning rate



Hasil pengujian learning rate

Learning Rate	Accuracy
1×10^{-1}	35%
1×10^{-3}	90%
1×10^{-5}	73%
1×10^{-7}	32%
1×10^{-9}	31%

pembahasan pengujian learning rate

Hasil menunjukkan bahwa learning rate sangat memengaruhi proses optimasi. Learning rate yang terlalu besar menyebabkan proses pembelajaran kurang stabil, sedangkan learning rate yang terlalu kecil menyebabkan proses konvergensi menjadi kurang efektif. Pada penelitian ini, nilai 1×10^{-3} memberikan keseimbangan terbaik dengan akurasi 90 persen.

Hasil dan pembahasan Stratified 5-Fold Cross- Validation



Hasil Stratified 5-Fold Cross-Validation

Hasil utama:

Mean Accuracy = $32,69\% \pm 6,93\%$

Precision = $33,52\% \pm 10,51\%$

Recall = $32,69\% \pm 6,93\%$

F1-Score = $30,17\% \pm 6,10\%$

pembahasan Stratified 5-Fold Cross-Validation

Berbeda dengan pengujian single split yang menghasilkan akurasi 97 persen, evaluasi menggunakan Stratified 5-Fold Cross-Validation menghasilkan rata-rata akurasi hanya 32,69 persen. Hal ini menunjukkan bahwa model belum mampu melakukan generalisasi dengan baik terhadap data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Perbedaan yang cukup besar tersebut mengindikasikan adanya kemungkinan overfitting dan pengaruh ukuran dataset yang sangat terbatas.

Hasil dan pembahasan Confusion Matrix

Hasil confusion matrix

Hasil:

Total dataset: 92 gambar

Prediksi benar: 30 gambar

Plastic benar: 9

Paper benar: 7

Glass benar: 9

Metal benar: 5

Akurasi agregat sekitar 32,61%.

pembahasan Confusion Matrix

Confusion matrix menunjukkan bahwa model masih mengalami kesulitan membedakan keempat jenis sampah. Beberapa gambar dari satu kategori masih diprediksi sebagai kategori lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa fitur visual yang dipelajari CNN belum cukup kuat untuk membedakan karakteristik sampah secara konsisten.

Hasil dan pembahasan Analisis Perbedaan Akurasi



Hasil Analisis Perbedaan Akurasi

Evaluasi	Accuracy
Single 80:20 Split	97%
Stratified 5-Fold CV	32,69% $\pm$ 6,93%
Transfer Learning – CNN	33,33%

pembahasan Analisis Perbedaan Akurasi

Terdapat perbedaan yang sangat besar antara hasil single split dan cross-validation. Akurasi 97 persen diperoleh dari data pengujian yang hanya berjumlah 19 gambar sehingga sangat sensitif terhadap komposisi data. Ketika model diuji menggunakan lima subset yang berbeda, akurasinya turun menjadi 32,69 persen. Oleh karena itu, hasil cross-validation lebih tepat digunakan untuk menggambarkan kemampuan generalisasi model pada dataset yang terbatas.

Hasil dan pembahasan Perbandingan Model



Hasil Perbandingan Model

Model	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score
Proposed CNN	33,33%	18,99%	33,33%	23,77%
MobileNetV2	77,78%	77,78%	77,78%	77,34%
ResNet50	77,78%	78,24%	77,78%	76,77%
EfficientNetB0	88,89%	90,93%	88,89%	88,74%

pembahasan Perbandingan Model

EfficientNetB0 memberikan performa terbaik dengan akurasi 88,89 persen dan F1-score 88,74 persen. MobileNetV2 dan ResNet50 menghasilkan performa yang relatif sama, sedangkan CNN yang dibangun dari awal memperoleh hasil terendah. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan model pretrained dapat memberikan representasi fitur yang lebih baik dibandingkan CNN yang dilatih dari awal, terutama ketika dataset yang digunakan relatif kecil.

Pembahasan Utama

1. CNN dapat melakukan klasifikasi

Model mampu mengenali empat kategori sampah:

Plastic

Paper

Glass

Metal

2. Hyperparameter berpengaruh

Epoch, batch size, dan learning rate memengaruhi performa model.

Konfigurasi awal terbaik: 20 epoch, batch size 8, learning rate 1×10^{-3} .

3. Generalisasi masih rendah

Dataset hanya 92 gambar.

5-Fold CV menghasilkan $32,69\% \pm 6,93\%$.

4. Transfer learning lebih unggul

EfficientNetB0 mencapai 88,89%.

Menunjukkan keuntungan pretrained feature extraction pada dataset kecil.

Keterbatasan Penelitian

Keterbatasan

Dataset hanya 92 gambar.

Variasi objek dan kondisi gambar masih terbatas.

Model CNN from scratch memiliki kemampuan generalisasi yang rendah.

Hasil single split sangat sensitif terhadap jumlah data testing.

Sistem masih berbasis klasifikasi gambar, belum mendukung deteksi kamera secara real-time.

pembahasan

Keterbatasan utama penelitian adalah ukuran dataset yang kecil. Kondisi ini menyebabkan model sulit mempelajari representasi fitur yang cukup beragam. Oleh sebab itu, peningkatan jumlah dan keragaman dataset menjadi salah satu aspek penting untuk penelitian selanjutnya.

kesimpulan

Penelitian berhasil mengembangkan model CNN untuk klasifikasi empat jenis sampah anorganik, yaitu plastic, paper, glass, dan metal. Pengujian single 80:20 menghasilkan akurasi 97%, tetapi Stratified 5-Fold Cross-Validation menghasilkan mean accuracy sebesar $32,69\% \pm 6,93\%$, yang menunjukkan keterbatasan generalisasi model. Pada perbandingan transfer learning, EfficientNetB0 memberikan performa terbaik dengan akurasi 88,89%, sehingga pendekatan transfer learning lebih menjanjikan untuk dataset yang terbatas.

Terima kasih