

Analisis Kinerja Convolutional Neural Network Dalam Mengklasifikasikan Sampah Rumah Tangga

¹Mhd Farhan Aditiya, ²Dafa Ikhwanu Shafa, ³Aidil Halim Lubis
^{1,2,3}Fakultas Sains dan Teknologi, Program Studi Ilmu Komputer,
Universitas Islam Negeri Sumatera Utara
Medan, Indonesia

¹farhanaditya503@gmail.com, ²dafaikhwanu334@gmail.com, ³aidilhalimlubis@uinsu.ac.id

*Penulis Korespondensi

Diajukan : 10/04/2026

Diterima : 16/04/2026

Dipublikasi : 17/04/2026

ABSTRAK

Peningkatan jumlah dan karakteristik sampah rumah tangga yang dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk dan perubahan pola konsumsi menuntut adanya sistem pengelolaan sampah yang lebih efektif, khususnya pada tahap pemilahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan citra sampah rumah tangga ke dalam dua kategori, yaitu sampah organik dan anorganik, menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN) dengan pendekatan transfer learning berbasis arsitektur MobileNet. Dataset yang digunakan merupakan gabungan data primer hasil pengambilan citra langsung serta data sekunder yang bersumber dari Kaggle dengan total 10.359 citra. Seluruh citra dipraproses dengan penyeragaman ukuran menjadi 224×224 piksel dan dibagi ke dalam data pelatihan, validasi, dan pengujian. Proses pelatihan model dilakukan dengan jumlah maksimum 15 epoch, serta menerapkan mekanisme Early Stopping dan ReduceLROnPlateau untuk meningkatkan stabilitas dan mencegah overfitting. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model mampu mencapai akurasi sebesar 97%, dengan nilai precision, recall, dan f1-score yang seimbang pada kedua kelas. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model CNN berbasis MobileNet memiliki kinerja yang sangat baik dan berpotensi diterapkan sebagai solusi otomatis dalam mendukung pemilahan sampah rumah tangga secara efektif dan efisien.

Kata Kunci: : *Convolutional Neural Network*, Klasifikasi Sampah, *MobileNet*, *Transfer Learning*, Pengolahan Citra

I. PENDAHULUAN

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, peningkatan jumlah, ragam, dan karakteristik sampah dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk serta perubahan pola konsumsi masyarakat. Pengelolaan sampah yang belum dilakukan secara optimal dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan masyarakat dan kelestarian lingkungan. Sampah didefinisikan sebagai sisa bahan atau benda yang sudah tidak memiliki nilai guna yang berasal dari aktivitas sehari-hari manusia maupun proses alam (Aulia et al., 2024). Selain itu, Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 10/MENLHK/SETJEN/PLB.0/4/2018 Pasal 3 ayat (3) menegaskan bahwa penanganan sampah rumah tangga dan sampah sejenis sampah rumah tangga harus dilakukan melalui proses pemilahan (Permenkes, 2018).

Oleh karena itu, pengelolaan sampah rumah tangga perlu dilakukan secara terencana dan terkendali, karena ketidakseimbangan dalam pengelolaannya berpotensi menimbulkan pencemaran serta kerusakan lingkungan. Sampah rumah tangga yang tidak dikelola dengan baik dapat meningkatkan risiko gangguan kesehatan masyarakat dan menurunkan kualitas hidup manusia. Upaya menjaga lingkungan yang bersih dan sehat, baik untuk masa kini maupun masa mendatang,

memerlukan peningkatan kesadaran masyarakat serta penerapan praktik pengelolaan sampah rumah tangga yang tepat dalam kehidupan sehari-hari guna mencegah pencemaran dan mendukung kesejahteraan masyarakat (Nurchahyo & Ernawati, 2019)(Farhan et al., 2025).

Sampah rumah tangga, khususnya sampah nonorganik, merupakan jenis sampah yang sulit terurai secara alami di dalam tanah sehingga memerlukan waktu yang sangat lama untuk mengalami proses penguraian. Kondisi tersebut dapat mengganggu struktur tanah dan berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan (Dwiatmoko et al., 2024). Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan sampah rumah tangga, antara lain dengan meningkatkan efektivitas pengelolaan sampah, menerapkan kegiatan daur ulang, serta mengurangi penggunaan bahan sekali pakai.

Seiring dengan perkembangan teknologi, pendekatan berbasis kecerdasan buatan mulai dimanfaatkan untuk mendukung pengelolaan sampah, salah satunya melalui pengenalan objek berbasis citra. Pengenalan objek merupakan salah satu bentuk kemajuan teknologi dalam bidang Artificial Intelligence yang berkaitan erat dengan Machine Learning, khususnya Deep Learning. Deep Learning merupakan jenis jaringan saraf tiruan yang dikembangkan dengan prinsip kerja menyerupai sistem saraf manusia dalam memproses dan mengenali pola data (Rasidi et al., 2022)(Syafudin et al., 2021).

Dalam bidang deep learning, Convolutional Neural Network (CNN) merupakan salah satu algoritma yang memiliki kinerja signifikan dalam pengolahan dan klasifikasi citra (Rasidi et al., 2022) (Dacipta & Putra, 2022). Sejumlah penelitian terdahulu menunjukkan bahwa CNN mampu memberikan hasil yang baik dalam tugas pengenalan objek, termasuk dalam klasifikasi sampah (Sihananto et al., 2022) (Muslihati et al., 2024). CNN bekerja dengan memproses citra melalui beberapa lapisan (layer) yang berfungsi sebagai filter untuk mengekstraksi fitur penting dari citra secara otomatis.

Namun demikian, terdapat beberapa keterbatasan pada penelitian sebelumnya. Sebagian besar penelitian masih menggunakan dataset terbatas atau hanya memanfaatkan dataset publik tanpa mempertimbangkan karakteristik sampah lokal yang beragam. Selain itu, penerapan metode transfer learning dalam klasifikasi sampah masih belum dioptimalkan secara menyeluruh, terutama dalam hal pemilihan arsitektur model dan proses fine-tuning untuk meningkatkan akurasi. Penelitian sebelumnya juga cenderung berfokus pada satu model CNN tanpa melakukan perbandingan performa antar model transfer learning secara komprehensif.

Berdasarkan permasalahan tersebut, research gap dalam penelitian ini adalah belum adanya pendekatan yang mengkombinasikan penggunaan dataset lokal dan dataset publik secara optimal dengan penerapan transfer learning serta analisis perbandingan kinerja beberapa model CNN dalam klasifikasi citra sampah rumah tangga. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menerapkan metode Convolutional Neural Network (CNN) dengan pendekatan transfer learning serta melakukan evaluasi terhadap beberapa model guna memperoleh performa terbaik dalam pengenalan objek sampah rumah tangga.

II. STUDI LITERATUR

Penelitian Terdahulu

Penelitian oleh Huta Julu & Nurdiyah (2024) menggunakan metode transfer learning dengan arsitektur CNN seperti VGG16, MobileNetV2, dan ResNet50V2 untuk klasifikasi sampah organik dan nonorganik. Dataset yang digunakan berasal dari Kaggle. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model MobileNetV2 mencapai akurasi sebesar 90,13%. Namun, penelitian ini masih menggunakan dataset publik sehingga kurang merepresentasikan kondisi sampah di lingkungan lokal Indonesia (Doly Ilham Saputra Huta Julu & Dewi Nurdiyah, 2025).

Penelitian oleh Vidiadivani & Suhartana (2024) menerapkan metode transfer learning menggunakan arsitektur EfficientNetB0 untuk klasifikasi 12 jenis sampah. Dataset yang digunakan berjumlah lebih dari 12.000 citra. Penelitian ini menunjukkan performa yang baik dalam klasifikasi citra, namun belum dilakukan perbandingan dengan model lain sehingga belum diketahui model terbaik secara komprehensif (Vidiadivani & Suhartana, 2024).

Penelitian oleh Kadyanan et al. (2024) menggunakan metode CNN untuk mengidentifikasi

sampah plastik. Model yang dikembangkan mampu mencapai akurasi sebesar 88%. Meskipun demikian, penelitian ini hanya berfokus pada satu jenis sampah (plastik), sehingga kurang mencakup klasifikasi multi-kelas yang lebih kompleks (Kadyanan, 2024).

Penelitian oleh Fathurrahman & Akbar (2024) mengembangkan sistem identifikasi sampah menggunakan TensorFlow Object Detection dengan pendekatan transfer learning. Penelitian ini bertujuan meningkatkan efisiensi pemilahan sampah berbasis citra. Namun, penelitian ini lebih berfokus pada deteksi objek daripada klasifikasi detail antar kategori sampah (Fathurrahman & Akbar, 2024).

Penelitian oleh Sari et al. (2025) menerapkan CNN untuk klasifikasi sampah dengan dataset sebanyak 1.200 citra dan menghasilkan akurasi sebesar 93,9%. Walaupun akurasinya tinggi, dataset yang digunakan masih relatif kecil sehingga berpotensi menyebabkan model kurang general dalam kondisi nyata (Sari et al., 2025).

Tabel Perbandingan Penelitian

Tabel 1 Perbandingan Penelitian

NO	Peneliti	Model	Dataset	Akurasi	Kelemahan
1	Huta Julu & Nurdiyah (2024)	VGG16, MobileNetV2, ResNet50V2	Kaggle	90,13%	Dataset publik
2	Vidiadivani & Suhartana (2024)	EfficientNetB0	12.000+ citra	-	Tidak ada perbandingan model
3	Kadyanan et al. (2024)	CNN	Sampah plastik	88%	Hanya satu kelas
4	Fathurrahman & Akbar (2024)	Transfer Learning (Object Detection)	Dataset lokal	-	Fokus deteksi, bukan klasifikasi
5	Sari et al. (2025)	CNN	1.200 citra	93,9%	Dataset kecil

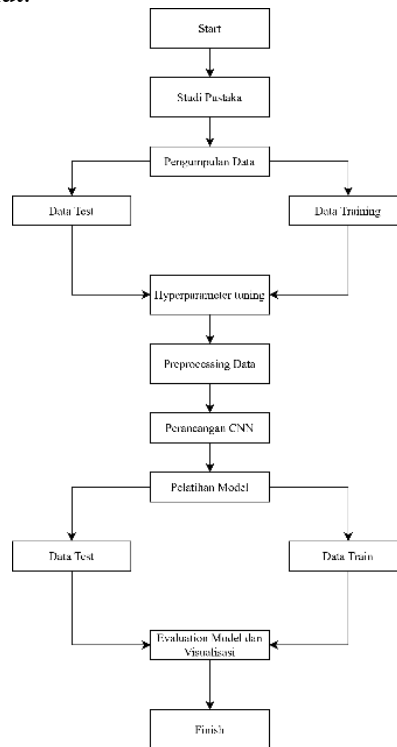
Research Gap

Berdasarkan hasil kajian terhadap penelitian-penelitian terdahulu, dapat diketahui bahwa masih terdapat beberapa keterbatasan yang menjadi celah penelitian (*research gap*). Sebagian besar penelitian masih menggunakan dataset publik atau dataset dengan jumlah terbatas, sehingga model yang dihasilkan belum mampu merepresentasikan kondisi nyata sampah di lingkungan lokal Indonesia secara optimal. Selain itu, kombinasi antara dataset lokal dan dataset publik masih jarang dilakukan, padahal hal tersebut berpotensi meningkatkan variasi data dan kemampuan generalisasi model. Dari sisi metode, banyak penelitian hanya menggunakan satu arsitektur *Convolutional Neural Network* (CNN) tanpa melakukan perbandingan performa dengan model lain, sehingga belum dapat diketahui model terbaik secara komprehensif. Penggunaan model ringan seperti MobileNet yang lebih efisien untuk implementasi pada perangkat mobile juga masih terbatas. Di samping itu, penerapan *transfer learning* dalam beberapa penelitian belum dioptimalkan secara menyeluruh, khususnya dalam proses *fine-tuning* dan pemilihan layer, sehingga potensi peningkatan akurasi model belum dimanfaatkan secara maksimal. Oleh karena itu, diperlukan penelitian yang mampu mengatasi keterbatasan tersebut dengan mengkombinasikan dataset lokal dan publik, serta melakukan perbandingan beberapa model CNN berbasis *transfer learning* untuk memperoleh hasil klasifikasi yang lebih optimal.

III. METODELOGI PENELITIAN

Alur Penelitian

Tahapan penelitian merupakan serangkaian langkah yang disusun secara sistematis dalam pelaksanaan penelitian. Alur atau urutan kegiatan penelitian yang dilakukan pada studi ini ditunjukkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1 Tahapan Penelitian

Datasets

Penelitian ini memanfaatkan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui pengambilan citra sampah secara langsung menggunakan kamera peneliti yang merepresentasikan kondisi sampah lokal di Indonesia. Data sekunder bersumber dari Kaggle, yaitu dataset DatasetCapstoneFixx, yang berisi kumpulan citra sampah organik dan anorganik. Pada dataset tersebut, sampah anorganik terbagi ke dalam 10 kelas dengan total 5.710 citra, sedangkan sampah organik terbagi ke dalam 7 kelas dengan total 4.649 citra, sehingga keseluruhan dataset yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 10.359 citra. Seluruh data dari kedua sumber tersebut digabungkan menjadi satu dataset terpadu.

Tahap praproses (preprocessing) dilakukan dengan menyeragamkan ukuran seluruh citra menjadi 224×224 piksel menggunakan metode nearest neighbor interpolation. Setelah proses praproses, dataset dibagi menjadi dua bagian, yaitu data training dan data testing, yang digunakan untuk melatih serta menguji kinerja model klasifikasi citra sampah organik dan anorganik pada penelitian ini.

Tabel 2 Rincian Data Set

NO	Kelas	Jumlah Training	Jumlah Testing	Jumlah Validasi	Total
1	Organik	4.568	571	571	5.710
2	Anorganik	3.719	456	465	4.649
3	Total	8281	1029	1049	10.359

Hyperparameter Tuning

Dalam pengembangan model Convolutional Neural Network (CNN), diperlukan tahap *hyperparameter tuning* untuk memperoleh konfigurasi parameter yang paling sesuai sehingga kinerja model dapat mencapai tingkat performa yang optimal.

Tabel 3. Hyperparameter Tuning

NO	Parameter	Nilai
1	Optimizer	Adam,
2	Learning rate	1e-4
3	Batch size	32
4	Epochs	15

Model Pelatihan

Dataset yang telah diperoleh pada tahap sebelumnya selanjutnya digunakan dalam proses pelatihan model. Pelatihan model Convolutional Neural Network (CNN) bertujuan untuk membekali model agar mampu mengenali serta mengklasifikasikan objek pada citra, khususnya sampah organik dan anorganik. Pada tahap ini, data yang dimanfaatkan terdiri atas data latih (*training data*) dan data validasi yang berasal dari dataset yang telah disiapkan.

Proses pelatihan model dilakukan melalui sejumlah iterasi atau *epochs* dan akan dihentikan secara otomatis ketika jumlah *epochs* telah mencapai batas yang ditentukan.

```
# Compile dan fit dengan epochs 50 dan callbacks
model.compile(
    optimizer=Adam(learning_rate=1e-4),
    loss='categorical_crossentropy',
    metrics=['accuracy']
)
history1 = model.fit(
    train_generator,
    validation_data=val_generator,
    epochs=15,
    callbacks=[reduce_lr, early_stop],
)
```

Gambar 2. Epoch

Pada proses pelatihan digunakan callback untuk menyimpan model dengan tingkat akurasi terbaik. Apabila selama pelatihan terjadi penurunan akurasi, maka model pada tahap tersebut tidak akan disimpan.

```
# Callback ReduceLRonPlateau
reduce_lr = ReduceLRonPlateau(
    monitor='val_loss',
    factor=0.5,
    patience=3,
    verbose=1,
    min_lr=1e-6
)

# Callback EarlyStopping
early_stop = EarlyStopping(
    monitor='val_loss',
    patience=4,
    restore_best_weights=True,
    verbose=1
)
```

Gambar 3. Callbcak Reduce

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

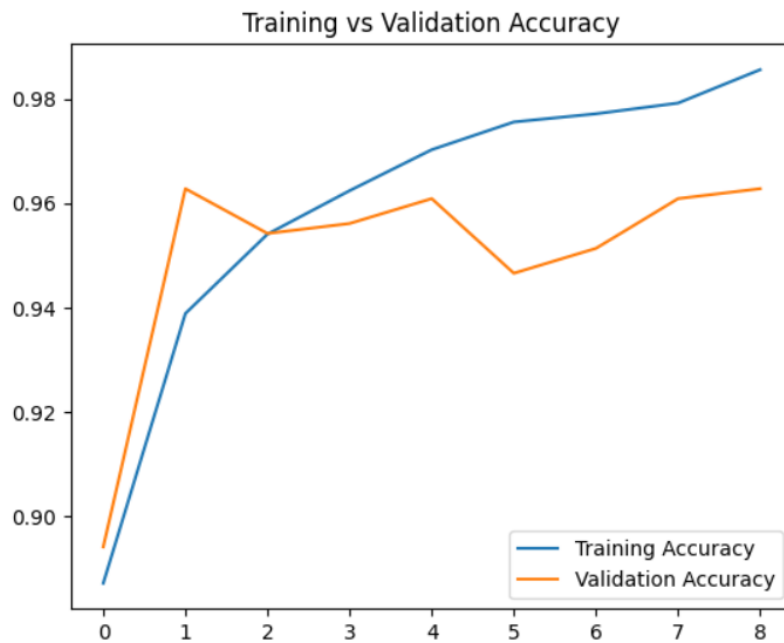
Hasil Pelatihan Model

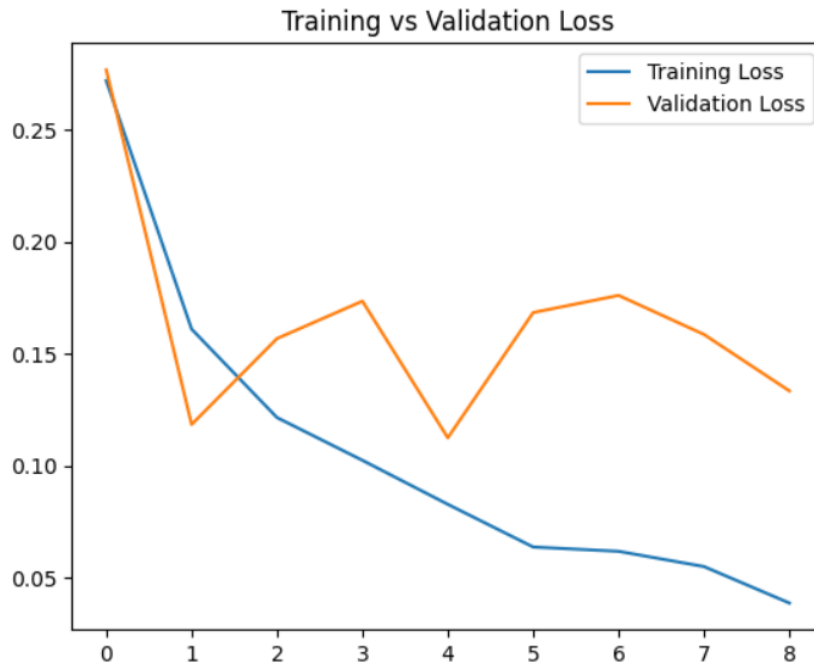
Proses pelatihan model dilakukan dengan menetapkan jumlah maksimum epoch sebanyak 15. Namun, pelatihan tidak berjalan hingga seluruh epoch tersebut karena diterapkannya mekanisme *Early Stopping*. Callback ini berfungsi untuk menghentikan proses pelatihan secara otomatis ketika nilai *validation loss* tidak menunjukkan perbaikan dalam beberapa epoch berturut-turut. Berdasarkan hasil pelatihan, nilai *validation loss* terbaik diperoleh pada epoch ke-5, sehingga bobot model dikembalikan ke kondisi terbaik tersebut (*restore best weights*) untuk mencegah terjadinya *overfitting* dan meningkatkan kemampuan generalisasi model. Selain itu, callback *ReduceLRonPlateau* digunakan untuk menurunkan nilai *learning rate* ketika performa validasi mengalami stagnasi, sehingga proses pembelajaran menjadi lebih stabil dan optimal. tabel 3.

Tabel 4. Tabel Epoch

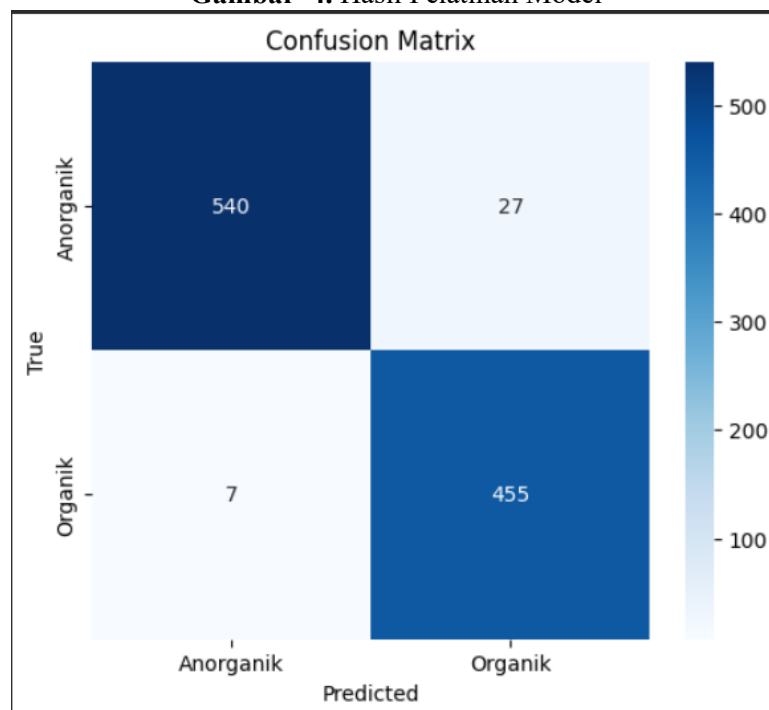
Epoch	Accuracy	Loss	Val. Accuracy	Val.Loss	Learning rate
1	0.8263	0.3948	0.8942	0.2770	1.0000e-04
2	0.9400	0.1575	0.9628	0.1185	1.0000e-04
3	0.9524	0.1235	0.9542	0.1569	1.0000e-04
4	0.9646	0.1004	0.9561	0.1736	1.0000e-04
5	0.9694	0.0840	0.9609	0.1125	1.0000e-04
6	0.9786	0.0612	0.9466	0.1685	1.0000e-04
7	0.9794	0.0533	0.9514	0.1762	1.0000e-04
8	0.9826	0.0504	0.9609	0.1587	1.0000e-04
9	0.9883	0.0340	0.9628	0.1335	1.0000e-04

Grafik perbandingan akurasi antara data training dan data validasi pada model berarsitektur MobileNet selama proses pelatihan ditunjukkan pada Gambar 4.





Gambar 4. Hasil Pelatihan Model



Gambar 5. Confusion Matrix

Pada Hasil evaluasi performa model klasifikasi sampah ditunjukkan melalui *classification report* yang mencakup metrik *precision*, *recall*, dan *f1-score* untuk setiap kelas. Pada kelas anorganik, model memperoleh nilai *precision* sebesar 0,99, *recall* 0,95, dan *f1-score* 0,97, yang menunjukkan bahwa model sangat akurat dalam mengidentifikasi sampah anorganik dengan tingkat kesalahan yang rendah. Sementara itu, kelas organik memiliki nilai *precision* sebesar 0,94, *recall* 0,98, dan *f1-score* 0,96, yang mengindikasikan kemampuan model yang sangat baik dalam mendeteksi sampah organik. Secara keseluruhan, model mencapai akurasi sebesar 97%, dengan nilai rata-rata makro dan tertimbang (*macro average* dan *weighted average*) masing-masing sebesar 0,97. Hasil ini menunjukkan bahwa model memiliki performa yang seimbang dan konsisten dalam mengklasifikasikan kedua kategori sampah, serta mampu melakukan generalisasi dengan baik pada

data uji dan untuk setiap kelas disajikan pada Tabel 4.

Tabel 5 Confusion Matrix

Kelas	Precision	Recall	F1-Score	Support
Anorganik	0.99	0.95	0.97	567
Organik	0.94	0.98	0.96	462
Accuracy	-	-	0.97	1029
Macro Avg	0.97	0.97	0.97	1029
Weighted Avg	0.97	0.97	0.97	1029

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil menerapkan metode Convolutional Neural Network (CNN) dengan pendekatan transfer learning menggunakan arsitektur MobileNet untuk melakukan klasifikasi citra sampah rumah tangga ke dalam dua kategori, yaitu organik dan anorganik. Berdasarkan hasil pelatihan dan pengujian model, diperoleh kinerja yang sangat baik dengan akurasi keseluruhan sebesar 97%. Nilai precision, recall, dan f1-score pada kedua kelas menunjukkan performa yang seimbang dan konsisten, yang mengindikasikan kemampuan model dalam melakukan klasifikasi secara akurat serta generalisasi yang baik terhadap data uji.

Penerapan mekanisme Early Stopping dan ReduceLRonPlateau terbukti efektif dalam mencegah terjadinya overfitting serta meningkatkan stabilitas proses pelatihan. Model terbaik diperoleh pada epoch ke-5 dengan nilai validation loss terendah, sehingga bobot model yang digunakan merupakan hasil pelatihan optimal. Hasil evaluasi menggunakan confusion matrix dan classification report menunjukkan bahwa kesalahan klasifikasi relatif kecil pada kedua kategori sampah.

Dengan demikian, model yang diusulkan memiliki potensi untuk diimplementasikan sebagai sistem pendukung dalam pengelolaan sampah rumah tangga, khususnya pada proses pemilahan sampah organik dan anorganik secara otomatis. Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan untuk menambahkan variasi dataset, meningkatkan jumlah kelas sampah, serta mengintegrasikan sistem ke dalam aplikasi berbasis web atau perangkat bergerak guna meningkatkan manfaat dan penerapan di lingkungan nyata..

VI. REFERENSI

- Aulia, D. S., Arwoko, H., & Asmawati, E. (2024). *Klasifikasi Sampah Rumah Tangga Menggunakan Metode Convolutional Neural Network*. 114–120. <https://doi.org/10.47002/metik.v8i2.956>
- Doly Ilham Saputra Huta Julu, & Dewi Nurdiyah. (2025). Klasifikasi Sampah Organik Dan Non Organik Menggunakan Transfer Learning. *Jurnal Transformatika*, 23(1), 12–29. <https://doi.org/10.26623/transformatika.v23i1.12201>
- Dwiatmoko, F., Utami, D., & Sivi, N. A. (2024). Klasifikasi Citra Sampah Organik dan Non Organik Menggunakan Algoritma CNN (Convolutional Neural Network). *Explore*, 14(1), 1–5.
- Farhan, M., Aditiya, M. F., Shafa, D. I., & Lubis, A. H. (2025). Classification of Organic and Non-Organic Waste Using Convolutional Neural Network (CNN). *Jurnal Ilmiah Informatika Dan Komputer*, 2(2), 158–163.
- Fathurrahman, A. A., & Akbar, F. (2024). Perancangan Sistem Identifikasi Jenis Sampah Menggunakan Tensorflow Object Detection Dan Transfer Learning. *Jurnal Nasional Teknologi Dan Sistem Informasi*, 10(1), 64–71. <https://doi.org/10.25077/teknosi.v10i1.2024.64-71>
- Kadyanan, I. G. A. G. A. (2024). Klasifikasi Sampah Berbasis Convolutional Neural Networks (CNN) untuk Peningkatan Efisiensi Pengelolaan Sampah. *Jurnal Ilmu Komputer*, Vol 17 No 2 (2024): *Jurnal Ilmu Komputer*, 12.
- Nurchahyo, E., & Ernawati, E. (2019). Peningkatan kesadaran masyarakat dalam pengelolaan

-
- sampah rumah tangga di Desa Mabulugo, Kabupaten Buton. *Empowerment*, 2(02).
- Permenkes, R. I. (2018). Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2018 Tentang Kewajiban Rumah Sakit Dan Kewajiban Pasien. *Jakarta: Depkes RI*.
- Rasidi, A. I., Pasaribu, Y. A. H., Ziqri, A., & Adhinata, F. D. (2022). Klasifikasi sampah organik dan non-organik menggunakan convolutional neural network. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 8(1), 142–149.
- Sari, T. N., Sari, M. P., Putri, T. A., & Pashya, R. (2025). Otomatisasi Klasifikasi Sampah Menggunakan Convolutional Neural Network (CNN) Sebagai Sistem Pendukung Keputusan. *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)*, 9(1), 720–729.
- Syafrudin, S., Nugraha, R. A., Handayani, K., Linawati, S., & Gata, W. (2021). Prediksi Status Pinjaman Bank dengan Deep Learning Neural Network. *Jurnal Khatulistiwa Informatika*, 7(2), 130–135.
- Vidiadivani, W., & Suhartana, I. K. G. (2024). Klasifikasi Jenis Sampah Menggunakan Metode Transfer Learning Pada Convolutional Neural Network (CNN). *JELIKU (Jurnal Elektron. Ilmu Komput. Udayana)*, 12(3).