

# IMPLEMENTATION OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK ALGORITHM IN RECYCLABLE WASTE RECOGNITION TO SUPPORT ENVIRONMENTAL MANAGEMENT

## PENERAPAN ALGORITMA CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DALAM PENGENALAN SAMPAH DAUR ULANG UNTUK MENDUKUNG PENGELOLAAN LINGKUNGAN

Yuliana Fitriani<sup>1</sup>, Evanita<sup>2</sup>, Aditya Akbar Riadi<sup>3</sup>

Teknik Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Muria Kudus

Jl. Lingkar Utara, Kayuapu Kulon, Gondangmanis, Kudus, Jawa Tengah, Indonesia

202151136@std.umk.ac.id<sup>1</sup>, evanita@umk.ac.id<sup>2</sup>, Aditya.akbar@umk.ac.id<sup>3</sup>

**Abstract** - Waste remains one of the unresolved environmental problems, primarily due to ineffective waste management in sorting and recycling processes. Many individuals are unaware of or do not have the time to identify recyclable types of waste. This study aims to develop a web-based system capable of automatically classifying waste types to support raising public awareness of the importance of recycling. The method used is a CNN with a total of 1,800 images divided into six classes: glass, paper, metal, plastic, organic, and residual. The dataset is split into 1,296 images for training, 144 for validation, and 360 for testing. Unlike previous studies that classified only two to three types of waste or were not web-based, this system combines classification of six categories with an interactive web interface that can be directly used by the public. The results show that the developed model achieved an accuracy of 90%, with the best performance in classifying organic waste. However, the model still has limitations such as sensitivity to variations in lighting, varying image capture angles, and visual similarities among certain waste types that can affect classification accuracy. These findings indicate that the proposed system has the potential to help the community manage waste more effectively and sustainably.

**Keywords** - waste management, image classification, Convolutional Neural Network, MobileNetV2

**Abstrak** - Sampah masih menjadi salah satu permasalahan lingkungan yang belum terselesaikan, terutama karena pengelolaan sampah yang kurang efektif dalam proses pemilahan dan pendaurulangan. Banyak individu yang belum mengetahui atau tidak memiliki waktu untuk mengenali jenis-jenis sampah yang dapat didaur ulang. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem berbasis web yang mampu mengklasifikasikan jenis sampah secara otomatis guna mendukung peningkatan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya daur ulang. Metode yang digunakan adalah CNN dengan total 1.800 gambar yang terbagi ke dalam enam kelas, yaitu kaca, kertas, logam, plastik, organik, dan residu. Dataset dibagi menjadi 1.296 gambar untuk pelatihan, 144 untuk validasi, dan 360 untuk pengujian. Berbeda dari penelitian sebelumnya yang hanya mengklasifikasikan dua hingga tiga jenis atau belum berbasis web, sistem ini menggabungkan klasifikasi enam kategori dengan antarmuka web interaktif yang dapat langsung digunakan masyarakat. Hasilnya menunjukkan bahwa model yang dikembangkan mencapai akurasi sebesar 90%, dengan performa terbaik pada klasifikasi sampah organik. Namun, model masih memiliki keterbatasan seperti sensitivitas terhadap variasi pencahayaan, sudut pengambilan gambar yang berbeda-beda, dan kemiripan visual antar jenis sampah tertentu yang dapat memengaruhi akurasi klasifikasi. Temuan ini menunjukkan bahwa sistem yang diusulkan memiliki potensi untuk membantu masyarakat dalam mengelola sampah secara lebih efektif dan berkelanjutan.

**Kata Kunci** - pengelolaan sampah, klasifikasi gambar, Convolutional Neural Network, MobileNetV2

## I. PENDAHULUAN

Permasalahan pengelolaan sampah di Indonesia masih menjadi tantangan besar yang belum terselesaikan secara menyeluruh. Berdasarkan data Sistem Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN) di tahun 2024, Indonesia menghasilkan timbunan sampah sebesar 33,6 juta ton yang berasal dari 312 kabupaten atau kota di Indonesia. Dari jumlah tersebut, Tingkat pengurangan sampah mencapai 13,22%, penanganan sampah sebesar 46,62 dengan total sampah yang terkelola mencapai 59,84%, sedangkan sisanya sebesar 40,16% masih tergolong sebagai sampah yang tidak terkelola [1]. Seiring dengan pertumbuhan populasi dan peningkatan kesejahteraan masyarakat, jumlah timbunan sampah kedepannya diperkirakan akan terus meningkat. Berbagai faktor, seperti kepadatan penduduk, karakteristik sosial ekonomi dan lingkungan fisik, sikap, perilaku, dan budaya yang ada adalah beberapa faktor yang mempengaruhi sistem pengolahan sampah di lapangan. Sampah tersebut terdiri dari berbagai jenis, antara lain sisa makanan, kertas, plastik, logam, kaca, organik, dan residu lainnya[2].

Daur ulang merupakan salah satu pendekatan penting dalam pengelolaan sampah berkelanjutan. Namun, efektivitas proses pemilahan dan daur ulang masih menjadi kendala di banyak wilayah. Banyak individu mengalami kesulitan dalam mengenali jenis sampah yang dapat didaur ulang, baik karena kurangnya pengetahuan maupun keterbatasan waktu. Teknologi kecerdasan buatan menawarkan solusi untuk masalah ini dengan mengembangkan sistem otomatis yang mampu mengenali jenis sampah berdasarkan gambar. Sistem berbasis web menjadi pilihan yang praktis karena dapat diakses dengan mudah melalui perangkat pengguna tanpa perlu instalasi khusus.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem berbasis web yang memanfaatkan algoritma *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk mengklasifikasikan secara otomatis enam jenis sampah yaitu kaca, kertas, logam, plastik, organik, dan residu. Sistem ini tidak hanya mengenali jenis sampah tetapi juga memberikan rekomendasi daur ulangnya. Secara operasionalnya, pengguna dapat mengunggah foto melalui antarmuka web, lalu sistem akan memproses gambar tersebut menggunakan model CNN untuk menentukan kategori sampah yang sesuai.

Tantangan utama dalam implementasi sistem ini meliputi kemiripan visual antar jenis sampah tertentu, sudut pengambilan gambar yang berbeda serta sensitivitas model terhadap kondisi pencahayaan yang variatif dapat mempengaruhi akurasi klasifikasi. Selain itu faktor aksesibilitas teknologi dan tingkat pemahaman pengguna juga perlu diperhatikan agar sistem dapat digunakan secara efektif. Dengan pengembangan sistem ini, diharapkan masyarakat dapat lebih mudah mengenali jenis sampah dan termotivasi untuk melakukan daur ulang, sehingga mendukung pengelolaan sampah yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

## II. SIGNIFIKASI STUDI

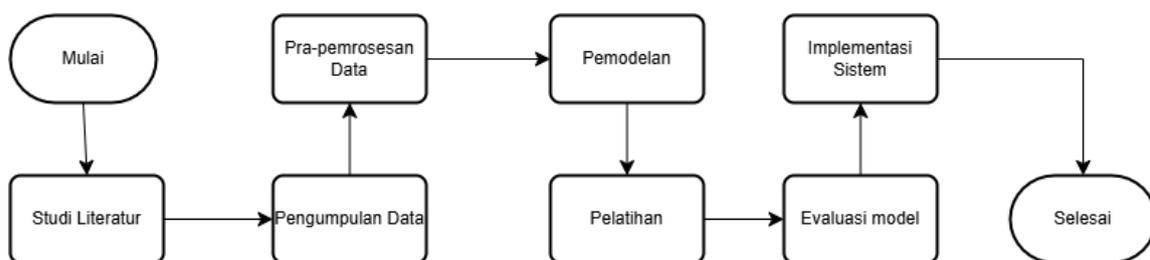
### A. Penelitian Terdahulu

Penelitian-penelitian terdahulu yang berkaitan dengan klasifikasi gambar menggunakan CNN menunjukkan hasil yang beragam. Salah satu penelitian mengembangkan aplikasi berbasis Android untuk klasifikasi kematangan buah tin menggunakan CNN. Dataset yang digunakan terdiri dari 300 citra, dengan pembagian 70% data latih, 10% data validasi, dan 20% data uji. Hasil penelitian tersebut menunjukkan akurasi sistem sebesar 94% [3]. Penelitian lain menerapkan CNN untuk klasifikasi sampah organik dan non-organik dengan pengujian sebanyak 50 data per kategori. Hasil klasifikasi mencapai akurasi sebesar 62% untuk sampah organik dan 96% untuk sampah non-organik [4]. Selanjutnya, penelitian pada sistem pengenalan wajah menggunakan CNN dengan bantuan library OpenFace menggunakan 250 citra pelatihan dan 100 citra pengujian, menghasilkan akurasi sebesar 99,84% dengan recall 98% dan precision 98,4% [5]. Penelitian lain menggunakan

CNN untuk identifikasi warna pada citra kain tenun Lotis Timor Tengah Selatan (TTS). Dataset yang digunakan berjumlah 50 citra, terdiri atas 20 data pelatihan, 10 data validasi, dan 20 data pengujian. Hasilnya menunjukkan akurasi 97,56% dan akurasi sistem sebesar 96,64% [6]. Selain itu, penelitian mengenai pengenalan aksara Sunda Swara Panglayar menggunakan CNN dengan 350 data uji menunjukkan akurasi tertinggi 86,85%, dengan 304 data berhasil teridentifikasi menggunakan rasio 80:20[7]. Dari beberapa penelitian tersebut menunjukkan CNN unggul dalam mengklasifikasikan data, Meskipun demikian, terdapat beberapa keterbatasan yang menjadi tantangan penting. Pertama, sebagian besar penelitian menggunakan dataset yang relatif kecil dan cakupan kelas yang terbatas, sehingga model-model tersebut memiliki keterbatasan dalam menangani klasifikasi yang lebih kompleks dan beragam dalam aplikasi nyata. Kedua, beberapa studi fokus pada klasifikasi dua hingga tiga kelas saja, belum mencakup klasifikasi multi-kelas yang lebih luas, seperti pengelompokan jenis sampah dalam enam kategori. Ketiga, implementasi model CNN pada platform yang mudah diakses masyarakat, seperti aplikasi web interaktif, masih jarang dilakukan, sehingga potensi penggunaannya dalam mendukung pengelolaan sampah secara luas belum optimal. Penelitian ini berupaya mengisi kekurangan tersebut dengan menggunakan dataset yang lebih besar dan beragam, yaitu 1.800 gambar yang mencakup enam kelas sampah: kaca, kertas, logam, plastik, organik, dan residu. Selain itu, penelitian ini mengadopsi arsitektur CNN MobileNetv2 yang dimodifikasi dan teknik augmentasi data untuk meningkatkan akurasi dan generalisasi model. Implementasi model pada aplikasi web berbasis Flask juga memberikan akses yang lebih mudah dan interaktif bagi masyarakat. Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat menghasilkan sistem klasifikasi sampah otomatis yang lebih akurat dan aplikatif untuk mendukung pengelolaan sampah yang efektif dan berkelanjutan.

## B. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah CNN karena kemampuannya untuk mendeteksi dan mengklasifikasikan pola visual secara otomatis. Berikut ini adalah Langkah penelitian yang ditunjukkan oleh gambar 1.



Gambar 1. Alur Metode Penelitian

### 1. Studi Literatur

*Machine Learning* adalah ilmu yang mengembangkan algoritma agar komputer bisa belajar dari data. Menurut Samuel, *Machine Learning* mampu menghasilkan model atau kesimpulan tanpa menulis kode khusus, cukup dengan memberi data yang cukup. Misalnya, algoritma yang sama bisa digunakan untuk mengenali tulisan tangan atau menyaring email tergantung data latih yang digunakan[8].

*Deep Learning* adalah metode dalam *machine learning* yang menggunakan jaringan saraf berlapis untuk memahami data secara bertingkat. Meski telah dikaji sejak 1980-an, metode ini kembali berkembang berkat kemajuan komputer dan teknologi GPU. *Deep Learning* sangat cocok untuk tugas visi komputer, seperti klasifikasi objek dalam gambar, salah satunya dengan menggunakan algoritma CNN[4].

CNN adalah salah satu teknik *deep learning* yang digunakan untuk mendeteksi dan mengenali objek dalam citra digital. *CNN* bekerja dengan metode *supervised learning*, yaitu menggunakan data berlabel untuk pelatihan guna mengelompokkan data ke dalam kategori yang telah ditentukan. Struktur *CNN* terdiri dari beberapa lapisan utama yaitu *convolutional layer*, *pooling layer*, dan *fully connected layer*[9]

MobileNetV2 adalah sebuah arsitektur *deep convolutional neural network* yang memiliki total 32 lapisan. Arsitektur ini dibuat khusus untuk perangkat dengan keterbatasan sumber daya dan latensi rendah, seperti smartphone, sehingga dapat beroperasi secara optimal pada berbagai perangkat dengan kemampuan yang terbatas[10].

Sampah atau limbah adalah sisa dari suatu produk atau material yang sudah tidak dibutuhkan atau diinginkan setelah digunakan atau diproses, namun masih dapat didaur ulang menjadi suatu barang yang berguna[11].

Pengelolaan sampah merupakan suatu proses yang terencana, terpadu, dan terus-menerus yang mencakup upaya untuk mengurangi volume sampah serta mengelolanya dengan tepat. Mengumpulkan, mengangkut, dan membuang sampah ke lokasi pemrosesan akhir adalah pendekatan utama dalam pengelolaan sampah masyarakat ini. Metode ini menyebabkan penumpukan sampah yang signifikan, yang berpotensi melepaskan gas metana, yang berkontribusi pada peningkatan emisi gas rumah kaca dan perubahan iklim yang lebih parah. Penguraian sampah secara alami juga memakan waktu lama dan mahal. Oleh karena itu, paradigma baru seharusnya diadopsi, yang melihat sampah sebagai sumber daya yang menguntungkan secara ekonomi, yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi, pupuk, kompos atau bahan baku industri. Pengelolaan sampah seharusnya dilakukan secara menyeluruh, mulai dari proses pembuatan produk yang berpotensi menjadi sampah hingga proses pengembalian produk ke lingkungan secara aman[12].

Daur ulang merupakan salah satu pendekatan paling efektif untuk mengurangi volume sampah yang berakhir di tempat pembuangan akhir. Melalui proses ini, bahan-bahan yang sebelumnya dianggap tidak berguna diolah kembali menjadi produk baru atau dimanfaatkan ulang, sehingga dapat mengurangi tekanan terhadap sumber daya alam dan lingkungan. Kegiatan daur ulang meliputi pengumpulan, pemilahan, pengolahan hingga pemanfaatan ulang material yang masih bisa digunakan[13].

Python merupakan Bahasa pemrograman yang dijalankan melalui interpreter, yang memungkinkan kode dieksekusi secara langsung tanpa perlu dikompilasi terlebih dahulu. Bahasa ini bersifat multiplatform, sehingga dapat digunakan pada berbagai sistem operasi seperti windows, linux, dan lainnya[14].

TensorFlow merupakan sebuah pustaka perangkat lunak yang dikembangkan oleh Tim Google untuk mendukung proses penelitian dan pengembangan dalam bidang *machine learning* serta jaringan saraf buatan[15].

Flask adalah web framework berbasis python yang termasuk dalam kategori microframework. Framework ini digunakan untuk membangun dan mengatur struktur serta tampilan aplikasi web secara efisien. Karena ringan dan fleksibel, Flask menjadi salah satu pilihan populer dalam pengembangan aplikasi web, terutama untuk proyek yang kompleks namun tetap membutuhkan kemudahan pengelolaan [16].

## 2. Pengumpulan Data

Pada tahap ini, pengumpulan data dilakukan untuk dataset yang akan digunakan untuk membuat model klasifikasi *Convolutional Neural Network* (CNN). Data telah diperoleh sebanyak 1800 dengan masing masing 300 gambar untuk sampah kaca, kertas, logam, organik, plastik, dan residu. Kemudian dataset dibagi untuk digunakan menjadi data train, validasi, dan test dengan perbandingan sebesar 72%:8%:20%.



Gambar 2. Data

## 3. Pra- pemrosesan Data

Pada tahap ini dilakukan proses pelabelan setiap gambar sesuai dengan kategori yaitu plastik, kaca, kertas, logam, organik, dan residu. Selanjutnya data diubah menjadi ukuran 224 x 224 piksel dan dilakukan perubahan komposisi warna latar belakang warna abu-abu agar lebih fokus pada gambar utama, Selanjutnya dilakukan augmentasi data dengan teknik rotasi, pergeseran posisi, pembesaran, pencahayaan hingga flipping horizontal dan vertikal. Selain itu gambar dinormalisasi (*rescale*) agar nilai piksel berada di rentang 0-1 yang bertujuan mempercepat konvergensi model.

## 4. Pemodelan

Tahap ini membangun model klasifikasi gambar berbasis *CNN* dengan menggunakan *MobileNetv2* sebagai arsitektur dasar. Model dimodifikasi dengan penambahan *layer pooling*, *dense*, dan *dropout*, lalu diakhiri dengan output *softmax* untuk klasifikasi enam kelas. Model dikompilasi dengan *optimizer Adam*.

## 5. Pelatihan

Pada tahap ini, model dilatih menggunakan data *training* dan divalidasi dengan data *validation* yang sudah dibagi sebelumnya untuk memantau kinerja. Proses pelatihan dilakukan sebanyak 50 *epoch* dengan menerapkan *callback* dan *early stopping* untuk menghentikan pelatihan jika tidak ada peningkatan performa.

## 6. Evaluasi Model

Tahap ini dilakukan setelah tahap pelatihan selesai, model dievaluasi menggunakan data pengujian. Evaluasi model dilakukan menggunakan data pengujian untuk menilai kemampuan generalisasi terhadap data baru. Selain mengukur akurasi, evaluasi diperkuat dengan analisis *confusion matrix* dan *classification report*, yang mencakup metrik seperti *precision*, *recall*, dan *F1-score* pada masing-masing kelas. Pendekatan ini memberikan gambaran yang lebih komprehensif terhadap kinerja model, terutama dalam mengidentifikasi ketepatan dan konsistensi prediksi pada setiap kategori.

## 7. Implementasi sistem

Pada tahap ini, model diimplementasikan ke dalam aplikasi web menggunakan *Flask*. Model diload di *backend*, dan pengguna dapat mengunggah gambar melalui antarmuka web. Gambar diproses dan diklasifikasikan secara langsung. Hasilnya akan ditampilkan dihalaman website.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 1.800 gambar dalam format .jpg, yang telah dilabeli ke dalam 6 jenis sampah yaitu kaca, kertas, organik, plastik, residu dan logam. Masing-masing kategori dibagi ke dalam tiga subset yaitu train set, val set, test set. Pembagian dilakukan dengan proporsi 72% untuk train set, 8% untuk val set, dan 20% untuk test set. Dengan demikian diperoleh 1.296 data untuk pelatihan (*training*), 144 data untuk validasi, dan 360 data untuk pengujian (*testing*)

```

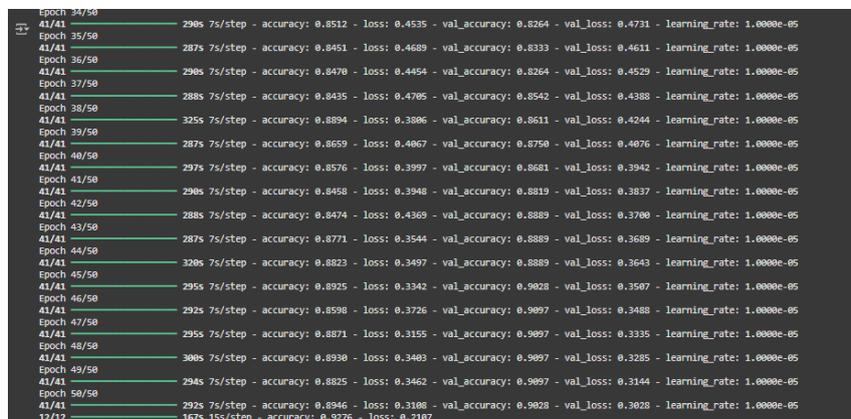
!pip install split-folders
import splitfolders

splitfolders.ratio(
    input="/content/drive/MyDrive/DATASET",
    output="/content/drive/MyDrive/DATASET_SPLIT",
    seed=42,
    ratio=(.72, .08, .20), # 72% train, 8% val, 20% test
    move=False
)

Requirement already satisfied: split-folders in /usr/local/lib/python3.11/dist-packages (0.5.1)
Copying files: 1800 files [00:34, 51.86 files/s]
    
```

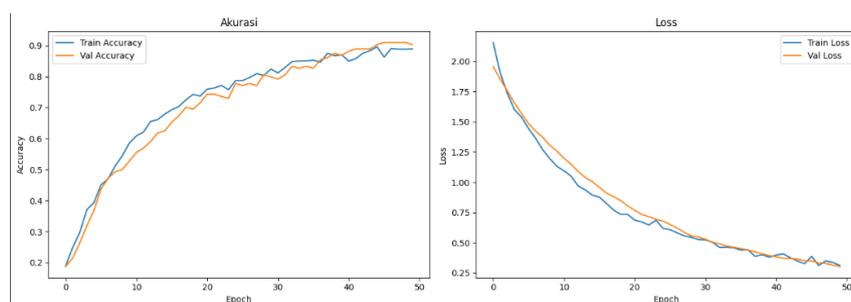
Gambar 3. Kode split data

Model dilatih selama 50 *epoch* menggunakan arsitektur MobileNetV2 dan *augmentasi* data untuk meningkatkan generalisasi. Optimasi dilakukan dengan *Adam* dan pengaturan *early stopping* serta penurunan *learning rate*.



Gambar 4. Log Pelatihan Model

Pada gambar 4, model menunjukkan performa semakin stabil dengan akurasi pelatihan sebesar 89,46% dan akurasi validasi 90,28%. Nilai *loss* pada data pelatihan dan validasi juga menurun secara konsisten, masing-masing mencapai 0,3108 dan 0,3028 di akhir pelatihan. Tidak terdapat perbedaan mencolok antara akurasi dan *loss* pada data latih dan validasi, sehingga dapat disimpulkan bahwa model tidak mengalami *overfitting* dan memiliki kemampuan generalisasi yang baik.



Gambar 5. Grafik akurasi dan loss

Grafik akurasi dan *loss* menunjukkan bahwa proses pelatihan berjalan secara konsisten. Akurasi data latih dan validasi meningkat seiring bertambahnya *epoch*, sementara nilai *loss* keduanya

menurun secara bertahap. Kesejajaran antara kurva train dan validasi mengindikasikan bahwa model tidak mengalami *overfitting*, serta mampu mempelajari pola data dengan baik. Grafik ini mendukung bahwa model memiliki stabilitas dan generalisasi yang baik selama proses pelatihan.

Hasil pengujian didapat menggunakan confusion matrix adalah

TABEL I  
CONFUSION MATRIX

Kelas Aktual	Kaca	Kertas	Logam	Organik	Plastik	Residu
Kaca	57	0	2	0	1	0
Kertas	0	55	1	0	3	1
Logam	0	1	56	0	3	0
Organik	1	1	0	57	1	0
Plastik	6	1	5	0	48	0
Residu	0	3	4	0	2	51

Berdasarkan hasil pengujian *confusion matrix* pada tabel 1 menggunakan 360 gambar data uji dari dataset. Pada kelas sampah kaca, sebanyak 57 gambar berhasil diprediksi dengan benar, sedangkan 3 gambar salah diprediksi ke kelas lain. Pada kelas sampah kertas, 55 gambar benar diprediksi dan 5 gambar salah di prediksi. Untuk kelas sampah logam, 56 gambar diprediksi dengan tepat dan 4 gambar salah di prediksi. Pada kelas sampah organik , 57 gambar berhasil diprediksi, sementara 3 gambar salah. Kelas sampah plastik memiliki 48 gambar benar diprediksi dan 12 gambar salah. Sedangkan pada kelas sampah residu, 51 gambar benar diprediksi, dan 9 gambar salah diprediksi.

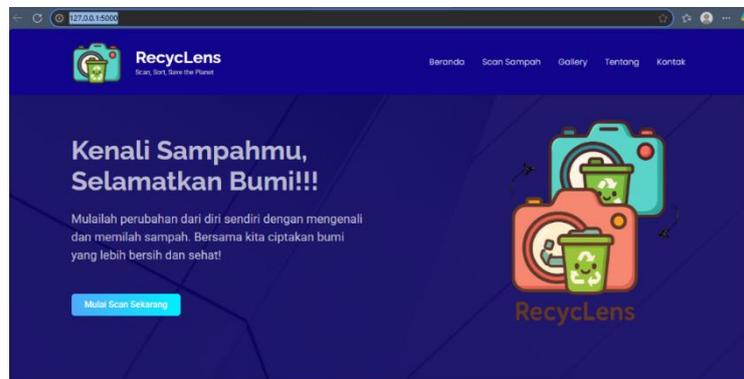
TABEL II  
CLASSIFICATION REPORT

	<i>Precision</i>	<i>recall</i>	<i>F1-score</i>
Sampah Kaca	0.890625	0.950000	0.919355
Sampah Kertas	0.901639	0.916667	0.909091
Sampah Logam	0.823529	0.933333	0.875000
Sampah Organik	1.000000	0.950000	0.974359
Sampah Plastik	0.827586	0.800000	0.813559
Sampah Residu	0.980769	0.850000	0.910714
<i>Accuracy</i>	0.900000	0.900000	0.900000

Berdasarkan hasil perhitungan *confusion matrix* yang ditampilkan menggunakan *classification report* diperoleh nilai akurasi sebesar 90%. *Precision* kaca mencapai 89%, kertas 90%, logam 82%, Organik 100%, plastik 82%, dan residu 98%. *Recall* tertinggi pada residu 96%, organik 95%, kaca 95%, kertas 92%, logam 93%, plastik 80%. Nilai *f1-score* berada direntang 81% hingga 97%, dengan nilai tertinggi pada sampah organik yaitu 97%. Hasil ini menunjukkan bahwa model mampu mengenali berbagai jenis sampah dengan baik. Namun kesulitan sedikit lebih tinggi dalam membedakan sampah plastik, kemungkinan disebabkan kemiripan visual antar kategori plastik dan kelas lain. Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu yang menggunakan dataset lebih kecil dan cakupan kelas terbatas, penelitian ini menunjukkan peningkatan akurasi dan cakupan klasifikasi yang lebih luas. Penggunaan MobileNetV2 dan teknik augmentasi berhasil meningkatkan kemampuan klasifikasi pada dataset yang lebih besar dan beragam. Namun, performa model dalam kondisi nyata dapat dipengaruhi oleh faktor seperti variasi pencahayaan, sudut pengambilan gambar, dan kualitas kamera pengguna. Pencahayaan rendah atau sudut pengambilan yang tidak optimal dapat mengurangi kejelasan fitur visual, sehingga berpotensi menurunkan akurasi klasifikasi. Model yang telah selesai dilatih dan diuji kemudian disimpan ke dalam format .h5 dan diimplementasikan menggunakan bahasa pemrograman Python melalui framework flask untuk membangun aplikasi web. Berikut ini adalah implementasi antarmuka dari aplikasi web:

### 1. *Tampilan Utama*

Pada tampilan utama, pengguna disambut dengan antarmuka yang intuitif dan informatif, dirancang untuk memudahkan navigasi dan interaksi. Halaman ini dilengkapi dengan tombol “Mulai Scan Sekarang” yang secara langsung mengarahkan pengguna ke fitur utama sistem, yaitu proses unggah dan klasifikasi gambar secara otomatis.



Gambar 6. Tampilan Utama

### 2. *Tampilan Scan Sampah*

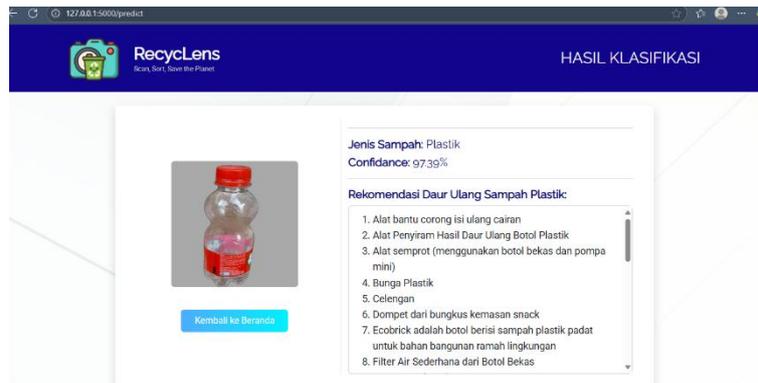
Pada halaman Scan Sampah, pengguna dapat mengunggah gambar sampah melalui fitur *upload* yang telah disediakan. Setelah memilih file gambar, pengguna cukup menekan tombol *submit* untuk memulai proses klasifikasi. Gambar yang diunggah akan diproses oleh model. Tampilan ini dibuat sederhana dan responsive agar memudahkan interaksi pengguna dalam menjalankan fungsi utama aplikasi.



Gambar 7. Tampilan Scan Sampah

### 3. *Tampilan Hasil Klasifikasi*

Setelah gambar diproses, pengguna diarahkan ke halaman Hasil Klasifikasi. Pada halaman ini, ditampilkan jenis sampah yang terdeteksi beserta tingkat kepercayaan (*confidence*) dari prediksi model. Selain itu, sistem juga memberikan rekomendasi daur ulang yang sesuai dengan jenis sampah tersebut, guna mendorong edukasi dan pemanfaatan ulang.



Gambar 8. Tampilan hasil klasifikasi

#### 4. Tampilan Gallery

Halaman *Gallery* menampilkan kategori sampah yang bisa diklasifikasikan beserta penjelasan singkat mengenai karakteristiknya. Fitur ini bertujuan memberikan edukasi kepada pengguna mengenai berbagai jenis sampah yang dapat dikenali oleh sistem,



Gambar 9. Tampilan Gallery

#### 5. Tampilan Tentang

Halaman *Tentang* menjelaskan tujuan dan fungsi dari aplikasi. RecycLens merupakan aplikasi berbasis kecerdasan buatan yang dirancang untuk membantu pengguna mengenali jenis sampah dan mendapatkan rekomendasi daur ulang melalui kamera. Melalui penjelasan ini pengguna diperkenalkan pada manfaat aplikasi dalam meningkatkan kesadaran lingkungan.

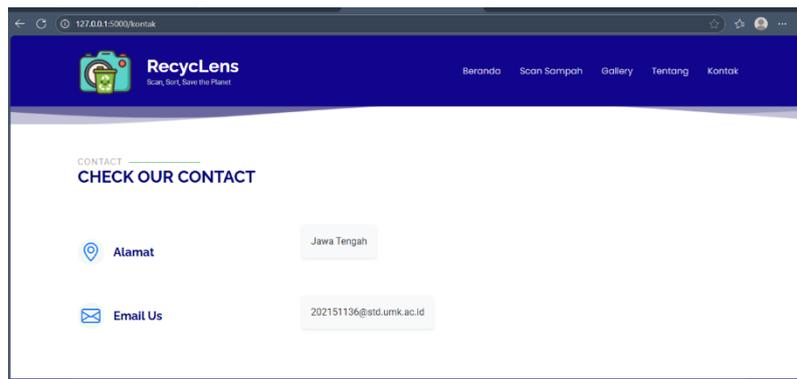


Gambar 10. Tampilan Tentang

#### 6. Tampilan Kontak

Halaman *Kontak* menyediakan informasi yang dapat digunakan pengguna untuk menghubungi pengembang aplikasi. Terdapat dua informasi utama yaitu Alamat dan email aktif untuk keperluan

informasi lebih lanjut. Tampilan ini dibuat sederhana agar pengguna dapat dengan mudah mengakses informasi kontak jika diperlukan.



Gambar 11. Tampilan Kontak

Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil mengembangkan sistem klasifikasi sampah menggunakan metode *CNN* yang tidak hanya akurat tetapi juga aplikatif. Meski demikian, evaluasi lebih lanjut diperlukan untuk menguji ketahanan sistem pada berbagai kondisi nyata guna mendukung implementasi yang lebih luas dan efektif dalam pengelolaan sampah.

#### IV. KESIMPULAN

Penelitian ini mengembangkan sistem klasifikasi sampah menggunakan *CNN* dengan arsitektur *MobileNetV2* yang diimplementasikan melalui aplikasi web. Model yang dilatih menggunakan 1800 gambar dari enam kategori sampah berhasil mencapai akurasi sebesar 90%. Evaluasi menunjukkan nilai *precision*, *recall*, dan *F1-score* yang baik, terutama pada kategori sampah organik. Model ini tidak mengalami *overfitting* dan memiliki kemampuan generalisasi yang baik. Kontribusi utama penelitian ini adalah pengembangan model yang tidak hanya akurat, tetapi juga aplikatif untuk membantu masyarakat mengenali jenis sampah secara otomatis dan mendorong edukasi dan daur ulang yang lebih efektif. Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan, antara lain kurangnya pengujian terhadap variasi kondisi nyata seperti pencahayaan berbeda, sudut pengambilan gambar, dan kualitas kamera pengguna yang dapat mempengaruhi performa model. Oleh karena itu, pengembangan selanjutnya perlu memprioritaskan perluasan dataset dengan memasukkan gambar yang merefleksikan kondisi lapangan yang beragam serta menambahkan fitur deteksi kualitas gambar secara real-time untuk meningkatkan keandalan sistem. Selain itu, integrasi aplikasi dengan platform pengelolaan sampah yang lebih luas dan penyediaan modul edukasi yang lebih komprehensif menjadi arah pengembangan penting untuk mendukung pengelolaan sampah berkelanjutan. Dengan demikian, sistem ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan kesadaran masyarakat dan efektivitas pengelolaan sampah di lapangan.

**REFERENSI**

- [1] Sipsn, "Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional," 2024.
- [2] A. Z. Saputra And Ah. S. Fauzi, "Pengolahan Sampah Kertas Menjadi Bahan Baku Industri Kertas Bisa Mengurangi Sampah Di Indonesia," *Jurnal Mesin Nusantara*, Vol. 5, No. 1, Pp. 41–52, Jun. 2022, Doi: 10.29407/Jmn.V5i1.17522.
- [3] M. A. Yusman, E. Evanita, And A. A. Riadi, "Klasifikasi Kematangan Buah Tin Menggunakan Convolutional Neural Network Berbasis Android," *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, Vol. 9, No. 2, Aug. 2023, Doi: 10.28932/Jutisi.V9i2.5701.
- [4] A. Ibnul Rasidi, Y. A. H. Pasaribu, A. Ziqri, And F. D. Adhinata, "Klasifikasi Sampah Organik Dan Non-Organik Menggunakan Convolutional Neural Network," *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, Vol. 8, No. 1, Apr. 2022, Doi: 10.28932/Jutisi.V8i1.4314.
- [5] N. Dewi And F. Ismawan, "Implementasi Deep Learning Menggunakan Cnn Untuk Sistem Pengenalan Wajah," *Faktor Exacta*, Vol. 14, No. 1, P. 34, Mar. 2021, Doi: 10.30998/Faktorexacta.V14i1.8989.
- [6] E. Adielwin Nenometa *Et Al.*, "Identifikasi Citra Warna Pada Kain Tenun Lotis Timor Tengah Selatan (Tts) Menggunakan Metode Convolution Neural Networks (Cnn)," Vol. 1, No. 1, 2024, Doi: 10.25077/Xxxxx.
- [7] G. E. Ripera, "Implementasi Algoritma Convolutional Neural Network Pada Pengenalan Aksara Sunda Swara Panglayar," *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, Vol. 12, No. 1, Jan. 2024, Doi: 10.23960/Jitet.V12i1.3871.
- [8] Tedyyana A, Ghazali O, Purbo OW. Machine learning for network defense: automated DDoS detection with telegram notification integration. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*. 2024 May;34(2):1102.
- [9] O. Devi, S. Sunanto, And P. H. Utomo, "Implementasi Deep Learning Dengan Convolutional Neural Network Untuk Klasifikasi Gambar Sampah Organik Dan Anorganik (Implementation Of Deep Learning With Convolutional Neural Network To Classification Organic And Nonorganic Waste Picture)," 2022. [Online]. Available: <https://magestic.unej.ac.id/>
- [10] S. A. Maulana *Et Al.*, "Deteksi Burung Menggunakan CNN Dengan Model Arsitektur Mobilenetv2," 2024.
- [11] Silalahi. Marlinang I *Et Al.*, *Kesehatan Lingkungan: Suatu Pengantar*. Bandung: Penerbit Insania, 2021.
- [12] U. Septiani *Et Al.*, "Seminar Nasional Pengabdian Masyarakat Lppm Umj Website: <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaskat> Eco Enzyme: Pengolahan Sampah Rumah Tangga Menjadi Produk Serbaguna Di Yayasan Khazanah Kebajikan," 2021, [Online]. Available: <http://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnaskat>
- [13] B. A. Aka, *Asn Hijau: Menerapkan Konsep Ekowisata Dalam Kehidupan Sehari-hari Ages*. Penerbit P4i, 2024.
- [14] S. Rahman *Et Al.*, *Python : Dasar Dan Pemrograman Berorientasi Objek*. Tahta Media Group, 2023.
- [15] M. Ihsan, R. K. Niswatin, And D. Swanjawa, "Deteksi Ekspresi Wajah Menggunakan Tensorflow," *Joutica*, Vol. 6, 2021.
- [16] Irmayanti, "Perancangan Sistem Informasi Penyewaan Thermoking Di Pt. Moderen Prima Dengan Flask Python," *Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi Cendekia*, Vol. 1, No. 1, Pp. 19–28, 2023.