

IMPLEMENTASI METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN) UNTUK KLASIFIKASI JENIS SAMPAH ORGANIC DAN ANORGANIC

Implementation Of The Convolutional Neural Network (CNN) Method For Classification Of Organic And Inorganic Waste Types

Chandra Kurniawan¹, Dede Supiyan²

^{1,2}Universitas Pamulang

Email: chandraxtkj1007@gmail.com

Abstract

The problem of paper waste sorting remains a challenge because many people are still unable to distinguish between organic and inorganic paper waste. Errors in the sorting process reduce recycling effectiveness and increase environmental pollution due to the mixing of materials that cannot be processed together. This study aims to develop a web-based classification system for organic and inorganic paper waste using the Convolutional Neural Network (CNN) method with the InceptionV3 architecture. The dataset used was obtained through independent image acquisition using smartphone cameras and public datasets, with a total of approximately 900 images consisting of 650 images of organic paper waste and 250 images of inorganic paper waste. The research process included data collection, preprocessing, data labeling, model training, and model integration into a web application using TensorFlow, FastAPI, and Laravel. The developed system provides real-time classification through a camera, classification history storage, and visualization of system usage statistics. The results indicate that the system can assist users in identifying paper waste more quickly and efficiently and can serve as an educational medium to increase public awareness of the importance of proper paper waste sorting before the recycling process is carried out.

Keywords: Convolutional Neural Network, InceptionV3, image classification, paper waste, website.

Abstrak

Permasalahan pemilahan sampah kertas masih menjadi tantangan karena banyak masyarakat yang belum mampu membedakan jenis sampah kertas organik dan anorganik. Kesalahan dalam proses pemilahan menyebabkan berkurangnya efektivitas daur ulang serta meningkatnya pencemaran lingkungan akibat tercampurnya material yang tidak dapat diproses bersama. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi sampah kertas organik dan anorganik berbasis website menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN) dengan arsitektur InceptionV3. Dataset yang digunakan diperoleh melalui pengambilan gambar secara mandiri menggunakan kamera smartphone serta pemanfaatan dataset publik, dengan total sekitar 900 citra yang terdiri dari 650 citra sampah kertas organik dan 250 citra sampah kertas anorganik. Proses penelitian meliputi pengumpulan data, preprocessing, pelabelan data, pelatihan model, serta integrasi model ke dalam aplikasi web menggunakan TensorFlow, FastAPI, dan Laravel. Sistem yang dikembangkan menyediakan fitur klasifikasi melalui kamera secara real-time, penyimpanan riwayat hasil klasifikasi, serta visualisasi statistik penggunaan sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu membantu pengguna dalam mengidentifikasi jenis sampah kertas secara lebih cepat dan efisien serta dapat

dimanfaatkan sebagai media edukasi untuk meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya pemilahan sampah kertas sebelum proses daur ulang dilakukan.

Kata Kunci : *Convolutional Neural Network, InceptionV3, klasifikasi citra, sampah kertas, website.*

PENDAHULUAN

Permasalahan sampah masih menjadi salah satu tantangan utama dalam pengelolaan lingkungan di Indonesia. Salah satu jenis sampah yang memiliki jumlah cukup besar dan berpotensi untuk didaur ulang adalah sampah kertas. Namun, proses daur ulang kertas sangat bergantung pada proses pemilahan yang tepat sejak awal. Kesalahan dalam proses pemilahan dapat menyebabkan menurunnya kualitas hasil daur ulang serta meningkatnya jumlah limbah yang tidak dapat diproses kembali.

Sebagian besar masyarakat masih beranggapan bahwa seluruh jenis kertas dapat didaur ulang dengan cara yang sama. Padahal, terdapat berbagai jenis kertas yang termasuk ke dalam kategori anorganik atau komposit karena memiliki lapisan tambahan berupa plastik, resin, silikon, maupun bahan kimia tertentu. Contoh jenis kertas tersebut antara lain kertas thermal pada struk belanja, kertas foto glossy, kertas stiker bagian belakang, kertas NCR, kantong kopi seduh (drip bag coffee), serta kemasan kertas berlapis laminasi. Jenis kertas tersebut tidak dapat diproses menggunakan metode daur ulang kertas konvensional sehingga memerlukan proses pemilahan yang berbeda.

Pada praktiknya, proses pemilahan sampah kertas masih dilakukan secara manual dan sering kali hanya berdasarkan perkiraan pengguna. Kondisi tersebut menyebabkan sampah kertas organik dan anorganik tercampur dalam satu wadah sehingga mengurangi efektivitas proses pengelolaan sampah serta berpotensi menurunkan kualitas produk hasil daur ulang.

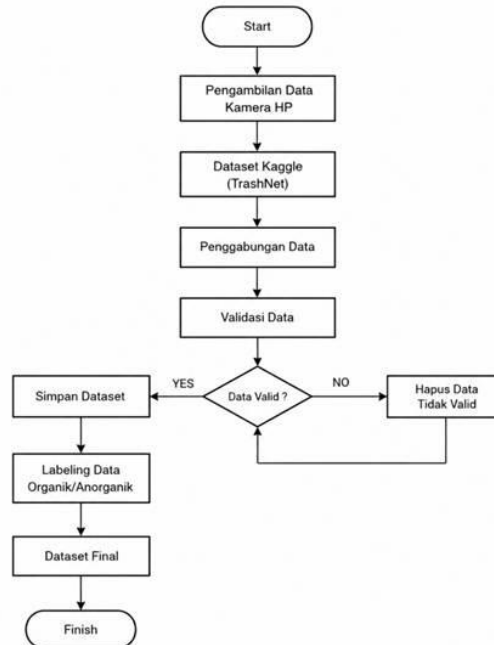
Perkembangan teknologi Artificial Intelligence khususnya pada bidang pengolahan citra digital telah memberikan berbagai solusi untuk proses klasifikasi objek secara otomatis. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah Convolutional Neural Network (CNN) karena memiliki kemampuan yang baik dalam mengekstraksi fitur visual dari sebuah citra serta menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi pada berbagai kasus klasifikasi gambar [4], [5]. Beberapa penelitian sebelumnya juga menunjukkan bahwa metode CNN mampu diterapkan pada proses identifikasi berbagai jenis sampah dengan performa yang baik.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi sampah kertas organik dan anorganik berbasis website menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN). Sistem dikembangkan menggunakan TensorFlow sebagai framework machine learning, FastAPI sebagai layanan API, serta Laravel sebagai antarmuka website sehingga pengguna dapat melakukan proses klasifikasi secara real-time menggunakan kamera perangkat yang dimiliki.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu masyarakat dalam melakukan pemilahan sampah kertas secara lebih cepat, mudah, dan akurat, sekaligus meningkatkan kesadaran terhadap pentingnya pengelolaan sampah kertas yang tepat sebelum proses daur ulang dilakukan.

METODE

Gambar 1. Alur Penelitian



Sumber : Dokumen Pribadi

Penelitian ini menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN) untuk melakukan klasifikasi sampah kertas organik dan anorganik berbasis website. Alur penelitian dirancang secara sistematis dimulai dari identifikasi permasalahan terkait pemilahan sampah kertas, dilanjutkan dengan studi literatur untuk membangun landasan teori mengenai pengolahan citra digital, deep learning, dan metode CNN yang digunakan dalam penelitian ini.

Tahapan penelitian dimulai dari proses pengumpulan dataset, di mana data citra diperoleh melalui pengambilan gambar secara mandiri menggunakan kamera smartphone serta pengumpulan citra dari berbagai sumber relevan di internet. Dataset yang digunakan terdiri dari dua kategori utama, yaitu sampah kertas organik dan sampah kertas anorganik dengan total sekitar 900 citra yang terdiri dari sekitar 650 citra sampah kertas organik dan 250 citra sampah kertas anorganik.

Setelah data terkumpul, dilakukan tahap preprocessing yang meliputi proses seleksi data, normalisasi citra, perubahan ukuran gambar menjadi 224×224 piksel, serta pembagian dataset menjadi data latih dan data validasi menggunakan rasio 80:20. Tahap preprocessing dilakukan untuk meningkatkan konsistensi data dan memastikan seluruh citra sesuai dengan kebutuhan masukan model CNN.

Tahap berikutnya adalah pelabelan data berdasarkan kategori organik dan anorganik yang dilakukan secara terstruktur sesuai dengan karakteristik masing-masing citra. Setelah proses pelabelan selesai, dilakukan pembangunan model menggunakan framework TensorFlow dan Keras dengan memanfaatkan metode Convolutional Neural Network (CNN). Model CNN terdiri dari beberapa lapisan utama seperti convolution layer, activation function, pooling layer, dan fully connected layer yang bekerja untuk mengekstraksi fitur visual dari citra masukan.

Proses pelatihan model dilakukan menggunakan data latih yang telah dipersiapkan sebelumnya hingga diperoleh model dengan performa terbaik berdasarkan nilai akurasi dan loss. Untuk meningkatkan kemampuan model dalam mengenali pola visual pada citra, digunakan mekanisme pooling layer yang bertujuan mengurangi dimensi fitur tanpa menghilangkan informasi penting pada citra.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengumpulan Dataset

Dataset yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari dua kategori utama yaitu sampah kertas organik dan sampah kertas anorganik. Data diperoleh melalui pengambilan gambar secara mandiri menggunakan kamera smartphone serta pemanfaatan dataset publik dari berbagai sumber yang relevan. Setelah melalui proses validasi dan seleksi data, diperoleh sekitar 650 citra sampah kertas organik dan 250 citra sampah kertas anorganik sehingga total dataset yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah sekitar 900 citra.

Tahap validasi dilakukan untuk memastikan bahwa setiap citra sesuai dengan kategori yang telah ditentukan serta memiliki kualitas yang memadai untuk digunakan pada proses pelatihan model. Selain itu, proses validasi juga bertujuan untuk menghilangkan citra yang memiliki kualitas rendah, duplikasi data, maupun kesalahan pelabelan yang dapat mempengaruhi performa model selama proses pelatihan. Sampel dataset hasil seleksi disajikan pada Gambar 1.

Gambar 2. Hasil Pengumpulan Dataset



Sumber : Dokumen Pribadi

Gambar 3. Hasil Pengumpulan Dataset



Sumber : Dokumen Pribadi

Berdasarkan Gambar 2 dan Gambar 3, dataset yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari dua kategori utama, yaitu sampah kertas organik dan sampah kertas anorganik. Variasi jenis sampah pada masing-masing kategori bertujuan untuk meningkatkan kemampuan model dalam mengenali karakteristik visual yang membedakan kedua kelas tersebut. Selain itu, variasi kondisi pencahayaan, sudut pengambilan gambar, latar belakang, dan bentuk objek juga dipertahankan agar model memiliki kemampuan generalisasi yang lebih baik ketika digunakan pada kondisi nyata. Dataset hasil seleksi selanjutnya digunakan pada tahap preprocessing sebelum dilakukan proses pelatihan model *Convolutional Neural Network (CNN)*.

• Hasil Preprocessing dan Pembagian Dataset

Sebelum digunakan pada proses pelatihan model, seluruh citra terlebih dahulu melalui tahap preprocessing. Tahapan ini meliputi proses perubahan ukuran citra menjadi 224×224 piksel, normalisasi data, serta pembagian dataset menjadi data latih dan data validasi menggunakan rasio 80:20.

Pembagian dataset dilakukan secara otomatis menggunakan fungsi *image_dataset_from_directory()* yang tersedia pada TensorFlow. Berdasarkan rasio tersebut, sekitar 720 citra digunakan sebagai data latih dan 180 citra digunakan sebagai data validasi. Penggunaan data validasi bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan model dalam melakukan generalisasi terhadap data yang belum pernah dipelajari sebelumnya. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pre-Processing

No	Jenis Data	Jumlah Data
1.	Data Latih	720
2.	Data Validasi	180
3	Total data	900

Sumber : Dokumen Pribadi

Berdasarkan Tabel 1, pembagian dataset dilakukan untuk memastikan model memiliki jumlah data latih yang cukup untuk proses pembelajaran sekaligus menyediakan data validasi untuk mengevaluasi performa model terhadap data yang belum pernah dipelajari sebelumnya. Dataset yang telah diproses selanjutnya digunakan pada tahap pelatihan model *Convolutional Neural Network* (CNN) menggunakan arsitektur *InceptionV3*.

- **Arsitektur Model CNN**

Model klasifikasi pada penelitian ini dibangun menggunakan metode *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan arsitektur *Sequential*. Model terdiri atas beberapa lapisan utama seperti *Rescaling Layer*, *Convolution Layer*, *MaxPooling Layer*, *Flatten Layer*, dan *Dense Layer*.

Lapisan konvolusi berfungsi untuk mengekstraksi fitur visual dari citra masukan, sedangkan *MaxPooling Layer* digunakan untuk mengurangi dimensi fitur tanpa menghilangkan informasi penting pada citra. Selanjutnya, hasil ekstraksi fitur diteruskan menuju *Fully Connected Layer* untuk menentukan kategori citra yang diproses, yaitu organik atau anorganik. Input model menggunakan ukuran citra sebesar 224×224 piksel dengan tiga kanal warna RGB yang disesuaikan dengan kebutuhan model klasifikasi.

Table 2. Arsitektur CNN

No	Layer (Type)	Output Shape	Param #
1	Rescaling	(None, 224, 224, 3)	0
2	Conv2D	(None, 222, 222, 32)	896
3	MaxPooling2D	(None, 111, 111, 32)	0
4	Conv2D	(None, 109, 109, 64)	18,496
5	MaxPooling2D	(None, 54, 54, 64)	0
6	Conv2D	(None, 52, 52, 128)	73,856
7	MaxPooling2D	(None, 26, 26, 128)	0
8	Flatten	(None, 86,528)	0
9	Dense	(None, 128)	11,075,712
10	Dense	(None, 1)	129

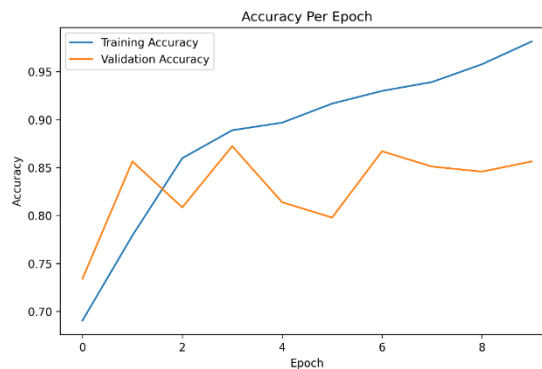
Sumber : Dokumen Pribadi

• Hasil Pelatihan Model

Proses pelatihan model dilakukan menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN) dengan arsitektur InceptionV3. Dataset yang telah melalui tahap preprocessing selanjutnya digunakan sebagai data latih dan data validasi dengan rasio 80:20. Proses pelatihan dilakukan menggunakan framework TensorFlow dan Keras hingga model memperoleh performa yang optimal dalam mengenali karakteristik visual sampah kertas organik dan anorganik.

Selama proses pelatihan dilakukan pemantauan terhadap nilai training accuracy, validation accuracy, training loss, dan validation loss pada setiap epoch. Parameter-parameter tersebut digunakan untuk mengevaluasi kemampuan model dalam mempelajari pola dari data latih serta mengukur kemampuan model dalam melakukan prediksi terhadap data yang belum pernah dipelajari sebelumnya.

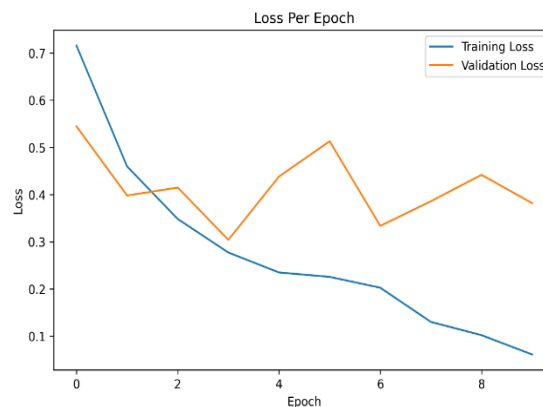
Gambar 3. Grafik Training Accuracy dan Validation Accuracy



Sumber : Dokumen Pribadi

Berdasarkan Gambar 3, nilai training accuracy dan validation accuracy mengalami peningkatan seiring bertambahnya jumlah epoch. Hal ini menunjukkan bahwa model mampu mempelajari karakteristik citra sampah kertas dengan baik selama proses pelatihan. Selain itu, selisih antara nilai training accuracy dan validation accuracy relatif kecil sehingga mengindikasikan bahwa model memiliki kemampuan generalisasi yang baik dan tidak mengalami overfitting secara signifikan.

Gambar 4. Grafik Training Loss dan Validation Loss



Sumber : Dokumen Pribadi

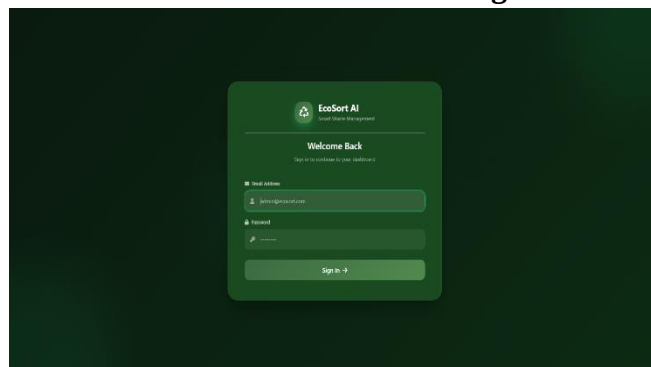
Berdasarkan Gambar 4, nilai training loss dan validation loss menunjukkan tren penurunan selama proses pelatihan. Penurunan nilai loss menunjukkan bahwa model semakin mampu meminimalkan kesalahan prediksi terhadap data yang dipelajari. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proses pelatihan berjalan dengan baik sehingga model siap diimplementasikan pada aplikasi berbasis website untuk melakukan klasifikasi sampah kertas secara real-time.

- **Implementasi Sistem**

Model Convolutional Neural Network (CNN) yang telah melalui proses pelatihan kemudian diintegrasikan ke dalam aplikasi berbasis website menggunakan TensorFlow sebagai framework machine learning, FastAPI sebagai layanan API, dan Laravel sebagai antarmuka pengguna. Integrasi ini memungkinkan proses klasifikasi sampah kertas dilakukan secara real-time melalui kamera perangkat tanpa pengguna perlu menjalankan model secara langsung.

Sistem yang dikembangkan memiliki beberapa fitur utama, yaitu autentikasi pengguna, proses klasifikasi sampah kertas, penyimpanan riwayat hasil klasifikasi, serta penyajian statistik penggunaan sistem. Seluruh fitur dirancang agar pengguna dapat melakukan proses identifikasi sampah kertas secara mudah dan memperoleh informasi hasil klasifikasi secara langsung.

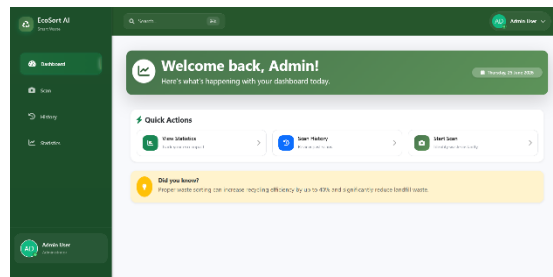
Gambar 5. Halaman Login



Sumber : Dokumen Pribadi

Halaman login digunakan sebagai gerbang autentikasi pengguna sebelum mengakses seluruh fitur yang tersedia pada sistem. Pengguna diminta memasukkan alamat email dan kata sandi yang telah terdaftar. Setelah proses autentikasi berhasil, pengguna akan diarahkan menuju halaman utama sistem.

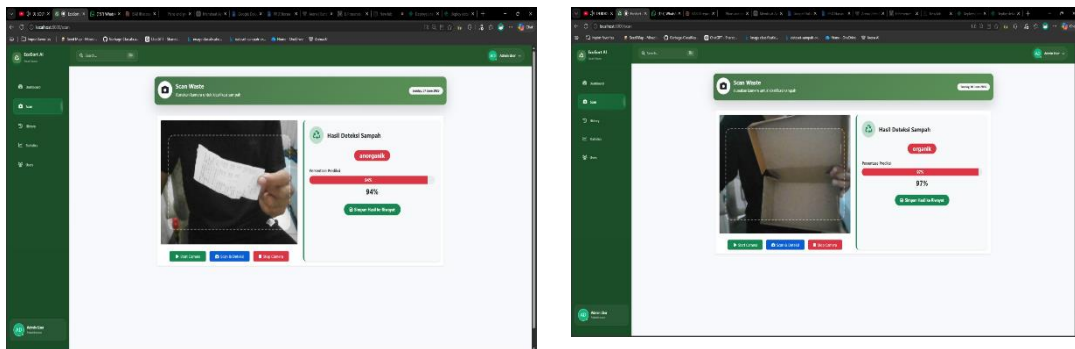
Gambar 6. Halaman Dashboard



Sumber : Dokumen Pribadi

Halaman dashboard merupakan halaman utama setelah pengguna berhasil masuk ke dalam sistem. Pada halaman ini ditampilkan informasi singkat mengenai aplikasi serta menu navigasi menuju fitur klasifikasi, riwayat klasifikasi, statistik, dan profil pengguna.

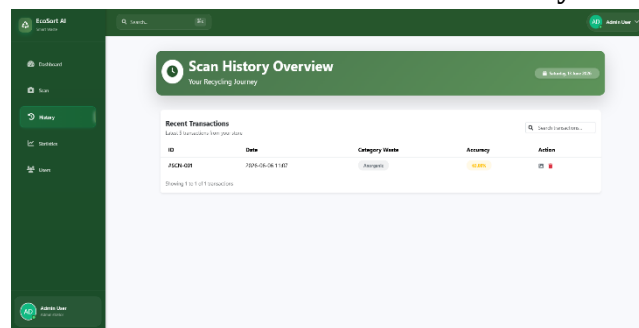
Gambar 7. Halaman Scan



Sumber : Dokumen Pribadi

Halaman klasifikasi merupakan fitur utama pada sistem. Pengguna dapat mengambil gambar sampah kertas menggunakan kamera perangkat atau memilih gambar yang tersedia untuk diproses oleh model CNN. Setelah proses inferensi selesai, sistem menampilkan hasil klasifikasi berupa kategori sampah kertas organik atau anorganik beserta tingkat kepercayaan (confidence score) dari hasil prediksi.

Gambar 8. Halaman History

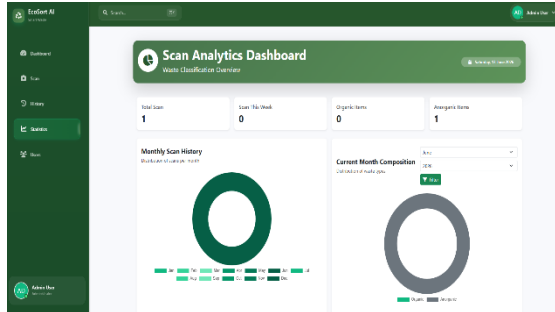


Sumber : Dokumen Pribadi

Halaman riwayat digunakan untuk menyimpan seluruh hasil klasifikasi yang telah dilakukan pengguna. Informasi yang ditampilkan meliputi gambar yang

diproses, hasil klasifikasi, waktu identifikasi, serta nilai confidence. Fitur ini memudahkan pengguna untuk melihat kembali hasil klasifikasi sebelumnya.

Gambar 9. Halaman Statistik



Sumber : Dokumen Pribadi

Halaman statistik menyajikan visualisasi data penggunaan sistem berdasarkan hasil klasifikasi yang telah dilakukan. Informasi statistik ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga pengguna dapat mengetahui jumlah sampah kertas organik maupun anorganik yang telah diidentifikasi selama penggunaan aplikasi.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem klasifikasi sampah kertas organik dan anorganik berbasis website menggunakan metode Convolutional Neural Network (CNN) dengan arsitektur InceptionV3. Tahapan penelitian meliputi pengumpulan dataset, preprocessing, pelatihan model, hingga implementasi model ke dalam aplikasi berbasis website menggunakan TensorFlow, FastAPI, dan Laravel.

Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan proses klasifikasi sampah kertas secara efektif melalui fitur pemindaian gambar, penyimpanan riwayat klasifikasi, serta penyajian statistik penggunaan sistem. Penerapan model CNN pada penelitian ini diharapkan dapat membantu masyarakat dalam membedakan jenis sampah kertas organik dan anorganik secara lebih cepat dan akurat, sekaligus menjadi media edukasi untuk meningkatkan kesadaran terhadap pentingnya pemilahan sampah sebelum proses daur ulang dilakukan.

DAFTAR PUSTAKA

- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional (SIPSN), 2023. Diakses dari: <https://sipsn.menlhk.go.id>
- W.-L. Mao, W.-C. Chen, C.-T. Wang, dan Y.-H. Lin, "Recycling Waste Classification Using Optimized Convolutional Neural Network," *Waste Management*, vol. 120, pp. 1-12, 2021. doi: 10.1016/j.wasman.2021.01.015.
- A. TiaraSari dan E. Haryatmi, "Penerapan Convolutional Neural Network Deep Learning dalam Pendeteksian Citra Biji Jagung Kering," *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, vol. 5, no. 2, pp. 265-271, 2021. doi: 10.29207/resti.v5i2.3040.
- D. Husen, Kusrini, dan Kusnawi, "Deteksi Hama pada Daun Apel Menggunakan Algoritma Convolutional Neural Network," *Jurnal Media Informatika*

- Budidarma, vol. 6,no. 4, pp. 2103-2110, 2022. doi: 10.30865/mib.v6i4.4667.
- J. E. Widyaya dan S. Budi, "Pengaruh Preprocessing Terhadap Klasifikasi Diabetic Retinopathy dengan Pendekatan Transfer Learning Convolutional Neural Network," Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi, vol. 7, no. 1, pp. 110-125, 2021. doi: 10.28932/jutisi.v7i1.3327.
- G. A. Bahagia dan M. Akbar, "Klasifikasi Sampah Organik dan Anorganik Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN)," JATI: Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika, vol. 8, no. 5, pp. 843-850, 2023. doi: 10.36040/jati.v8i5.11038.
- F. Dwiatmoko, D. Utami, dan N. A. Sivi, "Klasifikasi Citra Sampah Organik dan Non Organik Menggunakan Algoritma CNN (Convolutional Neural Network)," Explore, vol. 14, no. 1, pp. 1-3, 2024. doi: 10.35200/ex.v14i1.103.
- Z. I. Nugraha, A. Arnita, K. Saputra, A. Setiawan, R. Maharani, dan F. Zaharani, "Implementasi Algoritma CNN dalam Pengembangan Website untuk Klasifikasi Sampah Organik dan Non-Organik," Jurnal Manajemen Informatika dan Sistem Informasi (MISI), vol. 8, no. 1, pp. 90-101, 2025. doi: 10.36595/misi.v8i1.1355.
- K. Khairunnisa, L. Judijanto, M. Muchtar, E. N. F. Dewi, N. A. Amri, Y. Yuniansyah, M. N. Sutoyo, dan N. N. L. Ersela Zain, Image Processing. PT Green Pustaka Indonesia.
- M. Abadi, P. Barham, J. Chen, Z. Chen, A. Davis, J. Dean, et al., "TensorFlow: A System for Large-Scale Machine Learning," dalam Proceedings of the 12th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI 16), pp. 265-283, 2016.
- F. Chollet, Keras: The Python Deep Learning Library, 2015. Tersedia pada: <https://keras.io>
- R. Munir, Materi 24: Convolutional Neural Network (CNN), Program Studi Teknik Informatika, Institut Teknologi Bandung, 2022.
- J. Lederer, "Activation Functions in Artificial Neural Networks: A Systematic Overview," 2021.
- L. Zhao dan Z. Zhang, "A Improved Pooling Method for Convolutional Neural Networks," Scientific Reports, vol. 14, no. 1, 1589, 2024. doi: 10.1038/s41598-024-51258-6.
- J. Brownlee, "How to Choose an Activation Function for Deep Learning," Machine Learning Mastery, pp. 1-26, 2021. Tersedia pada: <https://machinelearningmastery.com/choose-an-activation-function-for-deep-learning/>