



Penerapan Convolutional Neural Network (CNN) untuk Klasifikasi Sampah dan Optimalisasi Sistem Penukaran Sampah

Kartika Nur Anggraeni
Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Ponorogo
Email: kartika12jaya@gmail.com

Article Info

Article history:

Received May 25, 2024
Revised May 29, 2024
Accepted June 12, 2024

Keywords:

Convolutional Neural Network; Classification of waste; Waste exchange system; Waste management

ABSTRACT

This study suggests the use of Convolutional Neural Network (CNN) to optimize the waste exchange system and classify waste. People can exchange waste for various needs, such as basic necessities, fuel, or money, thanks to this system. A type of artificial neural network known as CNN successfully recognizes image patterns with a dataset of junk images categorized into paper, plastic, and organic. The results show that the model can classify waste with 99% accuracy. This CNN-optimized waste exchange system has many advantages. These include more accurate waste classification, more efficient systems, lower costs, and greater community participation in waste management.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Article Info

Article history:

Received May 25, 2024
Revised May 29, 2024
Accepted June 12, 2024

Keywords:

Convolutional Neural Network; Klasifikasi sampah; Sistem penukaran sampah; Pengelolaan sampah

ABSTRACT

Penelitian ini menyarankan penggunaan Convolutional Neural Network (CNN) untuk mengoptimalkan sistem penukaran sampah dan mengklasifikasikan sampah. Masyarakat dapat menukar sampah dengan berbagai kebutuhan, seperti sembako, bahan bakar, atau uang, berkat sistem ini. Jenis jaringan saraf tiruan yang dikenal sebagai CNN berhasil mengenali pola gambar dengan dataset gambar sampah yang dikategorikan menjadi kertas, plastik, dan organik. Hasil menunjukkan bahwa model dapat mengklasifikasikan sampah dengan akurasi 99%. Sistem penukaran sampah yang dioptimalkan dengan CNN ini memiliki banyak keuntungan. Ini termasuk klasifikasi sampah yang lebih akurat, sistem yang lebih efisien, biaya yang lebih rendah, dan partisipasi masyarakat yang lebih besar dalam pengelolaan sampah.

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.



Corresponding Author:

Nama penulis: Kartika Nur Anggraeni
Universitas Muhammadiyah Ponorogo
Email : kartika12jaya@gmail.com



Pendahuluan

Ponorogo, sebuah kabupaten di Jawa Timur, terkenal sebagai Kota Reog dan memiliki populasi yang terus meningkat (Erlyka Setyaningsih, Premi Wahyu Widyaningrum, 2019). Peningkatan populasi ini membawa dampak berupa permasalahan penumpukan sampah. Sampah, produk sampingan dari berbagai aktivitas manusia, memiliki dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan Masyarakat. Pengelolaan sampah di Ponorogo, termasuk di TPA Mrican, masih belum efektif dan efisien. Hal ini diperparah dengan keterbatasan fasilitas pembuangan sampah, rendahnya partisipasi masyarakat, dan konsumsi yang meningkat tidak sebanding dengan ketersediaan TPA (Rahayuningtyas et al., 2022).

Salah satu solusi dalam mengatasi permasalahan sampah ini dengan menerapkan sistem pengelolaan sampah yang inovatif, seperti sistem penukaran sampah. Sistem ini memungkinkan masyarakat untuk menukarkan sampahnya dengan berbagai kebutuhan, seperti sembako, bahan bakar, atau uang (Sahibu & Taufik, 2024).

Namun, salah satu tantangan dalam menerapkan sistem penukaran sampah adalah proses pemilahan sampah. Pemilahan sampah secara manual seringkali memakan waktu, tenaga, dan biaya yang besar, serta rentan terhadap human error (Ibnul Rasidi et al., 2022b). Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem yang dapat memilah sampah secara otomatis dengan tingkat akurasi yang tinggi. Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk memilah sampah secara otomatis adalah Convolutional Neural Network (CNN). CNN adalah jenis jaringan saraf tiruan yang sangat efektif dalam mengenali pola pada gambar.

Penelitian terdahulu oleh (Fahmi & Yudhana, 2023) berjudul "Pemilahan Sampah Menggunakan Model Klasifikasi Support Vector Machine Gabungan dengan Convolutional Neural Network" telah menunjukkan keberhasilan dalam mengklasifikasikan sampah menggunakan kombinasi Support Vector Machine (SVM) dan Convolutional Neural Network (CNN). Sistem yang mereka kembangkan mencapai akurasi klasifikasi sebesar 96,16% dan loss 7,25% untuk semua kategori sampah yang diuji.

Penelitian (Kartiko et al., 2022) berjudul "Klasifikasi Sampah di Saluran Air Menggunakan Algoritma CNN" menunjukkan bahwa Convolutional Neural Network (CNN) mampu mengklasifikasikan jenis sampah dengan baik. Model CNN yang mereka kembangkan mencapai akurasi 92% pada proses training dan 79% pada proses testing.

Dalam penelitian ini, peneliti melakukan penelitian dengan Penerapan CNN dalam sistem penukaran sampah dapat memberikan beberapa manfaat, seperti meningkatkan akurasi pemilahan sampah, meningkatkan efisiensi sistem, dan mengurangi biaya (Ibnul Rasidi et al., 2022a).

Tinjauan Pustaka

a. Klasifikasi Sampah Otomatis

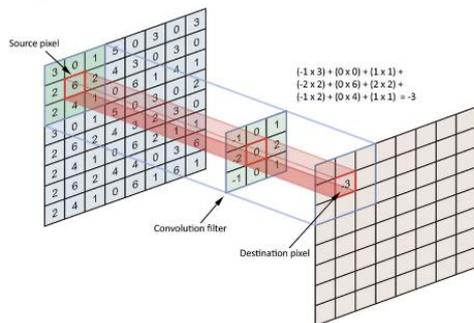
Pengolahan sampah yang efektif dan efisien dapat menjadi isu krusial di berbagai daerah, terutama di wilayah perkotaan dengan volume sampah yang tinggi. Klasifikasi sampah otomatis hadir sebagai solusi potensial untuk meningkatkan pengelolaan sampah dengan cara memilah sampah secara akurat dan tepat. Sistem ini menawarkan beberapa

keunggulan dibandingkan metode klasifikasi sampah manual. Beberapa metode klasifikasi sampah otomatis yang umum digunakan antara lain :

- a. Pencocokan Pola : metode ini menggunakan pola gambar sampah untuk mengklasifikasinya. Pola gambar dapat diekstrak menggunakan berbagai metode, seperti deteksi tepi, segmentasi gambar, dan ekstraksi fitur (Octariadi, 2020).
- b. Pembelajaran Mesin (Machine Learning) : metode ini menggunakan algoritma pembelajaran mesin untuk mengklasifikasi gambar sampah. Pada algoritma pembelajaran mesin dilatih dengan kumpulan data gambar yang diberi label (Hendri et al., 2021).

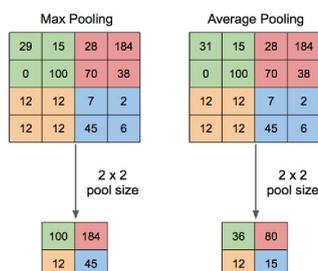
b. Convolutional Neural Network (CNN).

Convolutional Neural Network (CNN) merupakan pengembangan jaringan saraf tiruan yang dirancang khusus untuk pengolahan gambar, dengan arsitektur yang terdiri dari lapisan-lapisan convolutional, pooling, dan fully connected (Alden & Sari, 2023). CNN terdiri dari beberapa lapisan, di mana setiap lapisan memiliki fungsi yang berbeda. Lapisan pertama dari CNN adalah lapisan konvolusi, yang berfungsi untuk mengekstrak fitur dari gambar.



Gambar 1. Lapisan Konvolusi

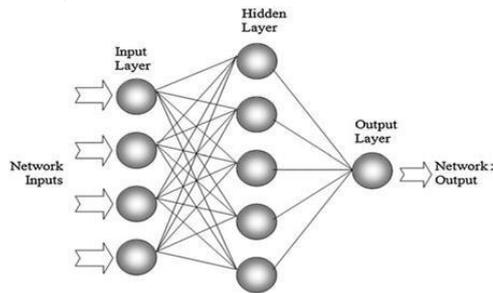
Lapisan pooling mengurangi ukuran fitur. Dua jenis lapisan pooling adalah maksimum dan rata-rata. Dalam contoh ini, kernel dengan ukuran $n \times n$ (2×2) dipindahkan melintasi matriks. Untuk pemotongan maksimum, kernel dengan ukuran $n \times n$ (2×2) dapat dipindahkan melintasi matriks, dan nilai maksimal diambil dan dimasukkan ke dalam posisi matriks keluaran yang sesuai. Dalam kasus pemotongan rata-rata, kernel dengan ukuran $n \times n$ (2×2) dapat dipindahkan melintasi matriks, dan nilai rata-rata diambil dan dimasukkan ke dalam posisi



Gambar 2. Average Pooling dan Max Pooling

Lapisan terhubung sepenuhnya (CNN) adalah lapisan terakhir yang digunakan untuk mengkategorikan gambar ke dalam kategori tertentu. Lapisan terhubung sepenuhnya berbeda dari lapisan convolutional biasa karena neuron pada lapisan convolutional tidak terhubung hanya untuk area input tertentu, sedangkan lapisan

terhubung sepenuhnya memiliki neuron yang terhubung sepenuhnya. (Muhamad Hafiez et al., 2022).



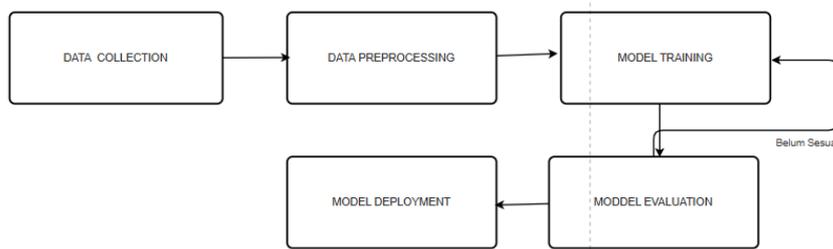
Gambar 3. Fully Connection

CNN memiliki proses kerja yang sama dengan ANN yang dimana menggunakan sistem kerja selotak manusia, namun pada CNN setiap neuronnya dipresentasikan dalam bentuk 2 dimensi, CNN dipilih karna prosesnya yang lebih sederhana. (Ibnul Rasidi et al., 2022c).

Metodologi

a. Kerangka Kerja Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan secara bertahap dan berurutan, dengan setiap tahap saling terkait dan memengaruhi satu sama lain untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Alur penelitian ini tersusun dari beberapa langkah yang dijalankan secara berurutan, di mana setiap langkah memiliki hubungan yang erat dengan langkah sebelumnya dan selanjutnya. Gambaran detail mengenai tahapan-tahapan ini dapat dilihat pada Gambar 4 yang terlampir.



Gambar 4. Tahapan Penelitian

b. Data Collection

Dalam tahap Penelitian ini menggunakan dataset gambar yang terdiri dari 3 jenis kelas sampah dengan total 312 gambar. Dataset ini diambil dari Kaggle dan akan digunakan untuk melatih serta menguji model klasifikasi sampah. Langkah awal dalam penelitian ini adalah mengumpulkan data, yang mencakup pengumpulan dan pemrosesan awal data pelatihan.

Selanjutnya, dibangun arsitektur jaringan saraf tiruan (CNN) dan dioptimalkan parameter-modelnya untuk mencapai akurasi tertinggi dalam mengklasifikasikan sampah. Setelah CNN terlatih, langkah berikutnya adalah pengujian. Data uji diproses dengan cara yang serupa seperti data pelatihan, dan CNN dievaluasi dengan menggunakan parameter optimal yang didapatkan dari proses pelatihan untuk mengevaluasi hasil klasifikasi.



c. Data Preprocessing

Langkah pertama sebelum memulai proses klasifikasi adalah melakukan pra-pemrosesan data. Pada tahap ini, dilakukan penyesuaian ukuran citra agar simetris dan pemberian label pada data. Semakin besar ukuran citra, semakin rumit prosesnya, namun ukuran gambar yang lebih besar juga berdampak signifikan pada akurasi hasil klasifikasi. Dalam penelitian ini, gambar-gambar dengan ukuran 150x150 piksel digunakan untuk mengevaluasi kemampuan dalam mengidentifikasi konten gambar tersebut.

d. Model Training

berikutnya adalah proses pelatihan model menggunakan data yang telah diproses sebelumnya. Dalam penelitian ini, digunakan enam model yang berbeda, terdiri dari tiga model CNN dengan variasi rasio split data (60:40, 70:30, dan 80:20) untuk pembagian data pelatihan dan validasi.

e. Model Evaluation

proses pelatihan model selesai, penting untuk melakukan evaluasi guna menilai kinerja model yang telah dibuat. Evaluasi dilakukan menggunakan data yang tidak digunakan dalam proses pelatihan, yang biasa disebut sebagai data uji. Metode evaluasi ini melibatkan penghitungan berbagai metrik seperti akurasi, presisi, skor F1, dan recall untuk mengevaluasi seberapa baik model dapat mengklasifikasikan data dengan benar.

f. Model Deployment

Setelah model dinilai dan mencapai kinerja optimal, selanjutnya model dapat diimplementasikan untuk digunakan dalam website Klasifikasi Sampah dan Optimalisasi Sistem Pertukaran Sampah.

Hasil dan Pembahasan

Tahap implementasi dilakukan implementasi system yaitu model yang telah dibentuk pada python kemudian di deploy kedalam bentuk website dimana ketika ada citra gambar baru maka akan dilakukan classification image yang baru sehingga menampilkan hasil akurasi dari citra gambar sampah. Berikut ini merupakan uraian dari website Klasifikasi Sampah dan Optimalisasi Sistem Pertukaran Sampah.

a. Hasil Pelatihan model CNN

Selama pengujian model CNN pada dataset validasi yang belum pernah dilihat sebelumnya selama proses pelatihan atau validasi, akurasi prediksi mencapai 99%. Hasil ini menunjukkan bahwa model berkinerja baik dan mampu menggeneralisasi data baru dengan baik, menunjukkan kemampuannya dalam memprediksi hasil dengan tepat.

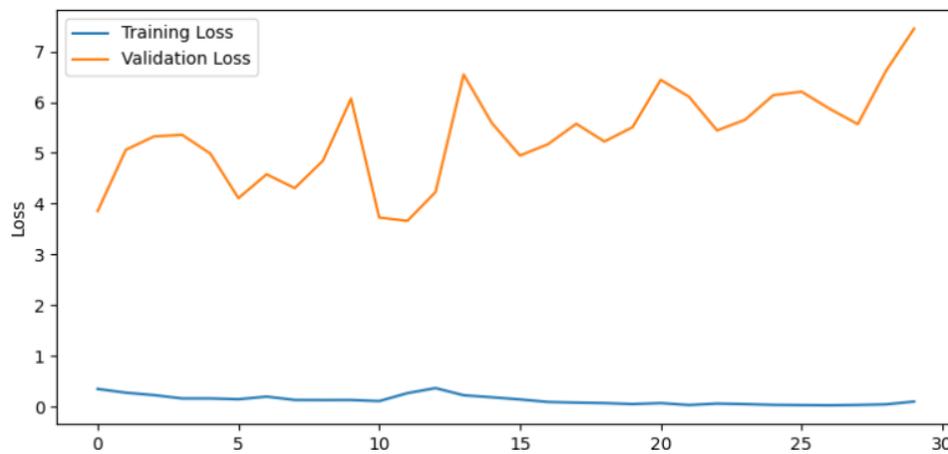


```

8/8 [=====] - 15s 2s/step - loss: 0.0282 - accuracy: 0.9917 - val_loss: 6.2080 - val_accuracy: 0.7000
Epoch 27/30
8/8 [=====] - 15s 2s/step - loss: 0.0241 - accuracy: 0.9958 - val_loss: 5.8695 - val_accuracy: 0.6667
Epoch 28/30
8/8 [=====] - 15s 2s/step - loss: 0.0310 - accuracy: 0.9917 - val_loss: 5.5674 - val_accuracy: 0.7667
Epoch 29/30
8/8 [=====] - 15s 2s/step - loss: 0.0431 - accuracy: 0.9875 - val_loss: 6.6148 - val_accuracy: 0.6667
Epoch 30/30
8/8 [=====] - 15s 2s/step - loss: 0.0978 - accuracy: 0.9667 - val_loss: 7.4498 - val_accuracy: 0.7000
    
```

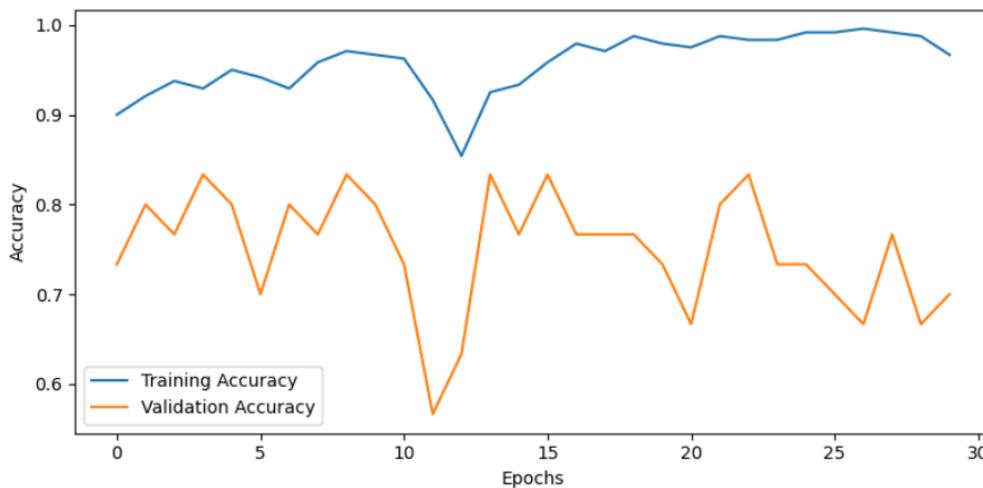
Gambar 5. Hasil pelatihan model CNN

Gambar tersebut menunjukkan hasil akhir dari pelatihan model pembelajaran mesin untuk tugas klasifikasi, menggunakan dataset gambar wajah dan teks emoji. Bagian pertama menampilkan metrik pelatihan selama 30 epoch, termasuk Loss dan Accuracy untuk data pelatihan, serta Val_loss dan Val_accuracy untuk dataset validasi. Bagian kedua menunjukkan metrik evaluasi akhir model pada dataset validasi, mencakup Accuracy dan Val_loss.



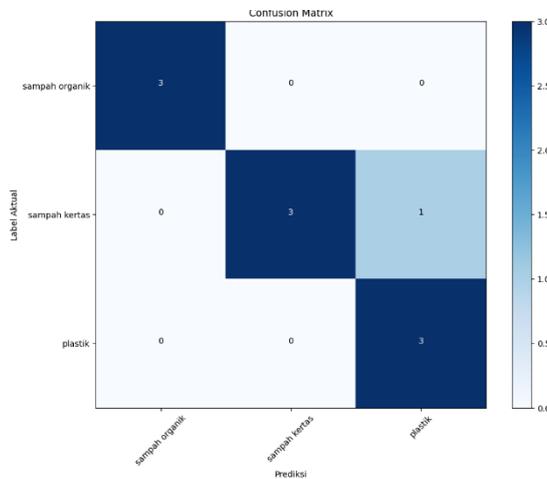
Gambar 7. Grafik Training Validation Loss

Hasil validasi uji coba pertama ditunjukkan pada Gambar 7. Hasil menunjukkan grafik kehilangan dari model Convolution Neural Network (CNN) yang dibuat dengan tingkat kehilangan 0,09% pada data pelatihan dan 0,74% pada data pengujian.



Gambar 8. Grafik Training Validation Accuracy

Gambar 8 menunjukkan akurasi pelatihan dan validasi. Dari hasil uji coba pertama, tren biru menunjukkan akurasi pelatihan sebesar 96% hasilakurasi, sementara grafik dari model CNN yang dibuat menunjukkan akurasi pada data pelatihan sebesar 0,96% dan akurasi pada data pengujian sebesar 0,7%.



Gambar 9. Tabel *confusion matrix*

Classification Report:

	precision	recall	f1-score	support
sampah organik	1.00	1.00	1.00	3
sampah kertas	1.00	0.75	0.86	4
plastik	0.75	1.00	0.86	3
accuracy			0.90	10
macro avg	0.92	0.92	0.90	10
weighted avg	0.93	0.90	0.90	10

Gambar 10. Hasil *Classification Report*

Tabel confusion matrix menunjukkan hasil klasifikasi daun tanaman herbal dengan model CNN. Terdapat 3 kelas jenis sampah, yaitu sampah organik, sampah plastik, dan sampah kertas. Model CNN mengklasifikasikan sampah dengan baik, dengan rata-rata akurasi 90%.

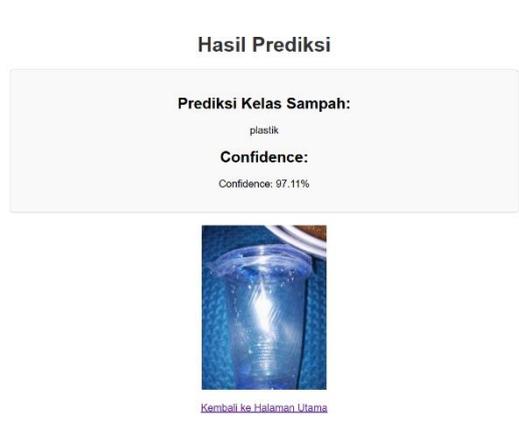
b. Hasil Pengujian Sistem

Hasil Pengujian Sistem mengacu pada output atau hasil dari proses pengembangan sistem komputer atau aplikasi. Proses ini melibatkan serangkaian langkah-langkah yang dirancang untuk merancang, mengembangkan, dan mengimplementasikan sistem informasi atau perangkat lunak. Hasil pengujian sistem mencakup berbagai elemen yang mencerminkan keberhasilan dan kualitas dari suatu proyek pengembangan. Ini adalah proses di mana gambar sampah diinput untuk menguji data baru. Dengan memasukkan gambar tersebut, dilakukan klasifikasi menggunakan algoritma CNN yang menghasilkan output berupa identifikasi apakah sampah tersebut organik, sampah kertas atau sampah plastik.



Gambar 11. Menu input website

Pada gambar 11, antarmuka utama dari situs web ini menampilkan sebuah platform yang didesain untuk melakukan klasifikasi sampah. Pengguna diberi opsi untuk memasukkan atau mengunggah gambar sampah, yang bisa berasal dari dataset internal situs web atau dapat diunduh dari Google. Opsi ini memberikan fleksibilitas kepada pengguna untuk memilih sumber gambar mereka, entah itu dari dataset yang telah tersedia atau dari internet melalui Google. Proses penggunaan layanan ini dimulai dengan pengguna memasukkan atau mengunggah gambar sampah yang ingin mereka klasifikasikan. Gambar dapat diambil dari folder dataset yang disediakan oleh situs web, atau sebagai alternatif, pengguna dapat mengunduh gambar langsung dari Google. Setelah gambar dimasukkan atau diunggah, sistem akan mengambil alih untuk melakukan analisis prediktif terhadap jenis sampah berdasarkan gambar yang diberikan.



Gambar 12. Hasil prediksi sampah

Gambar di atas menampilkan hasil dari input gambar yang digunakan untuk mengklasifikasikan jenis sampah. Halaman ini dirancang khusus untuk memberikan pengguna informasi detail tentang klasifikasi jenis sampah berdasarkan gambar yang mereka masukkan.

5. Simpulan

Berdasarkan analisis klasifikasi sampah dan optimalisasi sistem penukaran sampah menggunakan metode CNN, kami dapat menyimpulkan hal-hal berikut ini. Pertama, pendekatan CNN terbukti efektif dalam mengklasifikasikan sampah organik,



plastik, dan kertas berdasarkan dataset yang digunakan. Kedua, penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dengan menyediakan solusi untuk pengelolaan sampah melalui identifikasi otomatis jenis sampah menggunakan pendekatan berbasis CNN. Ketiga, peningkatan jumlah data latih memiliki peran penting dalam meningkatkan kinerja model dengan memperluas pemahaman terhadap variasi yang lebih luas dalam dataset, mengurangi risiko overfitting, dan meningkatkan kemampuan model untuk menggeneralisasi pada data baru. Selain itu, hasil dari beberapa eksperimen menunjukkan bahwa model CNN dengan arsitektur Exception mencapai kinerja terbaik dengan akurasi mencapai 99%, yang menegaskan kehandalan metode ini dalam tugas klasifikasi sampah.

Daftar Referensi

- Alden, S., & Sari, B. N. (2023). Implementasi Algoritma CNN Untuk Pemilahan Jenis Sampah Berbasis Android Dengan Metode CRISP-DM. *Jurnal Informatika*, 10 (1), 62–71. <https://doi.org/10.31294/inf.v10i1.14985>
- Erlyka Setyaningsih, Premi Wahyu Widyaningrum, S. C. (2019). Peningkatan Nilai Ekonomis Sampah Dengan Metode Takakura, Desa Ngunut, Kecamatan Babadan, Kabupaten Ponorogo. *Jurnal of Social Dedication*, 3 (1), 27–32.
- Fahmi, M., & Yudhana, A. (2023). Pemilahan Sampah Menggunakan Model Klasifikasi Support Vector Machine Gabungan dengan Convolutional Neural Network. *Jurnal Riset Komputer*, 10 (1).
- Hendri, H., Hoki, L., Agusman, V., & Aryanto, D. (2021). Penerapan Machine Learning Untuk Mengategorikan Sampah Plastik Rumah Tangga. *Jurnal TIMES*, 10 (1), 1–5.
- Ibnul Rasidi, A., Pasaribu, Y. A. H., Ziqri, A., & Adhinata, F. D. (2022a). Klasifikasi sampah menggunakan Convolutional Neural Network. *Indonesian Journal of Data and Science*, 3 (2).
- Ibnul Rasidi, A., Pasaribu, Y. A. H., Ziqri, A., & Adhinata, F. D. (2022b). Klasifikasi Sampah Organik dan Non-Organik Menggunakan Convolutional Neural Network. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 8 (1). <https://doi.org/10.28932/jutisi.v8i1.4314>
- Ibnul Rasidi, A., Pasaribu, Y. A. H., Ziqri, A., & Adhinata, F. D. (2022c). Klasifikasi Sampah Organik dan Non-Organik Menggunakan Convolutional Neural Network. *Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi*, 8 (1), 72–81. <https://doi.org/10.28932/jutisi.v8i1.4314>
- Kartiko, Prima Yudha, A., Dimas Aryanto, N., & Arya Farabi, M. (2022). Klasifikasi Sampah di Saluran Air Menggunakan Algoritma CNN. *Indonesian Journal of Data and Science*, 3 (2). <https://doi.org/10.56705/ijodas.v3i2.33>
- Muhamad Hafiez, T., Iskandar, D., Wiranata S.K, A., & Fitri Boangmanalu, R. (2022). Optimasi Klasifikasi Gambar Varietas Jenis Tomat dengan Data Augmentation dan Convolutional Neural Network. *Smart Comp: Jurnalnya Orang Pintar Komputer*, 11 (2), 175–186. <https://doi.org/10.30591/smartcomp.v11i2.3524>



- Octariadi, B. C. (2020). Pengenalan Pola Tanda Tangan Menggunakan Metode Jaringan Syaraf Tiruan Backpropagation. *Jurnal Teknoinfo*, 14 (1), 15. <https://doi.org/10.33365/jti.v14i1.462>
- Rahayuningtyas, A., Nasution, R. D., Harsono, J., & Hilman, Y. A. (2022). Tata kelola lingkungan good environmental government melalui pemanfaatan sampah (studi kasus tpa mrican jenangan ponorogo). *Jurnal Sosial-Politika*, 3 (2). <https://doi.org/10.54144/jsp.v3i2.54>
- Sahibu, S., & Taufik, I. (2024). *Implementation of the Convolutional Neural Network Algorithm for Classifying Types of Organic and Non-Organic Waste Implementasi Algoritma Convolutional Neural Network untuk Klasifikasi Jenis Sampah Organik dan Non Organik*. 4 (July), 840–852.