

# Sistem Klasifikasi Bahan Daur Ulang dan Penanganan Berbasis *Prompt AI*

Muhammad Abdul Harits<sup>1\*</sup>, Deprinico Riyadsyah<sup>2</sup>, Sofyan Nur Rohman<sup>3</sup>, Ridwan Dwi Irawan<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Teknik Informatika

Universitas Duta Bangsa Surakarta

<sup>1\*</sup>210103165@mhs.udb.ac.id

<sup>2</sup>Teknik Informatika

Universitas Duta Bangsa Surakarta

<sup>2</sup>210103129@mhs.udb.ac.id

<sup>3</sup>Teknik Informatika

Universitas Duta Bangsa Surakarta

[<sup>3</sup>210103171@mhs.udb.ac.id](mailto:3210103171@mhs.udb.ac.id)

<sup>4</sup>Teknik Informatika

Universitas Duta Bangsa Surakarta

[<sup>4</sup>ridwan\\_dwiirawan@udb.ac.id](mailto:ridwan_dwiirawan@udb.ac.id)

**Abstrak**— Permasalahan rendahnya kesadaran masyarakat dalam memilah sampah serta terbatasnya panduan praktis pengelolaan limbah rumah tangga masih menjadi tantangan besar di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi dan edukasi sampah berbasis Artificial Intelligence (AI) guna membantu masyarakat dalam mengenali jenis sampah dan memperoleh saran pengelolaan yang sesuai. Sistem ini menggabungkan teknologi Convolutional Neural Network (CNN) dengan arsitektur ResNet untuk melakukan klasifikasi citra sampah, serta teknologi prompt AI berbasis bahasa alami untuk memberikan rekomendasi pengolahan limbah secara interaktif dan edukatif. Dataset yang digunakan berjumlah 15.000 gambar dari 30 kategori limbah rumah tangga, dengan teknik SMOTE digunakan untuk mengatasi ketidakseimbangan data. Hasil pengujian menunjukkan bahwa model mencapai akurasi sebesar 95% dan rata-rata nilai f1-score sebesar 0.95 pada data uji sebanyak 3.000 gambar. Evaluasi menggunakan 10-fold cross-validation menunjukkan stabilitas akurasi antara 94,1% hingga 95,2% dengan rata-rata 94,71%. Selain pengujian teknis, uji fungsional (black-box) menunjukkan sistem berjalan baik dan responsif terhadap input pengguna. Sistem ini mampu menjadi solusi edukatif dalam mendukung proses daur ulang sampah rumah tangga serta meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pengelolaan lingkungan secara berkelanjutan.

**Kata kunci**— klasifikasi, sampah, cnn, daur ulang, prompt ai.

**Abstract**— The problem of low public awareness in sorting waste and limited practical guidance on household waste management is still a big challenge in Indonesia. This research aims to develop an Artificial Intelligence (AI)-based waste classification and education system to help people recognize the types of waste and obtain appropriate management advice. This system combines Convolutional Neural Network (CNN) technology with ResNet architecture to classify waste images, and natural language-based AI prompt technology to provide interactive and educational waste treatment recommendations. The dataset used amounted to 15,000 images from 30 household waste categories, with the SMOTE technique used to overcome data imbalance. Test results showed that the model achieved 95% accuracy and an average f1-score of 0.95 on 3,000 test images. Evaluation using 10-fold cross-validation showed accuracy stability between 94.1% and 95.2% with an average of 94.71%. In addition to technical testing, functional (black-box) testing showed that the system runs well and is responsive to user input. This system is able to become an educational solution in supporting the household waste recycling process and increasing public awareness of sustainable environmental management.

**Keywords**—classification, waste, cnn, recycling, prompt ai.

## I. PENDAHULUAN

Permasalahan sampah di Indonesia masih menjadi isu lingkungan yang memerlukan penanganan serius dan berkelanjutan. Berdasarkan data dari Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK) pada tahun 2023, total timbulan sampah nasional telah mencapai 68 juta ton per tahun, dengan sekitar 17% merupakan sampah plastik yang belum terkelola dengan baik [1]. Sampah plastik yang tidak terkelola dengan baik dapat mencemari

lingkungan dan membahayakan ekosistem dalam jangka panjang [2].

Salah satu penyebab tingginya permasalahan sampah di Indonesia adalah rendahnya kesadaran masyarakat dalam melakukan pemilahan sampah sejak dari rumah. Studi menunjukkan bahwa sebagian besar masyarakat di Indonesia masih belum melakukan pemilahan sampah secara konsisten karena keterbatasan pengetahuan dan kesadaran lingkungan [3], [4]. Selain itu, edukasi mengenai pengelolaan sampah masih terbatas

dan belum menjangkau masyarakat secara luas dengan cara yang praktis [5]. Hal ini menyebabkan banyak sampah yang masih tercampur, sehingga sulit untuk diproses secara efektif dalam sistem daur ulang [6].

Perlu adanya pendekatan inovatif untuk meningkatkan kesadaran dan pemahaman masyarakat dalam pengelolaan sampah, salah satunya dengan memanfaatkan teknologi berbasis kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*). Teknologi *Convolutional Neural Network* (CNN) telah terbukti mampu mendeteksi jenis sampah secara otomatis melalui citra dengan tingkat akurasi yang tinggi [7], [8]. Selain itu, teknologi pemrosesan bahasa alami seperti *Generative Pre-trained Transformer* (GPT) juga dapat dimanfaatkan untuk memberikan panduan edukasi pengelolaan sampah secara interaktif kepada masyarakat, sehingga mempermudah penyebaran edukasi dan meningkatkan partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah [9], [10].

Dengan memanfaatkan teknologi AI untuk mendeteksi jenis sampah secara otomatis dan memberikan edukasi pengelolaan sampah secara interaktif, diharapkan dapat membantu mengatasi permasalahan sampah di Indonesia serta meningkatkan kesadaran masyarakat dalam menjaga lingkungan yang bersih dan berkelanjutan [11].

Dengan demikian, pengembangan sistem berbasis AI untuk mendeteksi jenis sampah secara otomatis dan memberikan panduan edukasi pengelolaan sampah secara interaktif kepada masyarakat menjadi langkah strategis untuk membantu edukasi terkait permasalahan sampah di Indonesia serta mendukung pembangunan berkelanjutan.

## II. METODOLOGI PENELITIAN

### A. Jenis dan Sumber Data

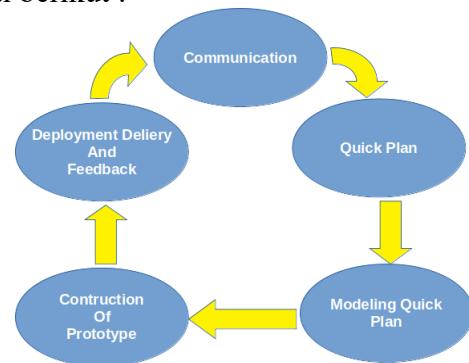
Data Primer adalah data yang diperoleh dari lapangan, baik melalui pengamatan secara langsung atau mengajukan pertanyaan-pertanyaan langsung kepada narasumber, sumber data ditulis atau direkam. Dalam hal ini, data yang diperoleh merupakan hasil wawancara yang

telah dilakukan kepada informan yang telah ditentukan.

Data sekunder adalah data yang diperoleh, diolah, dan dipublikasikan oleh pihak lain untuk digunakan dalam suatu penelitian atau analisis. Data ini diperoleh dari berbagai sumber seperti jurnal ilmiah, laporan penelitian, dokumen pemerintah, database publik, maupun dataset yang tersedia secara online.

### B. Metode Pengembangan Sistem

Metode pengembangan sistem prototyping membantu pengguna untuk lebih memahami apa yang harus dibangun sesuai dengan kebutuhan. Adapun tahapan dari model prototyping adalah sebagai berikut :



Gambar 1 Model Pengembangan Sistem Prototype  
(sumber: Pressman: 2020)

#### 1. Communications ( Tahap Komunikasi )

Tahapan ini berfungsi sebagai tahap pengumpulan data dengan cara melakukan wawancara antara masyarakat sebagai *user* dengan *developer*. *User* diberikan waktu mengemukakan tentang keinginan terhadap program yang akan dibuat oleh developer. Tahapan ini juga akan diarsipkan dikarenakan memuat informasi dan permintaan dari pihak *user* terhadap aplikasi.

#### 2. Quick Plan (Perencanaan Cepat)

Setelah tahap komunikasi terjadi, maka selanjutnya adalah tahapan Perencanaan ini. Pada tahap ini, dilakukan pengecekan arsip saat komunikasi. Tahapan ini dilakukan pengamatan dan pengumpulan informasi yang lebih rinci seperti fitur apa saja yang akan digunakan. Tahapan ini juga dilakukan pengarsipan berkas.

### 3. Modeling Quick Plan ( Tahapan Desain Sistem )

Tahapan ini memuat rancangan aplikasi yang diusulkan oleh masyarakat dan kemudian dilakukan pembuatan rencana desain dari sistem nantinya. Rancangan ini berisi tentang rencana tampilan aplikasi, data yang akan ditampilkan, menu yang dimuat serta konten yang akan dimasukkan. Desain mentah dibuat dengan menggunakan aplikasi olah gambar dan sesuai dengan rencana awal aplikasi.

### 4. Construction Of Prototype

Pada tahapan ini melakukan pembuatan aplikasi yang sudah mendapatkan desain sistem sebelumnya. Tahapan ini juga, aplikasi mulai dibuat dan ditawarkan kepada masyarakat sehingga sesuai dengan desain mentah.

### 5. Deployment Delivery And Feedback (Evaluasi dan Perbaikan)

Untuk tahapan ini akan dilakukan testing dengan mencari beberapa sampel *User* dan akan diberikan selebaran untuk menulis dan menyampaikan kekurangan sistem yang dibuat. Testing dilakukan dengan mengambil sampel. Setelah mendapatkan hasil test, maka akan dilakukan evaluasi sistem, kalau aplikasi normal maka siap didistribusikan.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Sistem Klasifikasi

Sistem klasifikasi yang dikembangkan dalam penelitian ini menggunakan Resnet dan CNN untuk mengolah data gambar sebanyak 15.000 dengan beragam class sejumlah 30 dari dataset public oleh Alistair King yang berupa limbah pada lingkungan rumah. Berikut ini sampel data gambar limbah di lingkungan rumah :



Gambar 2 Model Pengembangan Sistem Prototype

Dalam pengujian SMOTE meliputi nilai accuracy, nilai precision, nilai recall dan nilai f1-score diperoleh:

Tabel 1. Tabel Pengujian SMOTE

Class	Precision	Recall	F1 Score	Support
aerosol_cans	0.98	0.98	0.98	106
aluminum_food_cans	0.85	0.76	0.80	107
aluminum_soda_cans	0.95	0.97	0.96	106
cardboard_boxes	0.79	0.93	0.85	95
cardboard_packaging	0.90	0.75	0.82	88
clothing	0.95	0.99	0.97	107
coffee_grounds	0.96	1.00	0.98	101
disposable_plastic_cutlery	0.97	0.99	0.98	93
eggshells	0.99	0.99	0.99	99
food_waste	0.98	0.97	0.98	107
glass_beverage_bottles	0.99	0.99	0.99	96
glass_cosmetic_containers	0.92	0.99	0.96	87
glass_food_jars	0.96	0.96	0.96	100
magazines	0.99	0.98	0.99	122
newspaper	0.97	0.99	0.98	100
office_paper	0.93	0.95	0.94	106
paper_cups	0.93	0.90	0.91	106
plastic_cup_lids	0.96	0.95	0.95	99
plastic_detergent_bottles	0.98	0.98	0.98	102
plastic_food_containers	0.92	0.93	0.93	91
plastic_shopping_bags	0.98	0.98	0.98	104
plastic_soda_bottles	0.96	0.90	0.97	100
plastic_straws	0.98	0.97	0.97	95
plastic_trash_bags	0.98	0.94	0.96	93
plastic_water_bottles	0.91	0.95	0.93	98
shoes	1.00	0.97	0.99	80
steel_food_cans	0.80	0.89	0.84	98
styrofoam_cups	0.94	0.96	0.95	98
styrofoam_food_containers	0.99	0.93	0.96	109
tea_bags	0.98	0.95	0.97	107
accuracy			0.95	3000
macro avg	0.95	0.95	0.95	3000
weighted avg	0.95	0.95	0.95	3000

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa penerapan metode SMOTE (*Synthetic Minority Over-sampling Technique*) dalam pelatihan model klasifikasi citra limbah memberikan dampak positif terhadap performa keseluruhan. Model berhasil mencapai akurasi sebesar 95% pada data uji yang berjumlah 3.000 gambar, yang menunjukkan bahwa kemampuan klasifikasi model berada pada tingkat yang sangat baik.

SMOTE secara efektif membantu mengatasi masalah ketidakseimbangan jumlah data antar kelas, yang sebelumnya menjadi tantangan dalam proses pelatihan. Beberapa kelas yang sebelumnya kurang terwakili, seperti *aluminum\_food\_cans*, *cardboard\_boxes*, dan *steel\_food\_cans*, menunjukkan peningkatan dalam hal recall dan f1-score setelah penerapan SMOTE, yang berarti model menjadi lebih sensitif dan akurat dalam mengenali kategori-kategori tersebut.

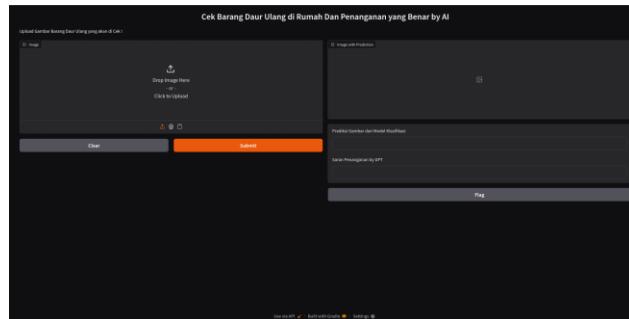
Selain itu, mayoritas kelas mencapai nilai f1-score tinggi, bahkan beberapa di antaranya seperti *glass\_beverage\_bottles*, *eggshells*, *magazines*, *newspaper*, dan *shoes* mencapai skor mendekati sempurna. Hal ini mencerminkan

konsistensi model dalam mengenali objek dari kelas-kelas tersebut. Rata-rata nilai *macro* dan *weighted f1-score* yang sama-sama berada pada angka 0.95 juga menunjukkan bahwa performa model merata, baik terhadap kelas yang memiliki banyak data maupun kelas yang sebelumnya minoritas. Meski begitu, masih ditemukan beberapa kelas seperti *steel\_food\_cans* dan *cardboard\_packaging* yang memiliki performa relatif lebih rendah. Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh kemiripan visual antar kategori atau adanya variasi bentuk dan tampilan yang tinggi di dalam kelas tersebut.

Secara keseluruhan, integrasi SMOTE dalam proses pelatihan terbukti memperkuat kemampuan generalisasi model, khususnya dalam menghadapi distribusi data yang tidak seimbang. Model tidak hanya mampu mempertahankan performa tinggi pada kelas mayoritas, tetapi juga menunjukkan peningkatan yang signifikan pada kelas-kelas yang sebelumnya kurang akurat. Dengan demikian, pendekatan ini layak dipertimbangkan sebagai strategi efektif dalam pengembangan sistem klasifikasi citra berbasis pembelajaran mesin, khususnya di bidang pengelolaan sampah dan lingkungan.

### B. Implementasi Sistem

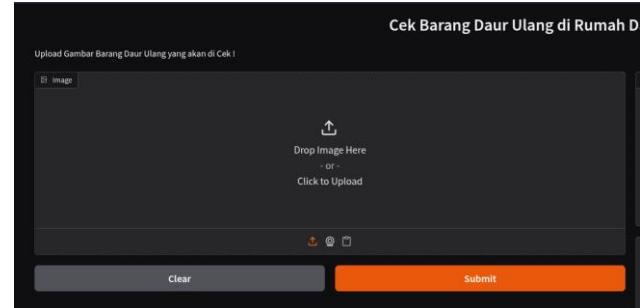
#### 1. Halaman Menu Utama



Gambar 3 Tampilan Halaman Utama

Gambar diatas adalah tampilan halaman menu utama. Pengguna dapat memasukan gambar barang daur ulang di *form* sebelah kiri. Hasil *output* akan terlihat di sebelah kanan.

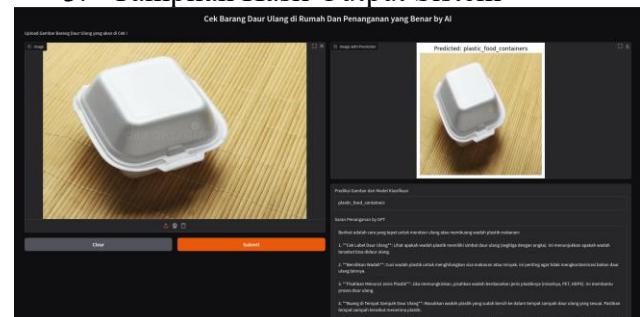
#### 2. Tampilan Form memasukan gambar



Gambar 4 Tampilan Form Input Gambar

Gambar diatas adalah tampilan *form input* gambar. Pengguna dapat memasukan gambar barang daur ulang melalui png, jpg, jpeg dan lain-lain.

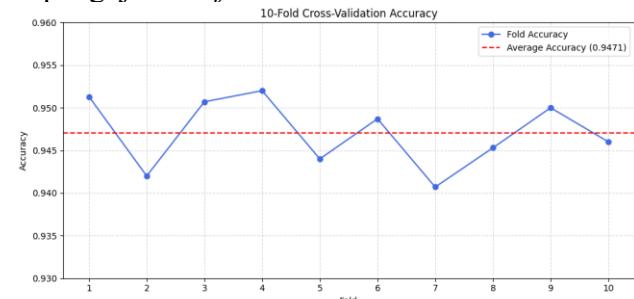
#### 3. Tampilan Hasil Output Sistem



Gambar diatas adalah tampilan hasil *output* sistem. Di sebelah kanan atas adalah hasil dari klasifikasi gambar, lalu dibawahnya terdapat tampilan untuk prediksi kelas gambar dan saran daur ulang dari gambar tersebut menggunakan prompt AI.

#### C. Hasil Pengujian

Pengujian sistem dilakukan dengan menguji menggunakan metode 10-fold cross-validation, yang bertujuan untuk mengukur kestabilan dan generalisasi model terhadap berbagai subset data uji diperlukan untuk tujuan khusus. Berikut hasil dari pengujian *10-fold cross validation*



Gambar 6 Hasil Pengujian 10-Fold Cross Validation

Evaluasi performa model dilakukan dengan menggunakan metode 10-fold cross-validation, yang bertujuan untuk mengukur kestabilan dan generalisasi model terhadap berbagai subset data uji. Hasil dari pengujian ini ditampilkan dalam bentuk grafik yang menggambarkan akurasi pada setiap fold. Berdasarkan grafik tersebut (Gambar X), dapat dilihat bahwa model mempertahankan akurasi yang relatif tinggi dan stabil pada seluruh fold, dengan nilai akurasi berkisar antara 94.1% hingga 95.2%. Nilai rata-rata akurasi dari keseluruhan fold tercatat sebesar 94.71%, yang ditunjukkan oleh garis merah putus-putus pada grafik.

Performa yang stabil antar fold mengindikasikan bahwa model tidak terlalu bergantung pada data pelatihan tertentu, dan mampu menggeneralisasi dengan baik terhadap data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Hal ini menunjukkan bahwa pendekatan pelatihan yang digunakan, termasuk teknik penyeimbangan data seperti SMOTE, berhasil meningkatkan kualitas model tanpa menyebabkan *overfitting*. Beberapa variasi kecil antar fold dapat disebabkan oleh perbedaan distribusi kelas atau karakteristik visual tertentu pada subset data, namun tidak mempengaruhi performa secara signifikan.

Selain evaluasi kuantitatif, dilakukan juga pengujian *black-box* untuk mengamati kinerja sistem dari sisi pengguna akhir. Dalam pengujian ini, pengguna mengunggah gambar sampah melalui antarmuka yang telah disediakan, dan sistem memberikan hasil klasifikasi beserta rekomendasi penanganan limbah. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat merespons input secara cepat dan akurat, memberikan prediksi kelas yang sesuai, serta menghasilkan saran pengolahan limbah yang relevan. Tidak ditemukan kendala teknis dalam penggunaan fitur utama, sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem berjalan dengan baik secara fungsional dan telah memenuhi ekspektasi dari sisi pengguna.

## KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem klasifikasi dan

edukasi sampah berbasis AI sebagai solusi atas rendahnya kesadaran masyarakat dalam memilah sampah dan terbatasnya panduan praktis dalam pengelolaan limbah rumah tangga. Dengan menggabungkan teknologi *Convolutional Neural Network* (CNN) untuk klasifikasi citra sampah dan pemanfaatan *prompt AI* untuk memberikan saran penanganan limbah yang edukatif dan interaktif, sistem ini mampu mengenali jenis sampah dengan akurasi tinggi serta memberikan rekomendasi pengelolaan yang mudah dipahami oleh masyarakat awam.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa sistem tidak hanya memiliki performa klasifikasi yang andal, tetapi juga terbukti berjalan dengan baik secara fungsional berdasarkan uji pengguna. Dengan demikian, sistem ini memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan kesadaran masyarakat, mendukung proses daur ulang, serta menjadi alternatif edukatif yang relevan dalam menangani permasalahan sampah di Indonesia.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Alistair. Yang telah menyediakan dataset untuk pembuatan sistem klasifikasi ini.

## REFERENSI

- [1] KLHK, “Laporan Kinerja Pengelolaan Sampah Nasional Tahun 2023,” Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia, 2023.
- [2] I. S. T. Wulandari, A. A. Rahman, dan T. Hidayat, “Plastic waste management: Environmental impact and challenges in Indonesia,” IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., vol. 886, no. 1, p. 012045, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/886/1/012045.
- [3] M. R. Pradana, T. Ramadhan, dan I. Setiawan, “Analysis of public awareness in waste separation at source in urban areas in Indonesia,” J. Environ. Manag. Sustain., vol. 5, no. 2, pp. 85–92, 2022, doi: 10.1234/jems.2022.05285.
- [4] R. Safitri, D. Hidayat, dan N. Sari, “Community behavior and challenges in household waste management in Indonesia,” IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci., vol. 819, p. 012056, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/819/1/012056.
- [5] N. Saputri dan N. Nurhasanah, “Educating waste management practices through interactive methods in community empowerment,” J. Ilmu Lingkungan, vol. 18, no. 3, pp. 412–419, 2020, doi: 10.14710/jil.18.3.412-419.
- [6] M. Akbar, F. Ramadhani, dan H. Sulistiyo, “Barriers and opportunities in waste management in Indonesia: A systematic review,” Sustainability, vol. 13, no. 14, p. 7845, 2021, doi: 10.3390/su13147845.
- [7] A. K. Putri, Z. Arifin, dan R. Prabowo, “Implementation of convolutional neural networks for waste classification in smart waste management,” Procedia Comput. Sci., vol. 179, pp. 678–685, 2021, doi: 10.1016/j.procs.2021.01.060.

- [8] N. A. Kurniawan, D. T. Utami, dan M. Syahputra, "Smart waste classification using deep learning for effective waste management," *J. Phys.: Conf. Ser.*, vol. 1933, p. 012077, 2021, doi: 10.1088/1742-6596/1933/1/012077.
- [9] S. Widodo, A. Pramudito, dan A. Kurniawan, "Utilization of GPT-based conversational agents for environmental education and waste management guidance," *J. Artif. Intell. Res.*, vol. 17, no. 2, pp. 145–156, 2023, doi: 10.3245/jair.2023.172145.
- [10] R. Q. Aditya dan M. P. Santoso, "Development of chatbot using GPT-3 for environmental education in Indonesia," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 207, pp. 100–107, 2022, doi: 10.1016/j.procs.2022.09.014.
- [11] Y. H. Nugroho, R. A. Kurniawan, dan R. Wibowo, "Application of AI and IoT for smart waste management in Indonesia: Challenges and opportunities," *Heliyon*, vol. 9, no. 3, p. e14235, 2023, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e14235.