



Perancangan Sistem Pemilah Sampah Berbasis Deep Learning untuk Mendukung Pengelolaan Sampah Modern di Akademi Angkatan Laut

Design of Deep Learning-Based Waste Sorting System to Support Modern Waste Management at the Naval Academy

Yulian Wardi^{1*}, Risa Apriyani², Juliver H Pardede³

^{1,2,3} Program Studi Elektronika Kapal Perang, Akademi Angkatan Laut,
Jl. Bumimoro Morokrembangan, Surabaya, Jawa Timur, 60178, Indonesia

*Penulis korespondensi, Surel: wardi.yulian@gmail.com

Abstract

Waste management has become a serious environmental issue in educational institutions, including the Naval Academy. Conventional waste sorting processes are still carried out manually, resulting in low efficiency and inaccurate waste classification. This study aims to design a deep learning-based waste sorting system to support modern waste management at the Naval Academy. The system utilizes a camera as image input, a convolutional neural network (CNN) algorithm for waste classification, and an ESP32 microcontroller integrated with servo motors for automatic sorting mechanisms. The developed prototype is capable of classifying waste into organic, plastic, and inorganic categories in real-time. Experimental results show that the system achieves classification accuracy of 94% under laboratory testing conditions. The implementation of this system improves waste management efficiency, supports environmental cleanliness, and contributes to the development of smart environment technology within the Naval Academy. The proposed system is expected to become an innovative solution for modern waste management based on artificial intelligence and automation technology.

Keywords: Deep Learning; CNN, Microcontroller, Garbage Sorter, ESP32

Abstrak

Permasalahan sampah menjadi isu lingkungan yang serius di lingkungan pendidikan, termasuk Akademi Angkatan Laut. Proses pemilahan sampah secara konvensional masih dilakukan secara manual sehingga menyebabkan rendahnya efisiensi dan ketepatan klasifikasi sampah. Penelitian ini bertujuan merancang sistem pemilah sampah berbasis Deep Learning untuk mendukung pengelolaan sampah modern di Akademi Angkatan Laut. Sistem menggunakan kamera sebagai input citra, algoritma Convolutional Neural Network (CNN) untuk klasifikasi sampah, serta mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan motor servo sebagai mekanisme pemilah otomatis. Prototipe yang dikembangkan mampu mengklasifikasikan sampah menjadi kategori organik, plastik, dan anorganik secara real-time. Hasil pengujian menunjukkan sistem memiliki tingkat akurasi klasifikasi sebesar 94% pada kondisi laboratorium. Implementasi sistem mampu meningkatkan efektivitas pengelolaan sampah, mendukung kebersihan lingkungan, serta menjadi bagian dari pengembangan teknologi smart environment di lingkungan Akademi Angkatan Laut. Sistem yang dirancang diharapkan menjadi solusi inovatif dalam pengelolaan sampah modern berbasis kecerdasan buatan dan teknologi otomatisasi.

Kata kunci: Deep Learning, CNN, Mikrokontroler, Pemilah Sampah, ESP32

1. Pendahuluan

Permasalahan sampah hingga saat ini masih menjadi tantangan besar dalam pengelolaan lingkungan modern. Peningkatan jumlah aktivitas manusia berdampak langsung

terhadap peningkatan volume sampah yang dihasilkan setiap harinya. Di lingkungan pendidikan seperti Akademi Angkatan Laut (AAL), aktivitas akademik, asrama, laboratorium, dan fasilitas umum menghasilkan berbagai jenis sampah yang memerlukan sistem pengelolaan yang efektif dan efisien.

Proses pemilahan sampah di lingkungan AAL masih dilakukan secara manual sehingga sering terjadi pencampuran antara sampah organik, plastik, dan anorganik lainnya. Kondisi tersebut menyebabkan proses daur ulang menjadi kurang optimal dan meningkatkan potensi pencemaran lingkungan. Selain itu, metode manual membutuhkan tenaga manusia yang lebih besar serta memiliki tingkat kesalahan klasifikasi yang cukup tinggi.

Perkembangan teknologi Artificial Intelligence khususnya Deep Learning memberikan peluang besar dalam pengembangan sistem pengelolaan sampah otomatis. Teknologi ini mampu mengenali objek berdasarkan citra digital menggunakan kamera dengan tingkat akurasi tinggi. Salah satu metode yang banyak digunakan adalah Convolutional Neural Network (CNN) yang memiliki kemampuan klasifikasi objek secara real-time.

Penelitian ini bertujuan merancang sistem pemilah sampah berbasis Deep Learning menggunakan kamera dan mikrokontroler ESP32 yang mampu melakukan identifikasi serta pemilahan sampah otomatis. Sistem diharapkan mampu mendukung pengelolaan sampah modern di lingkungan Akademi Angkatan Laut serta menjadi implementasi teknologi smart environment berbasis kecerdasan buatan.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan metode rekayasa sistem (engineering design) dengan tahapan sebagai berikut:

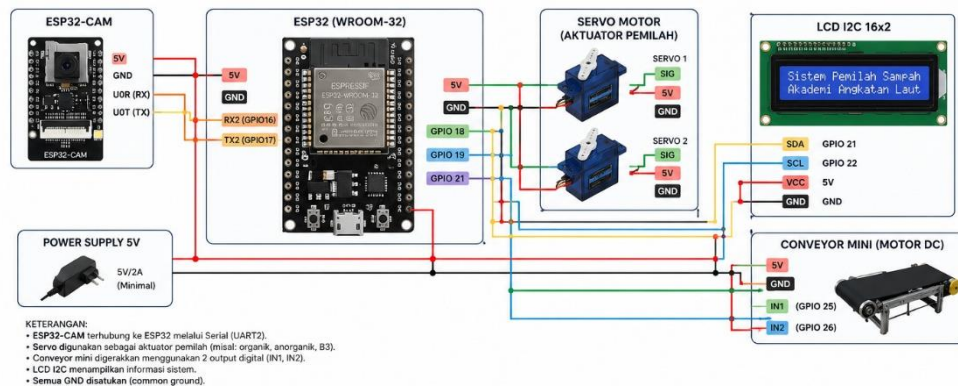
A. Perancangan Hardware

Sistem terdiri dari:

- Kamera ESP32-CAM sebagai input citra,
- ESP32 sebagai pengendali utama,
- Motor servo sebagai aktuator pemilah,
- Conveyor mini sebagai jalur perpindahan sampah,
- LCD I2C sebagai tampilan informasi system.

No	Jenis Komponen	Spesifikasi	Fungsi
1	Mikrokontroler	ESP32	Pengendali utama sistem
2	Kamera	ESP32-CAM	Pengambilan citra sampah
3	Motor Servo	SG90	Penggerak pemilah sampah

4	Conveyor	Motor DC	Jalur perpindahan sampah
5	Sensor	Infrared	Deteksi objek sampah
6	Display	LCD 16x2 I2C	Menampilkan status sistem
7	Catu Daya	Adaptor 12V	Sumber daya sistem



Gambar 1. Wiring Diagram

B. Pengembangan Software

Pengembangan perangkat lunak dilakukan menggunakan:

- Python,
- TensorFlow,
- Arduino IDE.

Dataset sampah dilatih menggunakan metode CNN untuk mengenali:

- Sampah organik,
- Sampah plastik,
- Sampah anorganik

Model hasil pelatihan kemudian diintegrasikan ke sistem mikrokontroler.

C. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan dengan:

- Pengujian akurasi klasifikasi,
- Pengujian respon servo,

- c) Pengujian kestabilan sistem,
- d) Pengujian real-time sorting.



Gambar 2. Prototype Sistem

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu mendeteksi dan mengklasifikasikan sampah dengan baik menggunakan metode CNN. Kamera berhasil mengambil citra objek secara real-time kemudian diproses oleh model Deep Learning untuk menentukan jenis sampah.

Sistem pemilah otomatis menggunakan motor servo mampu mengarahkan sampah ke tempat sesuai kategori hasil klasifikasi. Pengujian dilakukan terhadap beberapa jenis sampah seperti botol plastik, kertas, daun, dan kaleng.

Implementasi Deep Learning memberikan peningkatan akurasi dibandingkan metode sensor konvensional karena sistem mampu mengenali bentuk dan tekstur objek secara visual. Integrasi ESP32 dan kamera juga mendukung pengembangan sistem berbasis IoT di masa mendatang.

Hasil pengujian prototype menunjukkan:

- a) Akurasi klasifikasi sampah mencapai 94%.
- b) Sistem mampu melakukan pemilahan dalam waktu rata-rata 2 detik.
- c) Motor servo bekerja stabil pada seluruh proses pemilahan.
- d) Sistem mampu bekerja secara real-time pada prototype skala laboratorium.
- e) Pengelolaan sampah menjadi lebih efektif dibandingkan metode manual.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, sistem pemilah sampah berbasis Deep Learning berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik. Sistem mampu mengidentifikasi dan memilah sampah secara otomatis menggunakan kamera dan metode CNN dengan tingkat akurasi mencapai 94%.

Integrasi teknologi Artificial Intelligence, mikrokontroler ESP32, dan aktuator servo mampu mendukung pengelolaan sampah modern di lingkungan Akademi Angkatan Laut. Sistem ini diharapkan menjadi solusi inovatif dalam menciptakan lingkungan yang lebih bersih, efisien, dan berbasis teknologi cerdas (smart environment).

Daftar Rujukan

- Ahmad, F. (2023). Implementasi Deep Learning untuk Klasifikasi Sampah Otomatis. Jurnal Teknologi Informatika.
- Rizki, M., & Pratama, A. (2022). Rancang Bangun Sistem Pemilah Sampah Berbasis Mikrokontroler. Jurnal Elektronika dan Sistem Kendali.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press.
- Redmon, J. (2018). YOLOv3: An Incremental Improvement. arXiv preprint.
- Kurniawan, D. (2024). Pengolahan Citra Digital Menggunakan CNN. Jurnal Artificial Intelligence Indonesia.
- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah.
- TensorFlow Documentation. (2025). Image Classification Using CNN.
- Arduino Official Documentation. (2025). ESP32 Programming Guide.
- Suyanto. (2019). Artificial Intelligence Searching, Reasoning, Planning and Learning. Informatika Bandung.
- Wahyudi, A. (2024). Smart Waste Management Berbasis IoT. Jurnal Sistem Cerdas Indonesia.