

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada tahun 2023 dari 365 kabupaten/kota di Indonesia terdapat tumpukan sampah tercatat lebih dari 38 juta ton per tahun. Namun, pengurangan sampah hanya mencapai 14% yaitu sekitar 5,2 juta ton per tahun. Sedangkan penanganan sampah berhasil mencapai 48% atau 18 juta ton per tahun. Total sampah yang terkelola sebesar 62% yaitu 24 juta ton per tahun, dan sampah yang belum terkelola masih 37% atau mendekati 15 juta ton per tahun (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah, 2024). Dibandingkan dengan negara maju seperti Jerman dan Jepang dalam pengelolaan sampah, Jerman dan Jepang telah lebih baik. Terlebih Jepang yang sudah bisa mengurangi sampah melalui konversi energi serta pemilahan secara ketat dan detail untuk membagi sampah ke dalam berbagai kategori (Mita Defitri, 2023).

Di Indonesia, pemilahan sampah masih menjadi tantangan besar, terutama karena campuran sampah organik dan anorganik di tempat pembuangan akhir (TPA) yang menyulitkan proses daur ulang. Kebiasaan masyarakat yang kurang terbiasa memilah sampah memperburuk situasi ini, sehingga diperlukan solusi untuk memudahkan pemilahan sejak dini. Teknologi identifikasi benda dapat menjadi salah satu solusi untuk membantu pemilahan sampah yang mendukung upaya daur ulang dan mengurangi dampak lingkungan dari tumpukan sampah di TPA.

Teknologi Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence) adalah salah satu cabang ilmu komputer yang berfokus pada pengembangan sistem atau mesin yang mampu melakukan tugas-tugas yang biasanya membutuhkan kecerdasan manusia. Artificial Intelligence memanfaatkan algoritma dan model komputasi untuk memproses informasi dan menghasilkan keputusan yang mendekati kemampuan manusia, termasuk dalam hal pembelajaran,

pengenalan pola, dan pemecahan masalah (Amazon Web Services, 2023). Salah satunya adalah Pengenalan Gambar (Image Recognition) Dengan salah satu modelnya yaitu Vision Transformer (ViT) yang memproses gambar dengan membaginya menjadi potongan-potongan kecil (patches) dan mengolahnya menggunakan arsitektur transformer. Dalam penelitian (Khatib Sulaiman et al., 2024). menunjukkan bahwa model ViT memiliki bobot lebih efektif dalam mendeteksi dibanding dengan model CNN dengan dataset yang besar.

Sebagai solusi untuk permasalahan pengelolaan sampah maka dapat dimanfaatkan teknologi Kecerdasan Buatan yang sudah semakin berkembang namun pemanfaatannya dalam bidang pengelolaan sampah masih kurang. Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk membuat prototipe identifikasi benda berbasis teknologi dengan model Vision Transformer (ViT) untuk pemilahan sampah ke dalam dua belas kategori utama: Battery, Biological, Brown-glass, Cardboard, Clothes, Green-glass, Metal, Paper, Plastic, Shoes, White-glass, dan Trash. Tujuan pemilahan ini adalah untuk memastikan bahwa setiap jenis sampah dapat diproses dengan cara yang tepat untuk didaur ulang, dan diproses lebih lanjut.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimana merancang system identifikasi benda yang dapat mengklasifikasikan 12 jenis benda menggunakan Vision Transformer untuk pemilahan sampah.

1.3 Tujuan

Mengembangkan dan menguji model klasifikasi gambar berbasis Vision Transformer (ViT) untuk mengidentifikasi jenis sampah ke dalam 12 kategori utama, sebagai tahap awal menuju sistem pemilah sampah otomatis.

1.4 Manfaat

Manfaat penelitian ini jika tujuan telah tercapai adalah:

1.4.1. Bagi Masyarakat

Penelitian ini dapat menjadi pijakan awal bagi pengembangan sistem pemilahan sampah otomatis yang dapat membantu meningkatkan efisiensi pengelolaan limbah dan mengurangi beban TPA.

1.4.2. Bagi Perguruan Tinggi

Penelitian ini memperkaya literatur dan praktik di bidang computer vision dan kecerdasan buatan, serta membuka peluang untuk riset lanjutan yang lebih aplikatif dan terintegrasi.

1.4.3. Bagi Penulis

Penulis memperoleh pengalaman langsung dalam penerapan teknologi deep learning untuk permasalahan nyata, serta pemahaman teknis dalam pelatihan model AI dan desain sistem berbasis teknologi.

1.5 Batasan Masalah

Batasan-batasan yang digunakan pada penelitian yaitu:

- A. Penelitian hanya mencakup pengembangan dan pengujian model klasifikasi gambar berbasis Vision Transformer untuk 12 kategori sampah: Battery, Biological, Brown-glass, Cardboard, Clothes, Green-glass, Metal, Paper, Plastic, Shoes, White-glass, dan Trash.
- B. Sistem prototipe berupa conveyor belt telah dirancang namun belum terintegrasi penuh dengan sistem klasifikasi akibat keterbatasan waktu dan kendala teknis.

- C. Komponen perangkat keras seperti ESP32-CAM dan motor servo belum diuji secara fungsional dalam sistem terintegrasi.
 - D. Klasifikasi gambar dilakukan menggunakan web antarmuka berbasis Flask, bukan dari input kamera secara langsung.
 - E. Penelitian dilakukan dalam skala laboratorium dengan gambar yang diambil secara manual.
 - F. Komunikasi antara perangkat keras dan server masih bersifat rencana dan belum direalisasikan secara menyeluruh.
 - G. Evaluasi sistem hanya mencakup performa model klasifikasi gambar, belum mencakup uji coba sistem fisik secara menyeluruh (misal: uji koneksi perangkat, kestabilan kontrol aktuator, dll).

1.6 Metodologi Penelitian

1.6.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilaksanakan di Laboratorium Data Science, Universitas Bhineka Nusantara di Kota Malang, Jawa Timur.

Tabel 1. 1 Waktu Penelitian

No.	Kegiatan	2024-2025						
		Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar
	Keras dan Lunak							
3	Pelatihan Model Vision Transformer							
4	Pembuatan Aplikasi Server							
5	Pembuatan Aplikasi Web							
6	Pengujian Model Vision Transformer							
7	Penyempurnaan Model Vision Transformer							
8	Pembuatan Prototype							
9	Integrasi Prototype dengan Aplikasi Web dan Aplikasi Server							
10	Uji Coba Prototype							
11	Analisis dan Penyempurnaan							

No.	Kegiatan	2024-2025							
		Sep	Okt	Nov	Des	Jan	Feb	Mar	Apr
12	Dokumentasi dan Membuat Laporan								

1. Studi Literatur dan Perancangan

Kegiatan ini mencakup pencarian referensi ilmiah terkait teknologi klasifikasi gambar, Vision Transformer, dan sistem pemilahan sampah otomatis. Selain itu, dilakukan perancangan awal sistem meliputi arsitektur perangkat keras dan lunak yang akan dikembangkan.

2. Persiapan Perangkat Keras dan Lunak

Menyiapkan komponen perangkat keras seperti ESP32-CAM, motor servo, dan bahan-bahan pembuatan konveyor, serta pengaturan awal perangkat lunak pendukung seperti sistem operasi, library Python, dan TensorFlow.

3. Pelatihan Model Vision Transformer

Melatih model klasifikasi gambar menggunakan Vision Transformer dengan dataset berisi 12 kategori sampah. Proses ini melibatkan pembagian data, preprocessing, training, dan validasi model.

4. Pembuatan Aplikasi Server

Membuat backend server (menggunakan Flask) untuk menerima gambar dari ESP32-CAM, memprosesnya menggunakan model ViT, lalu mengirimkan hasil prediksi kembali ke perangkat untuk pengendalian aktuator.

5. Pembuatan Aplikasi Web

Membuat antarmuka web yang menampilkan hasil klasifikasi, riwayat data klasifikasi, dan visualisasi pendukung yang memudahkan pengguna memantau kinerja sistem

6. Pengujian Model Vision Transformer

Melakukan evaluasi performa model klasifikasi menggunakan data uji nyata untuk mengetahui sejauh mana model mengenali objek nyata dengan benar.

7. Penyempurnaan Model Vision Transformer

Melakukan fine-tuning pada model berdasarkan hasil pengujian, termasuk perbaikan preprocessing data, optimasi hyperparameter, atau augmentasi data untuk meningkatkan akurasi.

8. Pembuatan Prototype

Membangun prototype fisik sistem pemilah sampah mini, termasuk pemasangan ESP32-CAM, mekanisme lengan diverter, dan konveyor berjalan dalam satu kesatuan perangkat.

9. Integrasi Prototype dengan Aplikasi Web dan Aplikasi Server

Menghubungkan sistem fisik dengan aplikasi server dan web sehingga data dari ESP32-CAM dapat dikirim untuk diproses dan hasilnya dapat ditampilkan serta dikendalikan secara real-time.

10. Uji Coba Prototype

Melakukan pengujian fungsional sistem prototype dengan menjalankan alur kerja sebenarnya, mengamati performa klasifikasi, respons aktuator, dan kestabilan komunikasi antar perangkat.

11. Analisis dan Penyempurnaan

Menganalisis hasil uji coba untuk mengidentifikasi kekurangan dari sisi teknis maupun non-teknis, serta melakukan penyempurnaan terhadap sistem jika diperlukan.

12. Dokumentasi dan Membuat Laporan

Menuliskan seluruh proses, temuan, dan hasil dalam bentuk laporan tugas akhir serta dokumentasi teknis untuk mendukung replikasi atau pengembangan sistem di masa depan.

1.6.2. Bahan dan Alat Penelitian

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. ESP32-CAM

Dengan spesifikasi modul kamera berbasis ESP32, kamera OV2640 2MP, Flash LED, Slot microSD (4MB memory flash), kecepatan clock hingga 160 MHz. Digunakan untuk mengambil objek gambar sampah lalu mengirimkannya ke PC untuk dilakukan proses klasifikasi menggunakan Vision Transformer dan untuk mengontrol aktuator.

2. Modul PCA9685

Digunakan untuk menghubungkan 12 motor servo melalui sinyal ke ESP32-CAM.

3. PC dengan GPU NVIDIA GTX/RTX

Digunakan untuk pelatihan model Vision Transformer, dan tempat proses klasifikasi gambar yang dilakukan oleh Vision Transformer.

4. Conveyor Belt

Lebar 20 cm, lebar belt 15 cm, panjang 150 cm, digerakkan oleh motor DC dengan kecepatan 0,001 meter per detik. Digunakan untuk membawa sampah untuk ditngkap gambarnya dan diarahkan secara otomatis ke aktuator diverter untuk dipilah.

5. Lengan Diverter / Motor Servo

Dengan spesifikasi panjang 12 cm, dan digerakkan oleh motor servo. Digunakan untuk mengarahkan sampah ke kategori yang benar berdasarkan sinyal dari PC setelah diklasifikasi.

6. Wi-Fi Router

Dengan spesifikasi router standar 2.4 GHz. Digunakan untuk menyediakan koneksi nirkabel antara ESP32-CAM dan PC dalam proses pengiriman gambar dan proses pengiriman hasil kategori dari PC.

7. Kotak Sampah

Dibutuhkan sebanyak 12 kotak penampung (15x15x20 cm) dan dilabeli sesuai kategori: Battery, Biological, Brown-glass, Cardboard, Clothes, Green-glass, Metal, Paper, Plastic, Shoes, White-glass, Trash. Digunakan untuk menampung sampah berdasarkan hasil klasifikasi.

8. Editor Visual Studio Code

9. Kabel Jumper Male to Female

10. Kabel Power (Male to Male)

11. Kabel Data untuk Motor Servo

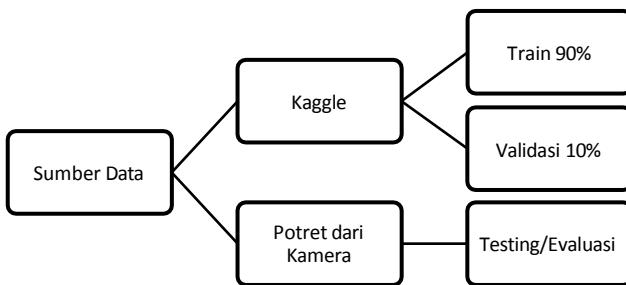
12. Kabel USB (untuk ESP32-CAM)

1.6.3. Pengumpulan Data dan Informasi

Pengumpulan informasi pada penelitian ini dilakukan melalui metode kepustakaan dengan mempelajari berbagai referensi seperti buku, jurnal ilmiah, tugas akhir, serta informasi yang relevan dari internet yang berhubungan dengan topik pengembangan sistem pemilah sampah otomatis.

Untuk pengujian model klasifikasi sampah, data pelatihan (training data) dan validasi (validation data) diperoleh dari dataset yang tersedia di platform Kaggle, dengan komposisi 12 kategori sampah yang telah diklasifikasikan. Sedangkan data pengujian (testing data) diambil secara manual melalui pengambilan gambar sampah secara langsung

menggunakan kamera yang terpasang pada alat, agar dapat mengevaluasi sistem dalam kondisi nyata.

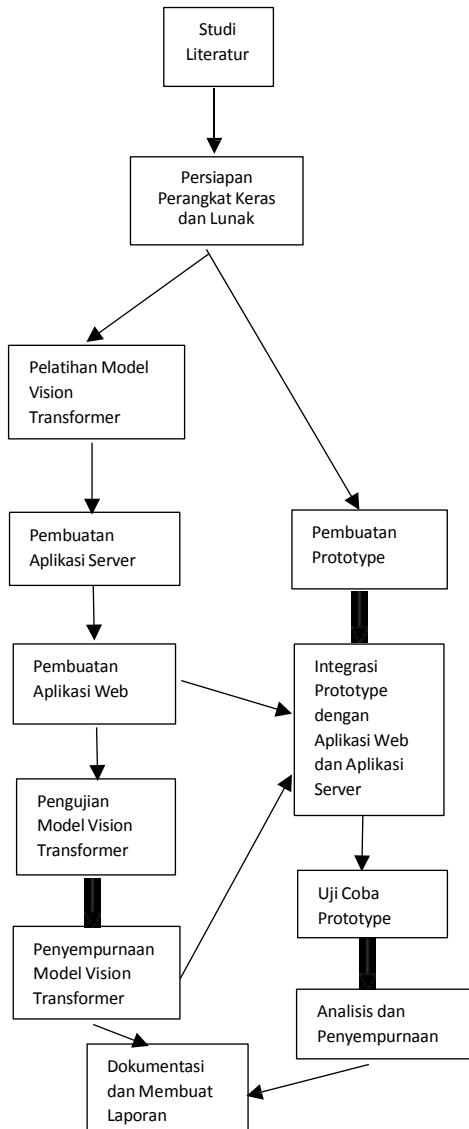


Gambar 1. 1 Bagan Sumber Dataset

1.6.4. Analisis Data

Penelitian ini menggunakan metode analisis deskriptif yang akan menggambarkan bagaimana prototype dan model secara keseluruhan dalam bentuk yang mudah dipahami.

1.6.5. Prosedur Penelitian



Gambar 1. 2 Diagram Alir Penelitian

1.7 Sistematika Penulisan

BAB I : PENDAHULUAN

Membahas tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Membahas penelitian terdahulu yang memuat pembahasan tentang penelitian serupa, dan teori terkait yang memuat pembahasan tentang teori-teori atau konsep-konsep yang erat kaitannya dengan permasalahan penelitian.

BAB III : ANALISIS DAN PERANCANGAN

Menjelaskan tentang analisis, perancangan dan rancangan pengujian.

BAB IV : PEMBAHASAN

Menjelaskan tentang gambaran umum proyek yang sudah dibuat, segala kebutuhan untuk implementasi, serta hasil pengujian.

BAB V : PENUTUP

Membahas kesimpulan dan saran yang didapat setelah menyelesaikan tugas akhir dan rekomendasi penulis untuk pengembangan lebih lanjut

LAMPIRAN

Berisi dokumen-dokumen yang terkait selama pelaksanaan pengembangan prototype yang dianggap perlu untuk dilampirkan.