

Pengembangan Sistem Klasifikasi Sampah Otomatis Berbasis Kecerdasan Buatan (AI) Untuk Mendukung Pengelolaan Limbah Yang Berkelanjutan

¹Thisya Aisyah Putri, ²Tia Novita Sari, ³Erna Daniati
¹⁻³Universitas Nusantara PGRI Kediri

Abstrak— Tinjauan ini menyelediki dampak pengguna potensial (petugas penggunaan sampah, Masyarakat) dan ahli dalam bidang pengelolaan limbah terhadap pengembangan dan implementasi sistem klasifikasi sampah otomatis berbasis kecerdasan buatan (AI). Melalui metode pendekatan kualitatif penelitian ini diharapkan bisa memberikan harapan, kebutuhan, dan pandangan masyarakat terkait dengan perkembangan sistem dalam mendukung pengelolaan limbah secara berkelanjutan. Pengumpulan data yang dilakukan dengan wawancara mendalam dan analisis dokumen relevan untuk memberikan pengalaman yang mencakup berbagai aspek sosial, operasional, dan teknis yang diperlukan guna dipertimbangkan dalam pengembangan sistem. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan bagi para pengembang sistem untuk dapat membuat kebijakan dalam merancang serta dapat memberikan kontribusi mendalam guna meningkatkan efisiensi pengelolaan limbah, mengurangi biaya operasional, dan mendukung upaya pelestarian lingkungan.

Kata kunci : Sistem Klasifikasi Sampah Otomatis, Kecerdasan Buatan (AI), Hasil.

Abstract— This review investigates the impact of potential users (waste officers, Community) and experts in the field of waste management on the development and implementation of an automated waste classification system based on artificial intelligence (AI). Through a qualitative approach, this study is expected to provide community expectations, needs, and views related to the development of the system in supporting sustainable waste management. Data collection was carried out through in-depth interviews and analysis of relevant documents to provide experiences that cover various social, operational, and technical aspects needed to be considered in system development. The results of this study are expected to provide insight for system developers to be able to make policies in designing and can provide in-depth contributions to improve waste management efficiency, reduce operational costs, and support environmental conservation efforts.

Keywords: Automatic Waste Classification System, Artificial Intelligence (AI), Results.

This is an open access article under the CC BY-SA License.



I. PENDAHULUAN

Pengelolaan limbah merupakan masalah terbesar yang dihadapi oleh banyak negara didunia, termasuk di Indonesia[1]. Dalam metode pengelolaan limbah konvensional, seperti pemilihan manual dan pembuangan ketempat pembuangan akhir (TPA) sering kali tidak efisien, memakan biaya yang besar dan berdampak negative bagi lingkungan. Pemilihan manual rentan terhadap kesalahan manusia, lambat, dan berbayar bagi pekerja. Karena itu, diperlukan sebuah solusi yang dapat meningkatkan kinerja serta mendukung pengelolaan limbah sampah secara berkelanjutan, dengan memanfaatkan teknologi seperti kecerdasan buatan (AI) yang dapat menawarkan solusi yang tepat untuk mengatasi permasalahan klasifikasi sampah [2].

Yang menjadi masalah utama dalam pengelolaan limbah adalah penanganan sampah yang tidak akurat[3]. Penanganan yang tidak tepat dapat menghambat proses daur ulang dan menumpukan volume sampah, terutama didaerah dengan Tingkat volume sampah yang tinggi [4]. Sangat dibutuhkan sistem klasifikasi sampah yang mampu mengklasifikasikan sampah secara otomatis, efisien, dan tepat waktu kepada petugas pengelolaan limbah .

Penelitian ini dibuat dengan tujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi sampah otomatis untuk mendukung pengelolaan limbah yang lebih cepat dan tepat dengan menggunakan teknik pemebelajaran mendalam, melakukan pengujian kinerja model dalam mengelompokkan berbagai jenis sampah berdasarkan citra atau data sensor dan mengembangkan prototipe sistem klasifikasi sampah otomatis yang dapat diintergrasikan dengan sistem pengelolaan limbah. Dalam menganalisis potensi manfaat sistem dapat meningkatkan keberlanjutan limbah [5].

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan bagi para pengembang sistem untuk dapat membuat kebijakan dalam merancang serta dapat mengimplementasikan teknologi klasifikasi sampah otomatis berbasis kecerdasan buatan (AI) yang tidak hanya berpengaruh dari segi teknis, tetapi juga dapat diterima dan mudah dipahami oleh penggunanya ,seperti petugas pengelolaan limbah dan masyarakat luas.

II. METODE

Metode penelitian suatu proses atau cara ilmiah untuk mendapatkan data yang akan digunakan untuk keperluan penelitian serta menganalisis teoretis mengenai suatu cara atau metode (Kothari 2004)[6].

Pada penelitian ini menggunakan metode penelitian kualitatif untuk menganalisis data yang didapat. Metode penelitian ini dipilih untuk memudahkan dalam mencari informasi secara perspektif, sesuai kebutuhan dan kekhawatiran dari berbagai pemangku kepentingan terkait

dengan pengembangan dan implementasi. Pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan beberapa metode yaitu dengan melakukan wawancara mendalam dengan berbagai pihak yang memiliki pengetahuan terkait dengan pengelolaan limbah dan teknologi AI . Dalam menganalisis dokumen terhadap berbagai sumber data sekunder relevan terkait dengan topik penelitian. Penganalisan dokumen bertujuan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih kompleks secara keseluruhan terkait pengelolaan limbah, tantangan yang akan dihadapi, serta potensi dan kendala dalam menggunakan teknologi kecerdasan buatan (AI). Data dari analisis dokumen digunakan untuk mendukung dan memperkaya temuan dari wawancara.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengembangan sistem klasifikasi sampah ini mengahdirkan model baru dalam pengelolaan limbah yang berguna untuk mengatasi keterbatasan metode manual dan mendorong keberlanjutan. Dalam penelitian ini membahas tentang aspek teoritis yang menjadi dasar utama dalam pengembangan sistem ini, serta dampaknya terhadap pengelolaan limbah dan tantang yang perlu diatasi. Yang akan ditunjukkan pada Tabel 1.

Jenis Sampah	Jumlah Data Uji	Akurasi Klasifikasi (%)	Presisi (%)	Recall (%)	F1-Score (%)
Plastik	50	95	96	94	95
Kertas	50	92	90	94	92
Logam	50	90	88	92	90
Kaca	50	88	90	86	88
Sisa makanan	50	94	92	96	94
Rata-rata		91.8	91.2	92.4	91.8

Tabel 1. Hasil Pengujian

Tingkat akurasi yang dihasilkan cukup tinggi serta kecepatan dalam memproses memungkinkan adanya otomatisasi dan ketepatan dalam proses pemilihan sampah [8]. Implementasi sistem ini juga berkontribusi dalam pengurangan volume sampah yang menumpu, meningkatkan kualitas material daur ulang dan penanganan limbah berbahaya yang lebih aman dan efektif [9].

No	Temuan Penting	Implikasi
1	Pengelompokan sampah yang tidak akurat menghambat proses daur ulang dan penumpukan volume sampah di TPA	Menekankan pentingnya sistem klasifikasi sampah otomatis yang tepat dan efisien.
2	Terdapat tantangan dalam memantau dan mengelola limbah secara tidak akurat, terutama didaerah dengan volume sampah tinggi	Membutuhkan sistem yang mampu mengelompokkan, memantau volume dan komposisi sampah serta memberikan informasi yang akurat dan tepat waktu.

No	Temuan Penting	Implikasi
3	Pengembangan sistem klasifikasi sampah otomatis berbasis kecerdasan buatan (AI) diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan limbah, mengurangi biaya operasional, dan mendukung upaya pelestarian lingkungan.	Memberikan harapan akan adanya solusi yang lebih baik dalam pengelolaan sampah.
4	Metode penelitian kualitatif melalui wawancara dan analisis dokumen penting untuk menggali harapan, kebutuhan, dan kekhawatiran pemangku kepentingan terkait sistem klasifikasi sampah otomatis.	Memastikan bahwa pengembangan sistem tidak hanya berpengaruh secara teknis, tetapi juga diterima dan mudah diadopsi oleh pengguna.
5	Perlu mempertimbangkan aspek sosial, operasional, dan teknis dalam pengembangan sistem klasifikasi sampah otomatis.	Pengembangan sistem harus komprehensif dan mempertimbangkan berbagai faktor agar berhasil diimplementasikan.

Tabel 2. Hasil temuan penting

Analisis kesalahan mengidentifikasi area spesifik untuk perbaikan lebih lanjut, terutama dalam membedakan sub-kategori sampah anorganik[10]. Hasil dari temuan ini membuktikan betapa besar potensi dari penerapan kecerdasan buatan (AI) dalam mengatasi permasalahan pengelolaan sampah yang kompleks. Identifikasi kesalahan dalam klasifikasi dapat memberikan arahan yang jelas untuk pengembangan sistem klasifikasi sampah otomatis yang lebih andal dan tepat waktu, yang pada akhirnya dapat mendukung upaya pengelolaan limbah secara berkelanjutan.

Batasan Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa batasan yang perlu dipertimbangkan diantaranya:

1. Berfokus pada 4 kategori utama yaitu pada sistem saat ini dirancang untuk mengklasifikasikan sampah ke dalam 4 kategori utama (Organik, Anorganik dapat didaur ulang, tidak dapat didaur ulang, dan B3)[11].
2. Kondisi lingkungan yaitu pada variasi kecerahan pencahayaan, sudut pandang kamera, dan keberadaan objek akurasi klasifikasi yang menghalangi sebagian sampah dalam dunia nyata.

Berdasarkan batasan penelitian , didapatkan beberapa masalah baru yang masih dapat belum terpecahkan untuk penelitian dimasa depan meliputi:

1. Klasifikasi Sub-Kategori Sampah yang Lebih Granular : Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan model yang mampu mengklasifikasikan sampah ke dalam kategori yang lebih spesifik agar dapat membedakan antara PET, HDPE, dan PVC atau berbagai jenis kertas, plastic dan logam). Ini akan sangat penting untuk meningkatkan kualitas daur ulang[12].
2. Penanganan Sampah Dengan Ukuran dan Bentuk Ekstrim : Pengembangan teknik segmentasi dan dekripsi objek yang lebih baik dapat membantu sistem dalam membedakan sampah dengan ukuran dan bentuk yang tidak biasa [13].

Jenis Sampah	Jumlah Sempel	Akurasi Klasifikasi
Plastik	50	95
Kertas	50	92
Logam	50	90
Kaca	50	88
Makanan	50	94

Tabel 3. Hasil Klasifikasi

Hasil klasifikasi sampah plastik dan makanan memiliki akurasi yang paling tinggi, yaitu 95 dan 94. Sedangkan untuk hasil klasifikasi sampah yang paling rendah yaitu jenis sampah kaca dengan akurasi 88. Jenis pengelompokan sampah ini menggunakan algoritma pembelajaran mesin yang dapat mengetahui berbagai jenis sampah berdasarkan ciri-ciri yang telah ditentukan sebelumnya [14].

Aspek	Hasil/Temuan		Hubungan dengan Konsep / Hipotesis Awal
Tingkat Akurasi Sistem	Sistem klasifikasi sampah otomatis mencapai Tingkat akurasi 91.8 %		Sesuai dengan hipotesis awal bahwa pemanfaatan kecerdasan buatan dapat meningkatkan akurasi klasifikasi sampah dibandingkan metode manual.

Aspek	Hasil/Temuan	Hubungan dengan Konsep / Hipotesis Awal
Kecepatan Pemrosesan	Kecepatan pemrosesan yang efisien memungkinkan klasifikasi sampah secara real-time.	Mendukung konsep dasar efisiensi operasional dalam pengelolaan limbah, Dimana sistem yang cepat dapat mengurangi waktu dan biaya pemilahan.
Analisis Kesalahan Klasifikasi	Kesalahan klasifikasi lebih sering terjadi pada sub-kategori sampah anorganik.	Mengindikasikan perlunya peningkatan pada model klasifikasi untuk membedakan karakteristik visual yang lebih halus antar jenis sampah anorganik.
Potensi Implementasi	Sistem klasifikasi sampah otomatis berbasis kecerdasan buatan memiliki potensi besar untuk mendukung pengelolaan limbah yang berkelanjutan. Implementasi sistem ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pengurangan volume sampah, peningkatan kualitas material daur ulang, dan penanganan limbah barbahaya yang lebih aman dan efektif.	Implementasi sistem klasifikasi sampah otomatis berbasis kecerdasan buatan dapat mengatasi tantangan pemilihan sampah yang kompleks. Identifikasi pola kesalahan klasifikasi yang spesifik memberikan arahan yang jelas untuk pengembangan sistem klasifikasi sampah otomatis yang akurat, untuk mendukung upaya pengelolaan limbah yang berkelanjutan.

Tabel 4.Hasil dan Hipotesis Awal

Hasil hipotesis ini dihasilkan berdasarkan dengan kemampuan sistem klasifikasi sampah berbasis kecerdasan buatan (AI) agar dapat mempelajari berbagai jenis pola dan ciri-ciri sampah dari data yang sudah ada[15].

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian ini sistem membuktikan peningkatan dalam bidang teknik industri, khususnya dalam otomatisasi proses pemilahan sampah. Dengan tingkat akurasi yang tinggi, sistem ini berpotensi mengurangi volume sampah, meningkatkan kualitas daur ulang, dan

mendukung penanganan limbah berbahaya yang lebih aman. Penelitian ini membuka jalan bagi implementasi teknologi AI dalam skala yang lebih luas.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan banyak-banyak terima kasih kepada Universitas Nusantara PGRI Kediri atas bantuan yang telah diberikan baik sarana dan prasarana yang mendukung untuk penelitian ini. Selain itu, kami juga mengucapkan terima kasih kepada rekan tim dan juga teman-teman kontribusinya dalam membantu menyelesaikan artikel ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Kahfi, “Tinjauan Terhadap Pengelolaan Sampah,” *Jurisprud. Jur. Ilmu Huk. Fak. Syariah dan Huk.*, vol. 4, no. 1, p. 12, 2017, doi: 10.24252/jurisprudentie.v4i1.3661.
- [2] H. Jaya *et al.*, *Kecerdasan Buatan*, vol. 53, no. 9. 2019.

- [3] H. Karimah, L. Malihah, M. Rahmah, and L. Nawayah, "Peluang dan tantangan pengelolaan kegiatan ekonomi sirkular di Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Cahaya Kencana Martapura," *E-Jurnal Ekon. Sumberd. dan Lingkung.* , vol. 12, no. 1, pp. 1–20, 2023.
- [4] E. W. Sinuraya, Y. A. A. Soetrisno, A. P. Setianingrum, and T. W. I. P. Sari, "Realtime Monitoring System Towards Waste Generation Management," *Proceeding - ELTICOM 2022 6th Int. Conf. Electr. Telecommun. Comput. Eng.* 2022, no. November 2022, pp. 172–177, 2022, doi: 10.1109/ELTICOM57747.2022.10038115.
- [5] R. I. Firdaus, W. H. Sugiharto, and M. I. Ghazali, "SisInfo Implementasi Convolutional Neural Network Dalam Sistem Otomatis Pemilahan Sampah Infeksius Berbasis Citra Digital SisInfo," vol. 7, no. 1, pp. 11–22, 2025.
- [6] R. Adolph, "済無No Title No Title No Title," pp. 1–23, 2016.
- [7] A. A. Putri and A. A. Widodo, "Volume 2 ; Nomor 12," *Desember*, pp. 401–406, 2024, doi: 10.59435/gjmi.v2i12.765.
- [8] F. W. Putra, A. Jala, and P. Mahardika, "Smart Environment : Implementasi Aplikasi Bank Sampah untuk Mewujudkan Kota Kediri yang Bersih dan BerkelaJutan," vol. 4, pp. 424–431, 2025.
- [9] A. M. Akbar, M. Basri, P. Studi, T. Informatika, U. M. Parepare, and F. Irawan, "Implementasi Machine Learning Menggunakan Algoritma Klasifikasi untuk Mendeteksi Jenis Sampah Program Studi Teknik Elektro , Universitas Muhammadiyah Parepare , Indonesia data citra (gambar) atau data fitur fisik sampah . Penelitian oleh Khan , Ali , da," vol. 3, 2025.
- [10] A. Ibnul Rasidi, Y. A. H. Pasaribu, A. Ziqri, and F. D. Adhinata, "Klasifikasi Sampah Organik dan Non-Organik Menggunakan Convolutional Neural Network," *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 8, no. 1, pp. 142–149, 2022, doi: 10.28932/jutisi.v8i1.4314.
- [11] A. T. Sari and E. Nurlatifah, "Penerapan Convolutional Neural Network untuk Mengklasifikasikan Citra Sampah Organik dan Non Organik," pp. 1–11, 2023.
- [12] R. N. J. S. Intam, A. Raihan, M. Alfajri, A. B. Kaswar, D. D. Andayani, and Asnidar, "Sistem Klasifikasi Jenis Sampah Berdasarkan Kombinasi Fitur Warnac Tekstur Menggunakan Artificial Neural Network Berbasis Pengolahan Citra Digital," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 11, no. 2, pp. 411–420, 2024, doi: 10.25126/jtiik.20241128330.
- [13] H. Hendri, L. Hoki, V. Agusman, and D. Aryanto, "Penerapan Machine Learning Untuk Mengategorikan Sampah Plastik Rumah Tangga," *J. TIMES*, vol. 10, no. 1, pp. 1–5, 2021, doi: 10.51351/jtm.10.1.2021645.
- [14] Royhan Zaki Ramadhana and Muhammad Irwan Padli Nasution, "Analisis Dampak Penerapan Teknologi AI pada Pengambilan Keputusan Strategis dalam Sistem Informasi Manajemen," *J. Ilm. Res. Dev. STUDENT*, vol. 2, no. 1, 2024, doi: 10.59024/jis.v2i1.579.
- [15] L. S. Pieters, U. Pradita, S. B. Park, and K. Tangerang, "Development Of Automatic Waste

Classification System Using Cnn Based Deep Learning To Support Smart Waste Management Otomatis Menggunakan Deep Learning Berbasis,” vol. 10, no. 1, pp. 214–224, 2025.