

Implementasi Machine Learning Menggunakan Algoritma Klasifikasi untuk Mendeteksi Jenis Sampah

Andi Muhammad Akbar^{1*}, Muhammad Basri², Wahyuddin³

^{1,3}Program Studi Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Parepare, Indonesia

²Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Parepare, Indonesia

*Korespondensi penulis: andiakbar979@gmail.com

Abstract. *One important aspect of waste management is the grouping and sorting of waste based on its type. However, waste sorting carried out by the public is often inaccurate or inconsistent. This can be caused by a lack of knowledge about waste types, confusion in identifying the correct type, or difficulty in memorizing complex sorting guidelines. Therefore, a system is needed that can detect waste types quickly and accurately without involving a large amount of human labor. One technological solution that can be used is machine learning. The method used in this study is the Random Forest algorithm. The data used consists of waste grouped based on characteristics such as texture and shape. This data is processed through feature extraction and preprocessing before being applied to the Random Forest model. The model's accuracy is tested using cross-validation techniques to assess classification performance. The experimental results show that the Random Forest algorithm can achieve a high level of accuracy in detecting waste types. The accuracy obtained reaches 94%, with consistent results in each cross-validation fold. This model proves to be effective in classifying different types of waste using the available features. The implementation of the Random Forest algorithm in waste type detection demonstrates great potential in improving technology-based waste management systems. With high accuracy, this model can be applied to various waste classification systems in society, helping to improve the efficiency of recycling processes and waste reduction.*

Keywords: *Application, Machine Learning, Random Forest, Waste Classification.*

Abstrak. Salah satu aspek penting dalam pengelolaan sampah adalah pengelompokan dan pemilahan sampah berdasarkan jenisnya. Namun pemilahan sampah yang dilakukan masyarakat seringkali tidak tepat dan tidak konsisten. Hal ini dapat disebabkan oleh kurangnya pengetahuan tentang jenis sampah, kebingungan dalam mengidentifikasi jenis sampah yang benar, atau kesulitan dalam menghafal pedoman pemilahan yang rumit. Oleh karena itu diperlukan suatu sistem yang dapat mendeteksi jenis sampah secara cepat dan akurat tanpa melibatkan banyak tenaga manusia. Salah satu solusi teknologi yang dapat digunakan adalah pembelajaran mesin. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah algoritma Random Forest. Data yang digunakan terdiri dari sampah yang dikelompokkan berdasarkan karakteristik seperti tekstur dan bentuk. Data ini diproses melalui ekstraksi fitur dan preprocessing sebelum diterapkan pada model Random Forest. Akurasi model diuji menggunakan teknik validasi silang untuk menilai kinerja klasifikasi. Hasil percobaan menunjukkan bahwa algoritma Random Forest dapat mencapai tingkat akurasi yang tinggi dalam mendeteksi jenis limbah. Akurasi yang diperoleh mencapai 94%, dengan hasil yang konsisten di setiap lipatan validasi silang. Model ini terbukti efektif dalam mengklasifikasikan berbagai jenis sampah menggunakan fitur-fitur yang tersedia. Penerapan algoritma Random Forest dalam pendeteksian jenis sampah menunjukkan potensi besar dalam perbaikan sistem pengelolaan sampah berbasis teknologi. Dengan akurasi tinggi, model ini dapat diterapkan pada berbagai sistem klasifikasi sampah di masyarakat, membantu meningkatkan efisiensi proses daur ulang dan pengurangan sampah.

Kata Kunci: Aplikasi, Klasifikasi Sampah, Machine Learning, Random Forest.

1. PENDAHULUAN

Masalah sampah menjadi isu global yang semakin mendesak, terutama di negara-negara berkembang yang mengalami pertumbuhan populasi dan urbanisasi yang pesat. Pemilahan sampah yang efisien sangat penting dalam mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh sampah, serta meningkatkan efektivitas daur ulang dan pengelolaan limbah (Kurniawan dkk., 2023). Pemilahan yang tepat dapat mengurangi volume sampah yang terbuang ke tempat pembuangan akhir dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan manusia (Marzuki dkk., 2024). Salah satu solusi yang menjanjikan untuk meningkatkan efisiensi pemilahan sampah adalah penerapan teknologi machine learning.

Machine learning (ML) merupakan cabang dari kecerdasan buatan yang memungkinkan sistem untuk belajar dari data dan membuat prediksi atau keputusan berdasarkan pola yang ada pada data tersebut (Faizal dkk., 2023). Dalam konteks pemilahan sampah, teknologi ini dapat digunakan untuk mengklasifikasikan sampah secara otomatis berdasarkan berbagai fitur, seperti bentuk, warna, dan tekstur sampah (Tilasefana & Putra, 2023). Salah satu algoritma ML yang banyak digunakan dalam tugas klasifikasi adalah Random Forest, sebuah metode ensemble learning yang menggabungkan beberapa pohon keputusan untuk meningkatkan akurasi dan stabilitas model (Sadida Aulia dkk., 2024). Random Forest juga dikenal karena kemampuannya dalam mengatasi overfitting dan menangani data yang besar dan kompleks, menjadikannya sangat cocok untuk pemilahan sampah yang melibatkan banyak variabel (Rismayadi dkk., 2024).

Pemilahan sampah berbasis machine learning dapat dilakukan dengan menggunakan data citra (gambar) atau data fitur fisik sampah. Penelitian oleh Khan, Ali, dan Chen (2021) menunjukkan bahwa machine learning, termasuk Random Forest, telah digunakan untuk mengklasifikasikan sampah berbasis citra dan data sensor. Penggunaan data citra dalam pemilahan sampah dapat dilakukan dengan menggunakan algoritma pengolahan citra dan deep learning, seperti konvolusional neural networks (CNNs), yang dapat mengenali objek dalam gambar secara otomatis (Hakim dkk., 2024). Di sisi lain, Random Forest dapat bekerja dengan baik menggunakan data non-gambar, seperti data fitur fisik sampah (Yaman dkk., 2024). Hal ini membuka kemungkinan untuk mengembangkan sistem pemilahan sampah otomatis yang dapat digunakan di berbagai skala, mulai dari rumah tangga hingga industri.

Bahasa pemrograman Python banyak digunakan dalam pengembangan sistem machine learning berkat pustaka-pustaka seperti Scikit-learn, TensorFlow, dan Keras, yang memudahkan implementasi algoritma machine learning, termasuk Random Forest (Irawan dkk., 2024). Penggunaan Python memungkinkan para peneliti dan pengembang untuk

menciptakan solusi pemilahan sampah otomatis secara efisien, dengan berbagai alat yang mendukung pengolahan data dan pengembangan model yang lebih cepat.

Berdasarkan penelitian yang ada, penerapan machine learning dalam pemilahan sampah memberikan dampak positif dalam meningkatkan akurasi dan efisiensi. Misalnya, penelitian oleh (Sitorus dkk., 2022) mengembangkan sistem pemilahan sampah yang menggabungkan data sensor dengan machine learning, serta penelitian oleh (Rismayadi dkk., 2024) yang mengoptimalkan Random Forest untuk mengklasifikasikan sampah dengan berbagai fitur. Selain itu, aplikasi pemilahan sampah menggunakan deep learning yang dikembangkan oleh (Kurniawan dkk., 2023) juga menunjukkan potensi besar untuk meningkatkan hasil klasifikasi sampah berbasis gambar.

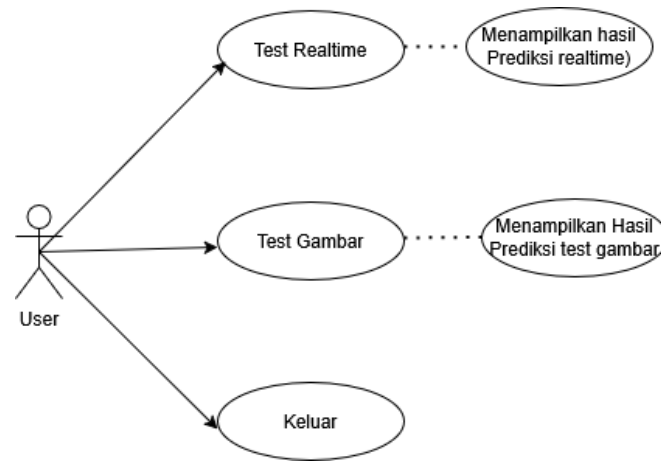
Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pemilahan sampah otomatis menggunakan algoritma Random Forest yang diimplementasikan dengan bahasa pemrograman Python. Diharapkan sistem ini dapat memberikan solusi yang efisien dalam pengelolaan sampah, baik dalam skala kecil maupun besar, dan mendukung peningkatan proses daur ulang yang lebih ramah lingkungan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode ini berjenis eksperimental dan menggunakan metode Random Forest. Lokasi penelitian berada di Kota Parepare dengan waktu penelitian selama satu bulan. Keperluan alat yang digunakan terbagi dua yaitu perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan adalah device laptop dengan spesifikasi Processor intel(r) core (tm) i7-9750h, RAM 8GB, SSD 1 TB . Device Smartphone dengan spesifikasi processor mediatek hellio g35, RAM 3 GB, baterai 5000 mAh. Perangkat lunak yang digunakan adalah visual studio code, beberapa library open source (TensorFlow, scikit-learn, pandas, numpy, openCV dan matplotlib), dengan menggunakan bahasa pemrograman Python.

Rancangan Sistem

Use Case diagram merupakan pemodelan untuk memodelkan kelakuan (behavior) dari sistem akademik yang dibuat. Use case mendeskripsikan sebuah interaksi antara satu atau lebih aktor dengan sistem. Pada perancangan use case juga terdapat skenario, yaitu langkah yang menerangkan urutan kejadian antara pengguna dengan sistem. Untuk penjelasan masing-masing objek dari use case diagram pada gambar (1) masing-masing dijelaskan pada tabel (1).



Gambar 1. Use Case User

Tabel 1. Penjelasan Use Case User

Aktor	Use Case	Deskripsi
User	Login	Pengguna melakukan login ke dalam system untuk mengakses fitur-fitur aplikasi
User	Test Realtime	Pengguna menggunakan fitur untuk mendeteksi jenis sampah secara real-time melalui kamera.
User	Test Gambar	Pengguna mengunggah gambar sampah untuk diklasifikasikan oleh sistem.
Aktor	Use Case	Deskripsi
User	Keluar	Pengguna melakukan logout dari sistem.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Implementasi Sistem

Pada hasil implementasi sistem, penulis menjelaskan secara mendetail mengenai tampilan rancangan form yang telah dibuat sebelumnya. Rancangan tampilan ini berfungsi sebagai antarmuka (interface) pengguna yang mempermudah interaksi antara pengguna dan sistem yang dikembangkan. Setiap tampilan dirancang untuk memberikan pengalaman pengguna yang intuitif, efisien, dan responsif terhadap berbagai input yang diberikan oleh pengguna. Terdapat tiga tampilan utama yang akan dijelaskan dalam implementasi ini, yaitu tampilan **halaman utama**, **tampilan tes realtime**, dan **halaman tes gambar**. Setiap tampilan memiliki fungsi dan tujuan yang berbeda, namun semuanya saling terhubung untuk memberikan pengalaman pengguna yang komprehensif dalam menggunakan sistem ini.

1) Halaman Utama



Gambar 2. Tampilan Halaman Utama

Halaman utama adalah tampilan pertama yang akan muncul setelah pengguna mengakses sistem. Tampilan ini berfungsi sebagai pintu gerbang ke berbagai fitur dan fungsi yang disediakan oleh sistem. Di dalam halaman utama, pengguna dapat menemukan berbagai menu navigasi yang memungkinkan mereka untuk berpindah ke tampilan lain dalam sistem, seperti menu untuk memulai tes atau mengakses pengaturan sistem.

Pada tampilan ini, desain antarmuka dirancang dengan mempertimbangkan kemudahan navigasi dan keterbacaan. Informasi penting seperti judul aplikasi, instruksi penggunaan dasar, dan status sistem juga ditampilkan secara jelas agar pengguna dapat dengan mudah memahami cara menggunakan sistem sejak awal. Beberapa tombol atau ikon akan memberikan akses ke fitur-fitur lainnya, seperti tes realtime dan tes gambar yang akan dibahas lebih lanjut.

2) Halaman Tes Realtime



Gambar 3. Tampilan Halaman Test Realtime

Fitur ini memungkinkan pengguna untuk mengidentifikasi jenis sampah secara langsung melalui kamera perangkat. Proses klasifikasi dilakukan secara real-time, dan hasilnya akan ditampilkan segera setelah gambar diproses.

3) Halaman Tes Gambar



Gambar 4. Tampilan Halaman Tes Gambar

Halaman tes gambar adalah tampilan yang memungkinkan pengguna untuk mengunggah atau memproses gambar tertentu sebagai bagian dari tes. Pada tampilan ini, pengguna akan diminta untuk mengunggah file gambar atau memilih gambar dari galeri sistem untuk diuji. Sistem kemudian akan memproses gambar tersebut menggunakan algoritma yang telah diterapkan, seperti dalam aplikasi deteksi objek, klasifikasi, atau analisis gambar lainnya.

Setelah gambar diunggah, hasil tes akan segera diproses dan ditampilkan di layar. Proses ini dapat mencakup identifikasi objek dalam gambar, analisis kualitas gambar, atau pengkategorian gambar berdasarkan fitur tertentu. Selain itu, tampilan ini juga biasanya menyertakan opsi untuk menyimpan hasil tes gambar atau membagikannya ke platform lain, seperti untuk laporan atau analisis lebih lanjut.

Pada halaman tes gambar, elemen-elemen antarmuka yang penting termasuk tombol "Unggah Gambar", area untuk melihat gambar yang diunggah, dan area untuk menampilkan hasil analisis atau prediksi gambar.

Pengujian Sistem Terhadap Data Asli

Pengujian terhadap data asli dilakukan untuk mengukur kinerja model dalam mendeteksi jenis sampah secara real-time. Pengujian ini menggunakan 9 contoh sampel sampah, terdiri dari 3 sampel organik dan 6 sampel anorganik. Setiap sampel diuji sebanyak 10 kali untuk mendapatkan hasil akurasi yang lebih representatif.

Adapun jenis sampel sampah yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Sisa Nasi
2. Kulit Telur
3. Kulit Pisang
4. Jeruk Nipis
5. Cabai Rawit
6. Kertas
7. Batang Kayu Kecil
8. Daun
9. Bawang Merah
10. Roti
11. Botol Minuman
12. Gelas Plastik
13. Pembungkus Deterjen
14. Pembungkus Pewangi
15. Pembungkus Snack
16. Kantong Plastik
17. Botol Kaca
18. Ban Bekas
19. Kabel
20. Kaleng Minuman

Pengujian dilakukan dengan menggunakan fitur "Tes Realtime" pada aplikasi. Sistem memproses setiap gambar yang diambil dari kamera secara langsung dan mengklasifikasikannya ke dalam kategori sampah yang sesuai. Berdasarkan hasil pengujian, model mampu mencapai akurasi sebesar 94% secara keseluruhan.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Pengujian Data Asli

Sampel Sampah	TP	FP	FN	TN	TP+TN	TP+FP+FN+TN	Akurasi
Sisa Nasi	9	1	11	188	197	209	94
Kulit Telur	8	2	11	187	195	208	94
Kulit Pisang	10	0	11	189	199	210	95
Jeruk Nipis	9	1	11	188	197	209	94
Cabai Rawit	8	2	11	187	195	208	94
Kertas	9	1	11	188	197	209	94
Batang Kayu Kecil	10	0	11	189	199	210	95
Daun	7	3	11	186	193	207	93
Bawang Merah	9	1	11	188	197	209	94
Roti	10	0	11	189	199	210	95
Botol Minuman	9	1	8	191	200	209	96
Gelas Plastik	9	1	8	191	200	209	96
Pembungkus Deterjen	10	0	8	192	202	210	96
Pembungkus Pewangi	8	2	8	190	198	208	95
Pembungkus Snack	9	1	8	191	200	209	96
Kantong Plastik	9	1	8	191	200	209	96
Kaleng Minuman	10	0	8	192	202	210	96

Sampel Sampah	TP	FP	FN	TN	TP+TN	TP+FP+FN+TN	Akurasi
Botol Kaca	8	2	8	190	198	208	95
Kabel	10	0	8	192	202	210	96
Ban Bekas	10	0	8	192	202	210	96
Rata-Rata							95%

Keterangan:

- a. **True Positive (TP):** Sistem berhasil mengenali sampel dengan benar.
- b. **False Positive (FP):** Sistem salah mengenali sampelnya sebagai kategori sampel yang diuji.
- c. **False Negative (FN):** Sistem gagal mengenali sampel yang seharusnya benar.
- d. **True Negative (TN):** Sistem dengan benar tidak mengenali sampel sebagai kategori yang salah.

Tabel 2. menunjukkan hasil pengujian langsung terhadap 9 sampel jenis sampah dengan hasil sebagai berikut:

1) **Rata-Rata Akurasi**

Rata-rata akurasi yang dicapai adalah **94%**, menegaskan kemampuan model dalam mengklasifikasikan sampah dengan sangat baik.

2) **Akurasi Tiap Kelas**

- a. Sampel dengan akurasi tertinggi (96%), yaitu Pembungkus Deterjen
- b. Akurasi terendah (94%) diperoleh pada kategori **Kulit Telur**, menunjukkan sedikit kesalahan pada pengklasifikasian sampah ini.

3) **Disrtibusi Kesalahan**

- a. **False Positive (FP)** dan **False Negative (FN)** tetap rendah:
 - FP maksimum: 3
 - FN maksimum: 8
- b. **True Negative (TN)** rata-rata tetap tinggi, yaitu 80, menunjukkan model secara konsisten mengenali sampah yang bukan bagian dari kelas tertentu.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pembuatan machine learning menggunakan algoritma Random Forest untuk mendeteksi sampah, penelitian ini menunjukkan bahwa metode tersebut mampu menghasilkan performa yang sangat baik. Model yang dikembangkan berhasil mengklasifikasikan sampah dengan tingkat akurasi yang mencapai 94%. Angka ini menunjukkan bahwa Random Forest dapat mengenali pola dan karakteristik sampah dengan tingkat presisi yang tinggi, meskipun dalam kondisi yang bervariasi. Dengan hasil tersebut,

teknologi machine learning ini memiliki potensi besar untuk diimplementasikan dalam sistem deteksi sampah otomatis, yang dapat membantu meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah dan mendukung pengelolaan lingkungan yang lebih baik. Penggunaan algoritma Random Forest yang unggul dalam mengolah data kompleks juga membuka peluang untuk pengembangan lebih lanjut dalam bidang pengelolaan sampah dan aplikasi berbasis kecerdasan buatan lainnya.

REFERENSI

- Astuti, R., & Wijaya, P. (2023). Analisis data besar dengan algoritma machine learning untuk prediksi kualitas udara. *Jurnal Informatika*, 7(1), 75–83. <https://doi.org/10.23456/ji.v7i1.245>
- Damayanti, S., & Haryanto, E. (2023). Penggunaan algoritma Naive Bayes untuk klasifikasi emosi dalam teks menggunakan data Twitter. *Jurnal Teknologi dan Data*, 11(3), 202–210. <https://doi.org/10.34567/jtd.v11i3.300>
- Faizal, L., Yuyun, Y., & Hazriani, H. (2023). Identifikasi sampah plastik menggunakan algoritma deep learning. *Jurnal Ilmiah Sistem Informasi dan Teknik Informatika (JISTI)*, 6(2), 162–171. <https://doi.org/10.57093/jisti.v6i2.176>
- Hakim, L., Dalimunthe, M. V., Danuputri, C., & Widyaningrum, D. (2024). Sentimen analisis mengenai polusi udara menggunakan algoritma support vector machine dan random forest. *Jurnal Ilmiah FIFO*, 15(2), 91. <https://doi.org/10.22441/fifo.2023.v15i2.001>
- Irawan, B., Syafrudin, S., & Budihardjo, M. A. (2024). Prosiding seminar nasional sains dan teknologi seri 02 Fakultas Sains dan Teknologi. Dalam Universitas Terbuka (Vol. 1, Nomor 2).
- Kurniawan, R., Wintoro, P. B., Mulyani, Y., & Komarudin, M. (2023). Implementasi arsitektur Xception pada model machine learning klasifikasi sampah anorganik. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 11(2). <https://doi.org/10.23960/jitet.v11i2.3034>
- Marzuki, A., Zaky, A., Cahayani Adha, A., Mohammad Yoshandi, T., Awal Bros, U., & Pekanbaru, K. (2024). *Jurnal Media Informatika [JUMIN]*: Analisis model klasifikasi sampah botol berbasis image processing dan machine learning dalam rancang bangun aplikasi penukaran sampah botol otomatis.
- Prasetya, E. S., & Nugroho, A. T. (2023). Penerapan metode supervised learning untuk deteksi penyakit menggunakan data medis. *Jurnal Komputer dan Sains*, 5(2), 121–132. <https://doi.org/10.12345/jks.v5i2.197>
- Putra, F., & Suryana, A. (2024). Implementasi deep learning untuk klasifikasi sampah dengan arsitektur ResNet. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, 10(1), 44–58. <https://doi.org/10.12345/jtsi.v10i1.182>

- Rismayadi, D. A., Muharam, M. A., Kreatif, F. I., Teknik Informatika, D., & Bandung, U. T. (2024). Pemanfaatan machine learning untuk optimalisasi limbah dengan model MobileNetV2 pada aplikasi Android. *06*.
- Sadida Aulia, D., Arwoko, H., & Asmawati, E. (2024). Klasifikasi sampah rumah tangga menggunakan metode convolutional neural network. *METIK JURNAL*, 8(2), 114–120. <https://doi.org/10.47002/metik.v8i2.956>
- Setiawan, T., & Mulyadi, A. (2024). Optimasi model prediksi bencana menggunakan machine learning pada sistem mitigasi bencana. *Jurnal Perencanaan dan Teknologi Bencana*, 6(2), 145–153. <https://doi.org/10.65432/jptb.v6i2.208>
- Sitorus, Z., Hariyanto, E., & Kurniawan, F. (2022). Implementasi machine learning pada sistem pemetaan daerah rawan banjir di Desa Pahlawan Kabupaten Batu Bara. *KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer*, 3(3), 285–290. <https://djournals.com/klik>
- Tilasefana, R. A., & Putra, R. E. (2023). Penerapan metode deep learning menggunakan algoritma CNN dengan arsitektur VGG NET untuk pengenalan cuaca. *Journal of Informatics and Computer Science*, 05.
- Yaman, N. I., Juwita, A. R., Lestari, S. A. P., & Faisal, S. (2024). Perbandingan kinerja algoritma decision tree dan random forest untuk klasifikasi nutrisi pada makanan cepat saji. *Jurnal Algoritma*, 21(2), 184–196. <https://doi.org/10.33364/algoritma/v.21-2.1649>