

Literature Review: Studi Komparasi Klasifikasi Sampah menggunakan Algoritma Deep Learning

Literature Review: A Comparative Study of Waste Classification using Deep Learning Algorithms

¹Ariza Ikhlas*, ²Billy Hendrik

^{1,2}Magister Teknik Informatika, Universitas Putra Indonesia, Yayasan Perguruan Tinggi Komputer Padang, Indonesia

*e-mail: arizaikhlas01@gmail.com

(received: 15 March 2025, revised: 7 April 2025, accepted: 9 April 2025)

Abstrak

Klasifikasi jenis sampah merupakan masalah yang kita hadapi setiap harinya hingga saat ini, pengelolaan sampah yang tepat dapat memberikan kontribusi besar terhadap lingkungan dan peningkatan efisiensi terhadap proses daur ulang sampah. Sayangnya pengklasifikasian jenis sampah tidak banyak dilakukan oleh manusia itu sendiri sehingga sampah itu bercampur dengan berbagai jenis sampah sehingga sulit untuk memilah sampah mana yang dapat digunakan untuk di daur ulang dan mana yang tidak dapat didaur ulang hingga akhirnya sampah - sampah yang terkumpul semakin banyak dan sulit untuk diolah. Oleh karena itu sangat penting untuk mengotomatiskan prosedur ini dengan menggunakan Komputer Vision. Penelitian ini menggunakan metode *Systematic Literature Review* terhadap penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya. Tujuan dari penelitian ini adalah mencari algoritma yang tepat dalam pengklasifikasian jenis sampah, mencari model arsitektur apa yang cocok digunakan dalam pengklasifikasian sampah, mencari hubungan korelasi antara jumlah data dan kelas terhadap tingkat akurasi. Berdasarkan hasil penelitian dapat metode yang banyak digunakan adalah Algoritma CNN *Convolution Neural Network* yang dianggap baik dalam kasus komputer visi, adapun juga yang memiliki tingkat akurasi terbaik adalah CNN dengan arsitektur standart dengan memiliki akurasi tertinggi 100% dengan jumlah 150 data dan 3 kelas, CNN dengan Model ResNet50 dengan tingkat akurasi 99.41%, pada 2527 data dan 6 kelas, Kombinasi ResNet, kNN + NCA dengan tingkat akurasi 99.35% pada 13.089 data dan 1672 kelas, CNN (CapSA ECOC + ANN) dengan tingkat akurasi 99.01 pada 1.515 data dan 12 Kelas. Berdasar hasil penelitian sebelumnya telah banyak menemukan keberhasilan dalam pengklasifikasian jenis sampah dengan tingkat akurasi yang tinggi, yang dapat digunakan dalam membangun komputer visi untuk pengklasifikasian jenis sampah.

Kata Kunci: *klasifikasi, komputer visi, SLR, algoritma, CNN*

Abstract

Waste type classification remains a daily challenge in modern waste management. Proper waste classification contributes significantly to environmental protection and enhances the efficiency of the recycling process. Unfortunately, manual waste classification is rarely performed by individuals, resulting in mixed waste that is difficult to separate into recyclable and non-recyclable categories. This leads to increased waste accumulation, which becomes harder to process over time. Therefore, automating this procedure using computer vision is of critical importance. This study adopts a Systematic Literature Review (SLR) methodology to analyze existing research conducted by previous scholars. The main objectives are to identify the most appropriate algorithms for waste type classification, determine the most suitable model architectures, and examine the correlation between dataset size, number of classes, and classification accuracy. The results of the literature review show that the Convolutional Neural Network (CNN) algorithm is widely used and considered highly effective for computer vision tasks. Among the best-performing models are: A standard CNN architecture achieving 100% accuracy with 150 data points and 3 classes, CNN with ResNet50 model achieving 99.41% accuracy on 2,527 data points and 6 classes, A combination of ResNet, k-Nearest

<http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>

Neighbors (kNN), and Neighborhood Component Analysis (NCA) achieving 99.35% accuracy on 13,089 data points and 1,672 classes, CNN with CapSA ECOC + ANN model reaching 99.01% accuracy on 1,515 data points and 12 classes. These findings indicate that numerous prior studies have successfully developed high-accuracy models for waste classification, which can serve as a solid foundation for building computer vision systems to automate the waste sorting process.

Keywords: *classification, computer vision, SLR, algorithm, CNN*

1. Pendahuluan

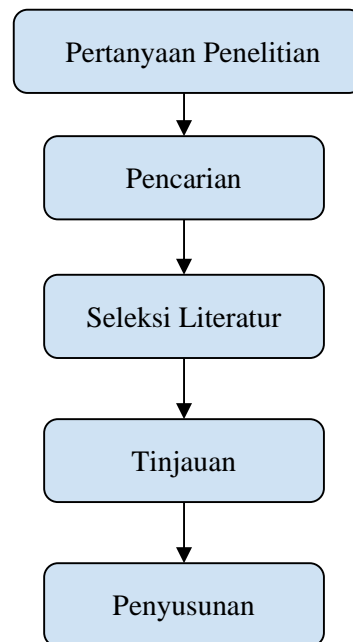
Sampah menjadi tantangan serius yang dihadapi oleh masyarakat modern diseluruh dunia. Peningkatan Volume sampah telah berkontribusi terhadap peningkatan emisi gas rumah kaca, polusi tanah dan air, serta penurunan kualitas udara. Kegiatan pengurangan sampah tidak hanya berfokus pada pengurangan jumlah timbunan sampah yang dihasilkan, tetapi juga pada meningkatkan kesadaran masyarakat akan pentingnya tindakan berkelanjutan dalam kehidupan sehari-hari melalui langkah-langkah edukasi. Dengan langkah-langkah konkrit dan tekad yang kuat dapat menciptakan lingkungan yang lebih bersih, sehat dan lestari untuk generasi saat ini dan yang akan datang [1].

Salah satu penyebab utama dari buruknya manajemen sampah adalah minimnya edukasi dan akses terhadap teknologi yang mendukung proses klasifikasi sampah serta ketidakmampuan masyarakat dalam mengelola dan memisahkan sampah sesuai kategorinya termasuk sulitnya mengenali kategori sampah tertentu, seperti organik dan an-organik yang memerlukan penanganan khusus yang berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan bahaya kesehatan, serta membatasi upaya daur ulang yang lebih efisien [2]. Selama ini tindakan memilah-milah sampah seringkali dianggap beban, hal yang menekan, dianggap tidak mungkin, merepotkan dan pandangan ini muncul diberbagai keluarga. Ironisnya, meskipun tanpa disadari tindakan memilah sampah sebenarnya sudah dilakukan dilingkungan rumah. Tetapi, kenyataannya adalah ketika saatnya membuang sampah, semuanya dicampur menjadi satu, lalu dibuang ke Tempat Pembuang Akhir (TPA) bahkan dilemparkan ke sungai atau saluran dan bahkan dibakar yang dapat menyebabkan timbulnya berbagai jenis penyakit, pencemaran lingkungan dan kerusakan ekosistem [3].

Metode Penelitian yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan Systematical Literature Review yang juga dikenal sebagai tinjauan pustaka sistematis adalah salah satu metode yang digunakan untuk mengidentifikasi masalah dan mengkaji informasi dari berbagai sumber seperti jurnal dan buku [4]. pengklasifikasian dalam bidang kecerdasan buatan adalah proses pengelompokan data ke dalam kategori atau kelas tertentu berdasar pola yang dikenali oleh sistem. Penerapan CNN dalam klasifikasi sampah telah menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam berbagai studi [2]. Convolution Neural Network (CNN) merupakan arsitektur deep learning yang sangat efektif dalam mengatasi masalah klasifikasi gambar. CNN juga sangat populer dalam deep learning karena kemampuannya dalam mengekstraksi fitur-fitur penting dari gambar dan mengubah dimensi gambar tersebut menjadi lebih kecil tanpa mengubah karakteristik gambar itu sendiri [5]. Studi ini bertujuan untuk menggali informasi algoritma apa yang populer digunakan dalam pengklasifikasian sampah, Jenis arsitektur apa saja yang memiliki akurasi terbaik dalam pengklasifikasian sampah, dan mencari hubungan korelasi atau hubungan antara banyaknya jumlah data dan jumlah kelas terhadap tingkat akurasi.

2. Metode Penelitian

Metode Penelitian ini menggunakan metode *systematical Literature Review* (SLR) yang juga dikenal sebagai tinjauan pustaka sistematis. SLR adalah satu metode yang digunakan untuk identifikasi masalah dan mengkaji informasi dari berbagai sumber seperti jurnal dan buku. Metode SLR ini mempunyai beberapa kelebihan yaitu lebih mudah dan efisien dalam menghasilkan literature review yang lebih detail, akurat dan kompleks, serta dapat memberikan informasi yang baik dalam menggambarkan sesuatu yang lebih dalam. Pada penelitian ini penulis menggunakan *systematical Literature Review* (SLR) sebagai metode untuk meninjau kembali terhadap penelitian sebelumnya. Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini ditunjukkan seperti Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Tahap penelitian

2.1 Pertanyaan Penelitian

Terdapat 3 Pertanyaan dalam penelitian ini yang perlu dicari jawabannya, pertanyaan yang diajukan dalam penelitian ini dapat dilihat dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Pertanyaan penelitian

ID	Pertanyaan Penelitian
RQ1	Algorithm apa saja yang digunakan dalam pengklasifikasian sampah?
RQ2	Model Architecture CNN apa yang baik digunakan untuk pengklasifikasian sampah?
RQ3	Apakah jumlah data dan kelas mempengaruhi keakuratan setiap model?

2.2 Strategi Pencarian

Strategi pencarian yaitu dengan mencari jurnal nasional atau internasional yang terindeks dalam Science and Technology Index, atau Google Scholar menggunakan keyword yang relevan dengan penelitian.

2.3 Seleksi Literatur

Setelah dilakukan pencarian jurnal melalui google scholar, peneliti melakukan seleksi jurnal berdasarkan tahun terbit tahun yang dipilih yaitu pada rentang tahun jurnal terbit 2021-2024. Artikel jurnal yang dipilih ialah artikel jurnal yang terindex pada Sinta, dan artikel pada jurnal Internasional. Artikel jurnal yang tidak relevan akan diseleksi, karena penelitian ini fokus pada penerapan teknologi AI Deeplearning atau machine learning.

2.4 Proses Tinjauan

Proses Review yaitu dilakukan dengan bantuan AI asisten seperti ChatGPT guna untuk mencari informasi yang diperlukan seperti judul, pengarang, tahun, metodologi, data, dan hasil penelitian. Hasil yang diperoleh beberapa artikel jurnal akan disintesis hingga dapat menghasilkan gambaran yang komprehensif, untuk menjawab beberapa Pertanyaan Penelitian.

2.5 Penyusunan Tinjauan

Hasil dari studi literatur ini kemudian disusun berdasarkan format yang terstruktur dimulai dari pendahuluan, metode penelitian, strategi pencarian, seleksi literature, proses review, penyusunan review, dan hasil pembahasan, sehingga penyusunan tersusun secara sistematis dan mudah untuk dipahami.

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil dan pembahasan literature review maka diperoleh beberapa informasi. Tabel 1 berikut merepresentasikan, judul, pengarang, tahun penelitian, metodologi, data, dan hasil penelitian seperti Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Literatur yang ditinjau berdasarkan judul, penulis, tahun algoritma data dan hasil

Ref	Judul	Author dan Tahun	Algorithm	Data	Hasil
[5]	Klasifikasi Citra Sampah Organik dan Non Organik Menggunakan Algoritma CNN (Convolutional Neural Network)	Fathoni Dwiatmoko, Dwi Utami, Nuari Anisa Sivi (2024)	Convolutional Neural Network (CNN)	- Dataset dari Kaggle. - 2800 gambar (1400 organik, 1400 non-organik). - Data uji: 200 gambar (100 organik, 100 non-organik)	- Akurasi: 99%. - Loss: 0.005. - Precision: 100%. - Recall: 100%. - F1-Score: 10
[3]	Perbandingan Klasifikasi Jenis Sampah Menggunakan Convolutional Neural Network Dengan Arsitektur ResNet18 dan ResNet50	Christin Eva Sari Nainggolan, Muhammad Nasir, Fatoni, Devi Udariansyah (2024)	Convolutional Neural Network (CNN) dengan arsitektur ResNet18 dan ResNet50	- Dataset terdiri dari 2527 gambar sampah dari Kaggle. - Enam kelas sampah: cardboard, glass, metal, paper, plastic, trash. - Data dibagi dalam rasio 80% training, 10% validasi, 10% tes	- Akurasi ResNet18: 98.69% - Akurasi ResNet50: 99.41% - Precision dan recall tinggi untuk semua kelas, sekitar 9
[6]	Garbage Waste Segregation Using Deep Learning Techniques	Sai Susanth G, Jenila Livingston L M, Agnel Livingston L G X (2021)	Deep Learning, Convolutional Neural Network (CNN)	Dataset dengan 4.163 gambar, terdiri dari enam kelas (Cardboard, Glass,	Model DenseNet169 memiliki akurasi tertinggi (94,9%) dibandingkan model
[7]	Analisis Model Klasifikasi Sampah Botol Berbasis Image	Asep Marzuki, Abdul Zaky, Afifah Cahayani Adha, Tengku Mohammad Yohandi (2024)	Convolutional Neural Network (CNN)	- Dataset terdiri dari 150 gambar per kategori (botol plastik, kaca, dan kaleng). - Data dibagi	- Akurasi data latih: 100%. - Akurasi data validasi: 87%. - Akurasi data uji dengan gambar baru:

	Processing dan Machine Learning dalam Rancang Bangun Aplikasi Penukaran Sampah Botol Otomatis			dalam rasio 80% training (120 gambar), 20% testing (30 gambar). - Dataset dikumpulkan dari berbagai sumber, termasuk foto sendiri dan gambar dari internet	rata-rata 57,5% (botol plastik: 57,4%, botol kaleng: 57,61%, botol kaca: 57,11%). - Model menunjukkan potensi tetapi perlu perbaikan agar lebih akurat terhadap data baru.
[8]	Klasifikasi Sampah Organik dan Anorganik Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN)	Grace Aprisia Bahagia, Mutaqin Akbar (2024)	Convolutional Neural Network (CNN) dengan TensorFlow	- Dataset dari Kaggle dan gambar tambahan dari Google Photo. - Total data: 18.052 gambar untuk training, 4.512 gambar untuk testing. - Augmentasi data: rotasi 10 derajat, zoom 4%, dan normalisasi nilai piksel (0-255 menjadi 0-1)	- Dataset dari Kaggle dan gambar tambahan dari Google Photo. - Total data: 18.052 gambar untuk training, 4.512 gambar untuk testing. - Augmentasi data: rotasi 10 derajat, zoom 4%, dan normalisasi nilai piksel (0-255 menjadi 0-1)
[9]	Optimasi Model Klasifikasi Citra Sampah Daur Ulang dengan Algoritma YOLO11	Anggita Aprilla, Willy Prihartono, Cep Lukman Rohmat (2024)	YOLO11 (You Only Look Once)	- Dataset: 400 gambar sampah (plastik, kaca, kardus, logam). - Sumber Data: Observasi lapangan dari Bank Sampah Dewi Sri. - Teknik Labeling: Gambar dikelompokkan berdasarkan jenis sampah	- Akurasi Model: 98,7%. - Precision: 98,8%. - Recall: 98,7%. - F1-Score: 98,7%. - Model berhasil mengklasifikasi jenis sampah dengan sangat baik
[10]	Pengenalan Sampah Daur Ulang Menggunakan	Siti Helmiyah (2025)	CNN (Convolutional Neural Networks)	Dataset gambar sampah (plastik, kertas, kaca)	Akurasi meningkat dari 40% menjadi 85% pada epoch terakhir, dengan loss

	Machine Learning untuk Mendukung Pengelolaan Limbah Berkelanjutan				menurun signifikan
[11]	A novel Garbage Intelligent Classification and Recycling System Based on Deep Learning	Wenbo Liu, Jingjing Jiang, Nan Li, Yu Wang, Kun Liu, Chenxiao Zhao (2021)	CNN (Convolutional Neural Networks)	Dataset gambar sampah dari berbagai sumber	Akurasi: 94%-99%, waktu klasifikasi: 8-15 detik, throughput sistem meningkat hingga 5000 sampel/detik
[12]	Implementasi Arsitektur Xception pada Model Machine Learning Klasifikasi Sampah Anorganik	Rian Kurniawan, Yessi Mulyani, Puput Budi Wintoro, Muhamad Komarudin (2023)	Convolutional Neural Network (CNN)	Dataset dari Kaggle (2.527 gambar) + 120 gambar dari internet & foto mandiri (total 2.647 gambar)	Model Xception dengan Adam optimizer dan learning rate 0,001 mencapai akurasi 87,81%
[13]	Comparative Study of ML Algorithms for Garbage Classification	Siddhant J. Buchade, Sachin Bhoite (2024)	MobileNetV2, InceptionV3, ResNet50	Dataset Kaggle (2527 gambar: kardus, logam, kertas, plastik, kaca, sampah)	MobileNetV2: 95.17%, ResNet50: 95.27%, InceptionV3: 96.88%
[14]	Research on Garbage Sorting Robotic Arm Based on Image Vision	Youran Huang, 2024	Deep Learning, AI untuk robotic arm	Dataset 15.596 gambar sampah dengan 12 kategori	Akurasi 96.9%, AUC 0.9989, berhasil mengontrol robotic arm untuk klasifikasi otomatis
[15]	Application research of image classification algorithm based on	Jianfei Wang, 2024	CNN dengan optimasi hyperparameter menggunakan CapSA dan klasifikasi berbasis ECOC + ANN	Dataset TrashNet (2.527 gambar, 6 kategori) dan HGCD (15.150 gambar, 12 kategori)	Akurasi 98.81% (TrashNet) dan 99.01% (HGCD), meningkat 1.46% dibandingkan

	deep learning in household garbage sorting			metode sebelumnya	
[16]	Projector Deep Feature Extraction-Based Garbage Image Classification Model Using Underwater Images	Kubra Demir & Orhan Yaman, 2024	Deep Learning, kNN, Neighborhood Component Analysis (NCA)	Dataset hybrid (13.089 gambar) dari ICRA19-Trash, YouTube, dan robot bawah air	Akurasi 99.35% dengan kombinasi ResNet101, NCA, dan kNN
[17]	A Novel Intelligent Garbage Classification System Based on Deep Learning and an Embedded Linux System	Bowen Fu, Su Li, Jiangdong Wei, Qiran Li, Qingnan Wang, Jihui Tu (2021)	GNet (berbasis transfer learning dan MobileNetV3)	Huawei Garbage Classification Challenge Cup dataset (24.000 gambar, 40 kategori)	Akurasi 92,62%, waktu klasifikasi rata-rata 0,63 detik

RQ1: Algorithm apa saja yang digunakan dalam pengklasifikasian sampah?

Berdasarkan hasil studi literatur yang telah dilakukan, algoritma yang umum digunakan untuk klasifikasi jenis sampah adalah Convolution Neural Network (CNN), namun terdapat berbagai arsitektur CNN yang digunakan untuk meningkatkan akurasi.

RQ2: Model Architecture CNN apa yang baik digunakan untuk klasifikasi sampah?

Performa model CNN dalam klasifikasi sampah sangat bergantung pada arsitektur model yang digunakan. Berdasarkan penelitian yang ditinjau, beberapa arsitektur yang menunjukkan hasil akurasi sebagaimana Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Algorithm, data, kelas dan hasil akurasi

Algorithm	Data	Class	Hasil akurasi
CNN	150	3	100
CNN(Resnet50)	2527	6	99.41
Kombinasi RESNET101 , kNN+NCA	13.089	1672	99.35
CNN(CapSA ECOC+ANN	1.515	12	99.01
CNN	2800	2	99
CNN(CapSA ECOC+ANN	2.527	6	98.81

<http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>

Algorithm	Data	Class	Hasil akurasi
Yolo11(CNN)	400	4	98.7
CNN(Resnet18)	2527	6	98
CNN(Xception)	15.596	12	96.9
CNN(Inception)	2527	6	96.88
CNN(RESNET50)	2527	6	95.27[8]
CNN(MobileNet)	2527	6	95.17
CNN (DesneNet169)	4163	6	94.9
CNN (ResNet50)	4163	6	93.4
CNN (VGG16)	4163	6	91.7
CNN (AlexNet)	4163	6	89.3
CNN	5.000	3	85
CNN	15.515	2	84.46
GNet (berbasis transfer learning dan MobileNetV3)	24.000	40	92.62

1. CNN memiliki tingkat akurasi tertinggi dengan akurasi 100% pada 150 jumlah data dan 3 Kelas.
2. CNN dengan Model ResNet50 dengan tingkat akurasi 99.41% pada 2527 jumlah data dan 6 kelas
3. Kombinasi ResNet101, kNN + NCA dengan tingkat akurasi 99.35% pada 13.089 jumlah data 1.672 Kelas.
4. CNN (CapSA ECOC + ANN) dengan tingkat akurasi 99.01 pada 1.515 jumlah data dan 12 Kelas.

RQ3: Apakah jumlah data dan kelas mempengaruhi keakuratan setiap model?

Untuk menjawab research question ke-3 dalam penelitian ini saya melakukan study korelasi untuk mengetahui pengaruh jumlah data dan kelas terhadap tingkat akurasi pada setiap model cnn. tingkat akurasi sebagai independent variable, jumlah data dan jumlah kelas sebagai dependent variable.maka hasil yang dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Korelasi data, kelas dan akurasi

	Hasil Akurasi
Jumlah Data	-0.57
Jumlah Kelas	0.21

Berdasarkan analisis Korelasi, jumlah data tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap akurasi model (dengan Nilai Korelasi - 0.57). Ini menunjukkan bahwa jumlah data yang lebih besar tidak selalu meningkatkan akurasi jika tidak dioptimalkan dengan baik.

Sebaliknya jumlah kelas dalam dataset memiliki pengaruh positif terhadap akurasi (nilai korelasi 0.21). Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak kelas yang digunakan dalam pelatihan model, dapat lebih spesifik dalam mengenali berbagai jenis sampah, sehingga mempengaruhi tingkat akurasi.

4. Kesimpulan

Teknologi Deep Learning, khususnya CNN dan arsitektur lainnya, sangat efektif dalam pengklasifikasian jenis sampah. Pemilihan model yang tepat, jumlah kelas yang seimbang, serta optimasi parameter sangat berpengaruh terhadap tingkat akurasi. Penggunaan arsitektur seperti ResNet50, ResNet101, k-NN + NCA dan CNN (CapSA ECOC+ANN) menunjukkan hasil yang sangat baik dalam klasifikasi sampah. Penelitian lebih lanjut dan optimalisasi model, sistem klasifikasi sampah berbasis AI dapat semakin meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan limbah dan mendukung keberlanjutan lingkungan.

References

- [1] V. Damayanti, "Laporan Kinerja Direktorat Pengurangan Sampah," Jakarta, Jan. 2024.
- [2] Z. Nugraha Indra, Arnita, K. Saputra, A. Setiawan, R. Maharani, and F. Zaharani, "Implementasi Algoritma CNN dalam Pengembangan Website untuk Klasifikasi Sampah Organik dan Non-Organik," *Jurnal Managemen Informatika & Sistem Informasi*, vol. 8, no. 1, pp. 90–101, Jan. 2025, doi: 10.36595/misi.v5i2.
- [3] C. Eva Sari Nainggolan, M. Nasir, and D. Udariansyah, "Perbandingan Klasifikasi Jenis Sampah menggunakan Convolutional Neural Network dengan Arsitektur ResNet18 dan ResNet50 the Classification Comparison of Waste Type using Convolutional Neural Network by Resnet18 and Resnet50 Architecture," vol. 16, no. 1, p. 76, 2024, doi: 10.22303/csrid.1.1.2022.01-10.
- [4] Q. A'yuni 1* and B. Hendrik, "Literature Review : Analisis Komparatif Algoritma CNN, KNN, dan SVM untuk Klasifikasi Penyakit Kelapa Sawit," *Journal of Education Research*, vol. 5, no. 4, pp. 6589–6596, Dec. 2024, doi: <https://doi.org/10.37985/jer.v5i4.1983>.
- [5] F. Dwiatmoko, D. Utami, N. A. Sivi, U. Nahdlatul, and U. Lampung, "Klasifikasi Citra Sampah Organik dan Non Organik menggunakan Algoritma CNN (Convolutional Neural Network)," 2024.
- [6] G. S. Susanth, L. M. J. Livingston, and L. G. X. A. Livingston, "Garbage Waste Segregation using Deep Learning Techniques," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 1012, no. 1, p. 012040, Jan. 2021, doi: 10.1088/1757-899x/1012/1/012040.
- [7] A. Marzuki, A. Zaky, A. C. Adha, and T. M. Yoshandi, "Analisis Model Klasifikasi Sampah Botol berbasis Image Processing dan Machine Learning dalam Rancang Bangun Aplikasi Penukaran Sampah Botol Otomatis," 2024.
- [8] G. A. Bahagia and M. Akbar, "Klasifikasi Sampah Organik dan Anorganik menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN)," Yogyakarta, Oct. 2024.
- [9] A. Aprilla, W. Prihartono, and C. L. Rohmat, "Optimasi Model Klasifikasi Citra Sampah Daur Ulang dengan Algoritma Yolo 11," *Jurnal Khatulistiwa*, vol. 12, pp. 92–97, Dec. 2024.
- [10] P. Sampah, D. Ulang menggunakan, and S. Helmiyah, "Pengenalan Sampah Daur Ulang menggunakan Machine Learning untuk mendukung Pengelolaan Limbah Berkelanjutan," *Jurnal Pendidikan*, vol. 8, no. No.1, pp. 71–78, Feb. 2025.
- [11] W. Liu, J. Jiang, N. Li, Y. Wang, K. Liu, and C. Zhao, "A Garbage Intelligent Classification and Recycling System based on Deep Learning," in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2024, pp. 744–750. doi: 10.1016/j.procs.2024.09.089.
- [12] R. Kurniawan, P. B. Wintoro, Y. Mulyani, and M. Komarudin, "Implementasi Arsitektur Xception pada Model Machine Learning Klasifikasi Sampah Anorganik," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 11, no. 2, Apr. 2023, doi: 10.23960/jitet.v11i2.3034.
- [13] S. J. Buchade and S. Bhoite, "Comparative Study of ML Algorithms for Garbage Classification," Jan. 30, 2024. doi: 10.21203/rs.3.rs-3903806/v1.

- [14] Y. Huang, "Research on Garbage Sorting Robotic Arm based on Image Vision," in *Journal of Physics: Conference Series*, Institute of Physics, 2024. doi: 10.1088/1742-6596/2741/1/012020.
- [15] J. Wang, "Application Research of Image Classification Algorithm based on Deep Learning in Household Garbage Sorting," *Heliyon*, vol. 10, no. 9, May 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e29966.
- [16] K. Demir and O. Yaman, "Projector Deep Feature Extraction-based Garbage Image Classification Model using Underwater Images," *Multimed Tools Appl*, Oct. 2024, doi: 10.1007/s11042-024-18731-w.
- [17] B. Fu, S. Li, J. Wei, Q. Li, Q. Wang, and J. Tu, "A Novel Intelligent Garbage Classification System based on Deep Learning and an Embedded Linux System," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 131134–131146, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3114496.