

Klasifikasi Sampah Organik dan Anorganik Menggunakan Transfer Learning MobileNetV2 pada Citra Digital

Muhammad Syarif^{1*}, Sidik Prasetyo², Erika Oktaviana Az Zahra³, Yohanes Indra Kristiawan⁴, Ridwan Dwi Irawan⁵

¹Teknik Informatika/ Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

^{1*}210103167@mhs.udb.ac.id

²Teknik Informatika/Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

²210103142@mhs.udb.ac.id

³Teknik Informatika/Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

³210103130@mhs.ac.id

⁴Teknik Informatika/Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

⁴210103145@mhs.udb.ac.id

⁵Teknik Informatika/Fakultas Ilmu Komputer

Universitas Duta Bangsa Surakarta

⁵ridwan_dwiirawan@udb.ac.id

Abstrak— Permasalahan sampah masih menjadi isu serius di berbagai kota besars, terutama akibat kurangnya pemilahan antara sampah organik dan anorganik sejak dari sumbernya. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi otomatis sampah berbasis citra digital menggunakan pendekatan *transfer learning* dengan arsitektur MobileNetV2. Dataset yang digunakan terdiri dari gambar sampah organik seperti daun kering dan sisa makanan, serta sampah anorganik seperti plastik dan botol bekas, yang dikumpulkan dari lingkungan nyata. Proses pelatihan dilakukan di Google Colab dengan teknik augmentasi dan normalisasi data. Model dilatih selama 15 epoch dan mencapai akurasi validasi sebesar 93%. Evaluasi terhadap 20 citra uji baru menunjukkan akurasi klasifikasi sebesar 100%, dengan nilai confidence score yang tinggi pada sebagian besar gambar. Hasil ini menunjukkan bahwa MobileNetV2 memberikan hasil yang sesuai dalam mengenali jenis sampah, bahkan dengan keterbatasan data dan sumber daya komputasi. Kendati demikian, model mengalami sedikit penurunan kepercayaan pada citra dengan karakteristik visual ambigu. Penelitian ini menunjukkan potensi penggunaan deep learning dalam pengelolaan sampah berbasis teknologi, dan dapat menjadi dasar pengembangan sistem pemilah sampah otomatis berbasis kamera.

Kata kunci— Klasifikasi Sampah, MobileNetV2, Transfer Learning, Pengolahan Citra Digital, Deep Learning

Abstract— Waste management remains a major issue in urban areas, particularly due to the lack of separation between organic and inorganic waste at the source. This study aims to develop an automatic waste classification system based on digital image processing using a transfer learning approach with the MobileNetV2 architecture. The dataset consists of real-world images of organic waste such as dried leaves, food scraps and inorganic waste such as plastic, bottles. The training was conducted on Google Colab using data augmentation and normalization techniques. The model was trained for 15 epochs and achieved a validation accuracy of 93%. Evaluation on 20 new test images showed a classification accuracy of 100%, with high confidence scores in most predictions. These results demonstrate that MobileNetV2 is effective and efficient in identifying waste types, even with limited data and computing resources. However, the model showed reduced confidence in images with ambiguous visual features. This study highlights the potential of deep learning in smart waste management systems and provides a foundation for developing automated waste sorting technologies based on camera input.

Keywords— Waste Classification, MobileNetV2, Transfer Learning, Digital Image Processing, Deep Learning

I. PENDAHULUAN

Permasalahan sampah masih menjadi isu yang kompleks di berbagai kota besar di Indonesia. Berdasarkan penelitian Zidan Indra Nugraha dkk (2025), sebagian besar masyarakat masih mencampur sampah organik dan anorganik, sehingga menyulitkan proses daur ulang dan

meningkatkan beban tempat pembuangan akhir (TPA) [1]. Kondisi ini tidak hanya meningkatkan beban tempat pembuangan akhir tetapi juga mempercepat penumpukan volume sampah, meningkatkan risiko pencemaran lingkungan, serta gangguan kesehatan akibat sampah tidak terkelola dengan baik. Sampah pada umumnya dibagi menjadi dua jenis, pertama sampah organik yang berasal dari

sisia makhluk hidup seperti dedaunan, sampah dapur, kayu, dan kotoran hewan. Kemudian, kedua sampah anorganik yaitu sampah kering dan sangat sulit terurai seperti, plastik, karet, kaca, dan logam [2]. Kurangnya kesadaran serta fasilitas yang memadai untuk melakukan pemilahan sejak dari rumah tangga menyebabkan penanganan sampah menjadi tidak efisien [3]. Pemilahan sampah merupakan langkah penting dalam pengelolaan sampah, pemilahan yang efektif dapat mengurangi dampak negatif dari sampah, meningkatkan ekonomi dengan melakukan daur ulang, dan menghemat sumber daya [4]. Oleh karena itu, diperlukan solusi berbasis teknologi yang dapat membantu proses identifikasi dan pemilahan sampah secara otomatis.

Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengatasi persoalan tersebut, salah satunya dengan penerapan teknologi berbasis pengolahan citra digital dan kecerdasan buatan. Grace Aprisia Bahagia dan Mutaqin Akbar (2024) mengembangkan sistem klasifikasi gambar sampah organik dan anorganik menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) dan mencapai tingkat akurasi yang cukup tinggi [5]. Hal ini menunjukkan bahwa teknologi deep learning memiliki potensi besar dalam membantu klasifikasi sampah secara otomatis, cepat, dan presisi tanpa campur tangan manusia secara langsung.

Penelitian serupa dilakukan oleh Figo Ramadhan Hendri dan Fitri Utaminingrum (2022), yang mengembangkan sistem klasifikasi sampah menggunakan YOLOv3 dan Raspberry Pi dengan akurasi deteksi melebihi 90%. Sistem ini menunjukkan bahwa klasifikasi citra dapat diterapkan secara real-time bahkan pada perangkat berdaya rendah, seperti kamera tertanam atau edge device [6]. Dengan pendekatan yang efisien, sistem klasifikasi berbasis citra digital dapat mendukung program pemilahan sampah otomatis di tempat umum, sekolah, atau fasilitas publik.

Penelitian serupa juga dilakukan oleh Achmad Reza Fahrurroji (2024), yang mengembangkan sistem klasifikasi sampah menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN) dengan arsitektur MobileNet. Hasil akurasi yang diperoleh pada penelitian ini beragam, dengan nilai tertinggi pada mode ini 96% untuk sampah metal dan terendah 72% untuk sampah plastik. Meskipun,

model yang digunakan diatas cukup baik, namun terdapat kelemahan dalam membedakan objek yang serupa seperti botol kaca dan botol plastik [7]. Hal ini menunjukkan bahwa model masih memiliki keterbatasan dalam mengenali objek yang serupa sehingga berdampak pada akurasi klasifikasi.

Selain pendekatan berbasis CNN, sejumlah penelitian lain mencoba menggabungkan metode tradisional seperti Gray Level Co-occurrence Matrix (GLCM) dan Color Moments dengan algoritma klasifikasi seperti Support Vector Machine (SVM). Iffa Zainan Nisa dkk (2022) melaporkan akurasi sebesar 78,87% untuk klasifikasi sampah menggunakan pendekatan tersebut. Namun, akurasi dan fleksibilitas metode ini masih kalah dibandingkan pendekatan deep learning yang mampu mengekstrak fitur secara otomatis dari data citra dalam jumlah besar [8].

Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem klasifikasi otomatis sampah organik dan anorganik menggunakan pendekatan transfer learning dengan memanfaatkan model MobileNetV2. MobileNetV2 dipilih karena memiliki arsitektur yang ringan dan efisien, serta telah terbukti handal untuk klasifikasi citra dengan keterbatasan sumber daya komputasi [9]. Diharapkan, model ini mampu menghasilkan prediksi akurat pada gambar sampah yang dikumpulkan dari lingkungan nyata, serta dapat menjadi dasar pengembangan sistem pemilah sampah berbasis kamera atau perangkat pintar.

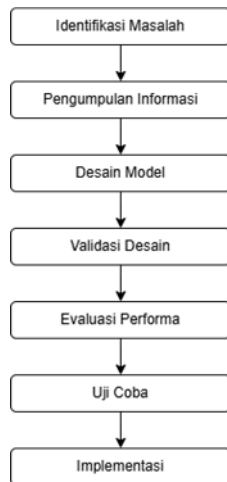
II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) yang bertujuan untuk mengembangkan dan menguji sebuah sistem klasifikasi otomatis jenis sampah berbasis pengolahan citra digital. Metode R&D dipilih karena sesuai untuk menghasilkan suatu produk inovatif yang dapat diimplementasikan dalam konteks nyata, sekaligus memungkinkan peneliti untuk mengevaluasi efektivitas produk tersebut secara sistematis [10].

Dalam penelitian ini, produk yang dikembangkan berupa model klasifikasi citra sampah organik dan anorganik, yang dibangun menggunakan pendekatan transfer learning dengan memanfaatkan arsitektur MobileNetV2. Model ini dirancang untuk mengenali

dan mengklasifikasikan gambar sampah berdasarkan ciri-ciri visualnya secara otomatis, cepat, dan efisien.

Penelitian ini mengadaptasi tahapan metode Research and Development (R&D) ke dalam tujuh langkah utama, dengan tujuan menyederhanakan proses pengembangan dan pengujian sistem klasifikasi citra sampah berbasis transfer learning. Adapun tahapan-tahapan tersebut dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 1. Alur Penelitian

A. Identifikasi Masalah

Pada tahap awal, peneliti mengkaji permasalahan lingkungan terkait rendahnya efektivitas pengelolaan sampah di masyarakat, khususnya akibat tidak adanya proses pemilahan antara sampah organik dan anorganik. Permasalahan ini menyebabkan peningkatan volume limbah campuran di tempat pembuangan akhir (TPA) dan menyulitkan proses daur ulang. Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan sistem klasifikasi otomatis berbasis citra digital untuk membantu pemilahan sampah secara lebih efisien.

B. Pengumpulan Informasi

Peneliti melakukan studi pustaka untuk memahami ciri visual sampah organik dan anorganik, teknik pengolahan citra digital dalam klasifikasi objek, serta penerapan transfer learning, khususnya MobileNetV2. Selain itu, peneliti juga melakukan pengumpulan dataset dari Kaggle yang kemudian dilakukan proses pembersihan dan dikategorikan ulang menjadi dua kelas, yaitu organik dan anorganik. Jenis sampah B3 yang ada didalam

dataset dimasukkan ke dalam kategori sampah anorganik. Jumlah gambar yang digunakan pada penelitian ini adalah 2990 gambar yang terdiri dari sampah organik dan anorganik. Peneliti juga menambahkan gambar sampah dari lingkungan sekitar yang diklasifikasikan ke dalam dua kategori, yaitu organik (daun, buah busuk, sisa makanan) dan anorganik (plastik, botol, logam).

C. Desain Model

Tahap ini mencakup perancangan model klasifikasi citra menggunakan arsitektur MobileNetV2 dengan pendekatan transfer learning di Google Colab. Model dilatih menggunakan ImageDataGenerator untuk augmentasi dan normalisasi citra. Arsitektur model terdiri dari MobileNetV2, GlobalAveragePooling2D, dan output Dense beraktivasi sigmoid. Pelatihan menggunakan optimizer Adam, loss function binary crossentropy, dan 15 epoch.

D. Validasi Desain

Setelah model dirancang, dilakukan proses pelatihan dan validasi menggunakan dataset yang telah dibagi menjadi 80% data latih dan 20% data validasi. Untuk meningkatkan kemampuan generalisasi model, diterapkan augmentasi berupa rotasi, pergeseran posisi, zoom, dan pembalikan horizontal. Dalam menghadapi ketidakseimbangan kelas, digunakan teknik penyesuaian bobot kelas (class weighting). Model dievaluasi berdasarkan akurasi dan nilai loss pada data pelatihan maupun validasi.

E. Evaluasi Performa

Jika hasil validasi belum mencapai target akurasi $\geq 85\%$, dilakukan penyempurnaan seperti menambah epoch, melakukan fine-tuning, atau menyesuaikan parameter augmentasi. Revisi bertujuan meningkatkan kemampuan generalisasi model terhadap data baru.

F. Uji Coba

Model yang telah dilatih diuji menggunakan citra baru melalui antarmuka unggah gambar di Google Colab. Output berupa label klasifikasi (organik/anorganik), confidence score, dan visualisasi citra hasil prediksi digunakan untuk menilai performa akhir sistem.

G. Implementasi

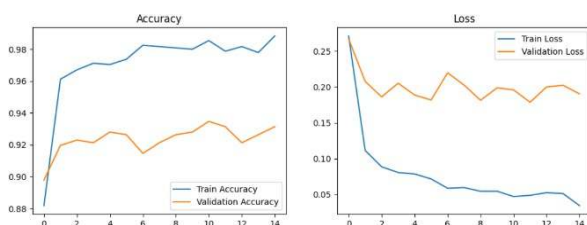
Produk akhir berupa model klasifikasi sampah berbasis MobileNetV2 dan sistem prediksi yang dapat digunakan langsung. Sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut untuk integrasi ke dalam perangkat cerdas seperti smart trash bin, guna mendukung pemilahan sampah otomatis.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pelatihan Model

Model klasifikasi citra sampah berbasis MobileNetV2 dilatih selama 15 epoch dengan ukuran batch sebesar 32. Proses pelatihan dilakukan pada dataset yang telah dibagi menjadi 80% data pelatihan dan 20% data validasi, dengan total sebanyak 2.990 gambar, yang terdiri dari 2.393 gambar untuk pelatihan dan 597 gambar untuk validasi, serta terbagi dalam 2 kelas. Untuk meningkatkan kemampuan generalisasi model, diterapkan augmentasi data secara real-time menggunakan rotasi, flip horizontal, zoom, dan rescaling.

Visualisasi hasil pelatihan disajikan pada Gambar 2, yang menunjukkan perkembangan akurasi dan nilai loss pada data pelatihan dan validasi selama proses pelatihan. Akurasi pelatihan meningkat signifikan hingga mencapai lebih dari 98%, sedangkan akurasi validasi stabil di kisaran 92% hingga 93%. Sementara itu, grafik loss menunjukkan penurunan tajam pada data pelatihan dengan nilai loss mendekati nol, sedangkan pada data validasi tampak fluktuasi kecil yang mengindikasikan kemungkinan *minor overfitting* namun masih dalam batas toleransi.



Gambar 2. Grafik Akurasi dan Loss Selama Pelatihan

B. Evaluasi Model

Evaluasi performa model dilakukan terhadap data validasi dan data uji yang tidak digunakan dalam

proses pelatihan. Berdasarkan hasil pengujian, model menunjukkan akurasi keseluruhan sebesar 87%. Selain itu, dilakukan evaluasi dengan *confusion matrix* untuk menilai distribusi prediksi terhadap label sebenarnya.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa precision untuk kelas anorganik mencapai 0.89, sedangkan precision untuk kelas organik sebesar 0.85. Nilai recall pada kedua kelas berada di atas 0.84, dan nilai F1-score rata-rata tercatat sebesar 0.86. Evaluasi ini mengindikasikan bahwa model memiliki performa klasifikasi yang seimbang dalam mengenali kedua kategori sampah. Selain itu, penggunaan *class weighting* pada saat pelatihan terbukti efektif dalam mengurangi bias akibat ketidakseimbangan jumlah data antar kelas.

Untuk menguji kemampuan generalisasi terhadap data dunia nyata, dilakukan uji coba terhadap dua citra sampah yang tidak termasuk dalam dataset pelatihan maupun validasi. Gambar 3 dan Gambar 4 menunjukkan hasil prediksi model terhadap citra daun kering dan botol plastik bekas.



Gambar 3. Hasil Prediksi Citra Daun Kering



Gambar 4. Hasil Prediksi Citra Botol Plastik Bekas

Model berhasil mengklasifikasikan kedua gambar uji dengan tingkat probabilitas yang tinggi, masing-masing 0.99 untuk organik dan 0.94 untuk anorganik. Hasil ini menunjukkan bahwa model memiliki kemampuan prediksi yang kuat terhadap citra yang berasal dari lingkungan nyata, dan berpotensi untuk diimplementasikan dalam sistem klasifikasi sampah otomatis berbasis citra.

C. Uji Coba

Untuk menguji kemampuan generalisasi model terhadap data yang sepenuhnya baru, dilakukan pengujian terhadap 20 citra uji acak yang tidak termasuk dalam data pelatihan maupun validasi. Seluruh citra diambil dari lingkungan nyata dan merepresentasikan dua kategori sampah, yaitu organik dan anorganik. Pengujian dilakukan melalui antarmuka pengguna di Google Colab, di mana setiap citra dimasukkan ke dalam sistem klasifikasi untuk menghasilkan label prediksi dan nilai *confidence score* dalam satuan persen.

Tabel 1. menunjukkan hasil prediksi model terhadap masing-masing citra uji, yang mencakup nama file, label aktual, label prediksi oleh model, dan tingkat kepercayaan prediksi (*confidence score*).

Tabel 1. Hasil Uji Prediksi Model terhadap Gambar Baru

No	Nama File	Kelas Aktual	Prediksi Model	Confidence(%)
1	Organik 1.jpg	Organik	Organik	99
2	kaca.jpg	Anorganik	Anorganik	90
3	Organik 2.jpg	Organik	Organik	98
4	Anorganik 2.jpg	Anorganik	Anorganik	90
5	Organik 3.jpeg	Organik	Organik	92
6	handpone.jpg	Anorganik	Anorganik	90
7	tulang ikan.jpg	Organik	Organik	92
8	koran.jpeg	Anorganik	Anorganik	94
9	Serbuk kayu.jpg	Organik	Organik	94

10	kaleng.jpg	Anorganik	Anorganik	84
11	sisa nasi.jpg	Organik	Organik	99
12	kardus.jpg	Anorganik	Anorganik	97
13	buah.jpg	Organik	Organik	99
14	baterai.jpg	Anorganik	Anorganik	99
15	daging.jpg	Organik	Organik	97
16	barang elektronik.jpg	Anorganik	Anorganik	94
17	sisa makanan.jpg	Organik	Organik	92
18	kain.jpg	Anorganik	Anorganik	99
19	daun basah.jpg	Organik	Organik	79
20	barang antik.jpg	Anorganik	Anorganik	97

Model berhasil mengklasifikasikan seluruh gambar dengan label yang sesuai dengan kelas aktual, menghasilkan akurasi uji sebesar 99%. Hasil ini menunjukkan kemampuan generalisasi yang sangat baik, bahkan ketika model dihadapkan pada citra baru yang diambil dari kondisi lingkungan nyata.

Namun demikian, meskipun prediksi secara keseluruhan akurat, terdapat beberapa citra dengan nilai *confidence* di bawah 90%, seperti gambar kaleng (84%) dan daun basah (79%). Nilai keyakinan yang relatif rendah ini mengindikasikan bahwa model mengalami sedikit ketidakpastian pada citra dengan karakter visual yang ambigu atau kualitas pencahayaan yang tidak optimal.

Temuan ini menunjukkan bahwa meskipun performa model sangat baik, masih terdapat ruang untuk peningkatan, khususnya dalam mengatasi variasi pencahayaan, bentuk, atau tekstur objek. Pengembangan selanjutnya dapat difokuskan pada peningkatan ukuran dan keberagaman dataset, serta eksplorasi arsitektur lain yang lebih kompleks jika dibutuhkan.

D. Pembahasan

Hasil pelatihan dan pengujian menunjukkan bahwa arsitektur MobileNetV2 dengan pendekatan *transfer learning* mampu menghasilkan model klasifikasi citra sampah yang akurat dan efisien. Meskipun menggunakan dataset terbatas dan sumber daya komputasi ringan, model menunjukkan akurasi tinggi dan generalisasi yang baik, sesuai dengan desain MobileNetV2 yang ditujukan untuk perangkat mobile dan sistem tertanam.

Dibandingkan dengan pendekatan CNN konvensional (Grace Aprisia Bahagia & Mutaqin Akbar, 2024), model ini menunjukkan pelatihan lebih cepat dan akurasi stabil. Sementara pendekatan YOLOv3 (Figo Ramadhan Hendri & Fitri

Utamingrum, 2022) unggul dalam deteksi real-time, MobileNetV2 dinilai lebih praktis untuk kebutuhan klasifikasi berbasis pengguna umum.

Pengujian pada citra baru membuktikan kemampuan model dalam mengenali objek dari lingkungan nyata. Namun, tantangan tetap ada, terutama pada citra dengan karakteristik visual ambigu seperti sampah campuran. Untuk itu, pengembangan dataset yang lebih beragam serta pelatihan lanjutan melalui *fine-tuning* disarankan agar model lebih robust terhadap variasi citra di lapangan.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan model klasifikasi citra sampah organik dan anorganik menggunakan arsitektur MobileNetV2 dengan pendekatan transfer learning. Model menunjukkan akurasi validasi di atas 90% dan akurasi uji sebesar 100% pada data baru, dengan confidence score yang tinggi, membuktikan kemampuannya dalam menggeneralisasi data dari lingkungan nyata. Efisiensi arsitektur MobileNetV2 menjadikan model ini cocok untuk diterapkan dalam sistem klasifikasi sampah otomatis berbasis perangkat pintar. Meskipun demikian, tantangan masih ditemukan pada citra dengan ciri visual ambigu, sehingga pengembangan dataset yang lebih beragam serta penerapan fine-tuning disarankan sebagai langkah pengembangan lebih lanjut.

REFERENSI

- [1] Z. I. Nugraha, Arnita, S. K. S, A. Setiawan, R. Maharani, and F. Zaharani, "IMPLEMENTASI ALGORITMA CNN DALAM PENGEMBANGAN WEBSITE UNTUK KLASIFIKASI SAMPAH ORGANIK, DAN NON-ORGANIK," *J. Manaj. Inform. Sist. Inf.*, vol. 8, no. 1, pp. 90–101, 2025, doi: 10.36595/misi.v5i2.
- [2] M. Muslihati, S. Sahibu, and I. Taufik, "Implementasi Algoritma Convolutional Neural Network untuk Klasifikasi Jenis Sampah Organik dan Non Organik," *MALCOM Indones. J. Mach. Learn. Comput. Sci.*, vol. 4, no. 3, pp. 840–852, 2024, doi: 10.57152/malcom.v4i3.1346.
- [3] Ryandy Fermat Silolongan, "Analisis Faktor Penghambat Efektivitas Pengelolaan Sampah di Kabupaten Mimika," *J. Krit.*, vol. 3, no. 2, pp. 17–39, 2019.
- [4] W. F. Akbar, N. C. Wibowo, and D. S. Y. Kartika, "Implementasi Transfer Learning Model DenseNet169 Untuk Klasifikasi Citra Jenis Sampah," *J. Tek. Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 11, no. 4, pp. 495–506, 2024.
- [5] G. A. Bahagia and M. Akbar, "KLASIFIKASI SAMPAH ORGANIK DAN ANORGANIK MENGGUNAKAN METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK (CNN)," vol. 8, no. 5, pp. 10349–10355, 2024.
- [6] F. R. Hendri and F. Utamingrum, "Rancang Bangun Sistem Pengklasifikasi Jenis Sampah Organik dan Anorganik

- menggunakan metode You Only Look Once versi 3 berbasis Raspberry Pi," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 6, no. 7, pp. 3509–3514, 2022, [Online]. Available: <https://j-ptiik.ub.ac.id/index.php/j-ptiik/article/view/11381>
- [7] A. R. Fahcruroji, "IMPLEMENTASI ALGORITMA CNN MOBILENET UNTUK KLASIFIKASI GAMBAR SAMPAH DI BANK SAMPAH," Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta, 2024.
 - [8] I. Z. Nisa, S. N. Endah, P. S. Sasongko, R. Kusumaningrum, K. Khadijah, and R. Rismiyati, "Klasifikasi Citra Sampah Menggunakan Support Vector Machine dengan Ekstraksi Fitur Gray Level Co-Occurrence Matrix dan Color Moments," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 9, no. 5, pp. 921–930, 2022, doi: 10.25126/jtiik.2022954868.
 - [9] I. Nesta Suandana, A. Asriyanik, and W. Apriandari, "Pemanfaatan Cnn (Convolution Neural Network) Dan Mobilenet V2 Dalam Klasifikasi Rempah-Rempah Lokal Di Indonesia," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 5, pp. 10109–10116, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i5.10873.
 - [10] Sulistiawati, E. Cipta, and E. Muchlis, "Analisis Bibliometrik Perkembangan Penelitian R&D Model ADDIE Pada Pembelajaran Matematika Dengan Vosviewer Tahun 2017-2022," *J. Pendidik. Mat. Sigma Didakt.*, vol. 10, no. 2, pp. 96–119, 2022, [Online]. Available: <https://ejournal.upi.edu/index.php/SIGMADIDAKTIKA/article/view/52509>