

Analisis Komparatif YOLOv11 Dan CNN Untuk Segmentasi Sampah Organik, Anorganik, Dan B3

^{1*}R. Much Ardiansyah Putra, ²Resty Wulanningrum, ³Risky Aswi Ramadhani

^{1,2,3} Teknik Informatika, Universitas Nusantara PGRI Kediri

E-mail: *¹project.ardiansyah@gmail.com, ²restyw@unpkediri.ac.id,

³riskyaswiramadhani@gmail.com

Penulis Korespondens : R. Much Ardiansyah Putra

Abstrak— Pemilahan sampah rumah tangga masih menjadi persoalan karena sampah organik, non-organik, dan B3 sering tercampur sehingga menghambat pengolahan dan meningkatkan risiko pencemaran. Penelitian ini bertujuan merancang sistem segmentasi sampah menggunakan YOLOv11n-Seg serta membandingkan hasil klasifikasinya dengan CNN EfficientNetB0. Dataset yang digunakan berformat YOLO segmentation dengan 2.893 citra dan 3.431 objek anotasi pada kelas organik, non-organik, dan B3. Tahapan penelitian meliputi analisis dataset, anotasi instance segmentation, pelatihan model, evaluasi, dan implementasi prototipe Streamlit. Hasil pengukuran evaluasi metrik YOLO dirancang menggunakan Precision sebesar 92,5%, Recall sebesar 91,2%, F1-Score sebesar 91,9%, mAP-50 sebesar 95,6%, dan mAP 50-95 sebesar 84,4%. Sedangkan untuk pengukuran hasil metrik CNN menggunakan nilai akurasi sebesar 99,28%, Precision sebesar 98,92%, Recall sebesar 99,6%, F1-Score sebesar 99,25%. Hasil analisis dataset menunjukkan kelas non-organik dominan dengan 1.922 objek, diikuti organik 862 objek dan B3 647 objek. Sistem ini diharapkan membantu identifikasi sampah rumah tangga secara cepat dan interaktif.

Kata Kunci—Segmentasi, Sampah, Machine Learning, YOLO, CNN

Abstract— Household waste sorting remains a challenge because organic, non-organic, and hazardous waste are often mixed together, hindering processing and increasing the risk of pollution. This study aims to design a waste segmentation system using YOLOv11n-Seg and compare its classification results with the EfficientNetB0 CNN. The dataset used is in YOLO segmentation format, comprising 2,893 images and 3,431 annotated objects across the organic, non-organic, and hazardous waste classes. The research stages include dataset analysis, instance segmentation annotation, model training, evaluation, and implementation of a Streamlit prototype. The YOLO metric evaluation results were designed using a Precision of 92.5%, a Recall of 91.2%, an F1-Score of 91.9%, an mAP-50 of 95.6%, and an mAP 50-95 of 84.4%. Meanwhile, the CNN metric results were measured using an Accuracy of 99.28%, Precision of 98.92%, Recall of 99.6%, and an F1-Score of 99.25%. Analysis of the dataset shows that the non-organic class is dominant with 1,922 objects, followed by organic with 862 objects and B3 with 647 objects. This system is expected to help identify household waste quickly and interactively.

Keywords— Segmentation, Trash, Machine Learning, YOLO, CNN

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



I. PENDAHULUAN

Sampah merupakan sisa kegiatan manusia atau proses alam yang sudah tidak digunakan dan perlu dikelola agar tidak menimbulkan dampak terhadap lingkungan. Dalam konteks rumah tangga, sampah umumnya dapat dikelompokkan menjadi sampah organik, non-organik, dan bahan berbahaya dan beracun (B3)[1]. Sampah organik seperti sisa makanan, sayuran, buah-buahan, dan daun relatif mudah terurai, sedangkan sampah non-organik seperti plastik, kaca, logam, dan kemasan sulit terdegradasi. Sampah B3 seperti baterai, lampu bekas, obat kedaluwarsa, dan kemasan bahan kimia yang membutuhkan perlakuan khusus karena berpotensi membahayakan manusia dan lingkungan[2].

Permasalahan utama di lapangan adalah masih rendahnya pemilahan sampah sejak dari sumber. Sampah dengan karakteristik berbeda sering dibuang dalam satu wadah sehingga proses pengolahan lanjutan menjadi lebih sulit. Kondisi ini juga meningkatkan risiko pencemaran tanah, air, dan udara, khususnya ketika sampah B3 bercampur dengan sampah rumah tangga biasa. Oleh karena itu, diperlukan sistem yang mampu membantu masyarakat atau petugas dalam mengenali jenis sampah secara cepat dan konsisten[3].

Perkembangan *computer vision* dan *deep learning* membuka peluang untuk membangun sistem pemilahan sampah otomatis. *Convolutional Neural Network* telah banyak digunakan untuk klasifikasi citra sampah karena mampu mengekstraksi fitur visual secara otomatis dari gambar[4]. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa transfer learning dengan arsitektur CNN modern seperti MobileNetV2 dan EfficientNet dapat meningkatkan performa klasifikasi pada dataset citra dengan jumlah terbatas. Namun, model klasifikasi hanya memberikan label kelas tanpa menunjukkan posisi objek di dalam citra[5].

Berbeda dengan CNN klasifikasi, *You Only Look Once* atau YOLO dapat melakukan deteksi objek secara cepat dalam satu tahap[6]. Versi terbaru YOLO mendukung tugas deteksi dan segmentasi sehingga dapat menghasilkan bounding box, kelas, confidence, dan mask objek. Kemampuan ini relevan untuk sampah karena satu gambar dapat memuat lebih dari satu objek dengan bentuk, ukuran, dan latar belakang yang bervariasi[7].

Tujuan penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem segmentasi sampah organik, non-organik, dan B3 menggunakan YOLOv11n-Seg dengan pembandingan CNN EfficientNet. Kebaruan penelitian terletak pada fokus tiga kelas utama pemilahan sampah rumah tangga, penggunaan pendekatan segmentasi objek, perbandingan dengan CNN, serta integrasi hasil model ke dalam prototipe *computer vision* berbasis antarmuka interaktif[2][8].

II. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimen kuantitatif. Eksperimen dilakukan melalui pelatihan model YOLOv11n-Seg untuk segmentasi objek sampah dan CNN EfficientNet untuk klasifikasi citra sebagai model pembandingan[9]. Tahapan penelitian terdiri atas pengumpulan dataset, anotasi, augmentasi, pelatihan model, evaluasi, perbandingan performa, dan integrasi prototipe[2].

A. Dataset dan Kelas Penelitian

Tabel 1. Kelas dataset sampah yang digunakan dalam penelitian

Nama Kelas	Objek	Keterangan
Organik	Buah, Sayur, Daging, Daun, Makanan/Sisa makanan	Mudah terurai dan dapat diolah menjadi kompos.
Non-Organik	Botol kaca, Kertas, Plastik, Kaleng/Logam, Kemasan	Sulit terurai tetapi sebagian dapat didaur ulang.
B3	Baterai, Aki, Kabel, Komponen Listrik/Elektronik	Mengandung bahan berbahaya dan membutuhkan penanganan khusus.

Tabel 1 menunjukkan penelitian berupa citra sampah rumah tangga yang dikelompokkan ke dalam tiga kelas, yaitu organik, non-organik, dan B3. Dataset diperoleh dari dataset publik, Roboflow Universe. Setiap citra diperiksa agar kelas dan objek yang terlihat sesuai dengan kebutuhan penelitian[10].

B. Anotasi, Augmentasi dan Pembagian Data

Tabel 2. Pembagian Dataset

Split Data	Jumlah Gambar	Jumlah Label	Jumlah Objek Anotasi
Train	2.526	2.526	3.012
Valid	238	238	280
Test	129	129	139
Total	2.893	2.893	3.431

Tabel 3. Distribusi objek dan gambar berlabel pada setiap kelas

Kelas	Jumlah Gambar Berlabel	Jumlah Objek
Organik	482	862
Non-Organik	1.915	1.922
B3	486	6477
Total	2.883	3.431

Anotasi dilakukan menggunakan Roboflow dengan tipe instance segmentation. Setiap objek diberi polygon mask dan label sesuai kelas organik, non-organik, atau B3. Setelah anotasi selesai, data dibagi menjadi data latih, validasi, dan uji dengan perbandingan 70% , 20%, dan 10%. Augmentasi diterapkan untuk meningkatkan variasi data, meliputi rotasi ringan, flipping, perubahan kecerahan, kontras, zoom, dan penambahan noise terbatas[11].

C. Pelatihan YOLOv11n-Seg

Model utama yang digunakan adalah YOLOv11n-Seg karena varian nano lebih ringan untuk perangkat komputasi terbatas dan mendukung segmentasi objek. Dataset diekspor dalam format YOLO segmentation yang memuat folder *train*, *validation*, *test*, serta berkas data.yaml. Model dilatih menggunakan bobot awal *pretrained* dengan ukuran citra 640 piksel, *batch* disesuaikan kemampuan perangkat, dan jumlah *epoch* ditentukan berdasarkan kestabilan nilai validasi. Bobot terbaik disimpan berdasarkan performa validasi[3].

D. Pelatihan CNN EfficientNet

EfficientNet digunakan sebagai model pembandingan berbasis CNN[12]. Berbeda dengan YOLO, EfficientNet tidak menghasilkan bounding box atau mask, tetapi hanya memprediksi kelas gambar. Dataset untuk EfficientNet disusun dalam folder kelas organik, non-organik, dan B3. Gambar dapat berupa citra satu objek atau hasil crop dari anotasi YOLO. Model EfficientNetB0 menggunakan transfer learning dengan bobot pretrained ImageNet[13].

E. Evaluasi Model

$$Accuracy = \frac{\text{Jumlah Prediksi Benar}}{\text{Total Data Uji}} \dots\dots\dots(1)$$

$$Precision = TP / (TP + FP) \dots\dots\dots(2)$$

$$Recall = TP / (TP + FN) \dots\dots\dots(3)$$

$$F1 - score = \frac{2 * (Precision * Recall)}{(Precision + Recall)} \dots\dots\dots(4)$$

$$mAP@50 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N AP_i@50 \dots\dots\dots(5)$$

$$mAP@50 : 95 = \frac{1}{10N} \sum_{t \in \{0.50, 0.55, \dots, 0.95\}} \sum_{i=1}^N AP_i@t \dots\dots\dots(6)$$

Persamaan diatas menunjukkan rumus evaluasi YOLOv11n-Seg dilakukan menggunakan *Precision*, *Recall*, *F1-Score*, mAP-50, dan mAP 50-95. Sedangkan evaluasi EfficientNet dilakukan menggunakan *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, *F1-Score*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada Bab ini memaparkan temuan dari proses pengembangan serta pengujian sistem sistem sampah organik, non-organik, dan B3 menggunakan YOLOv11n-Seg dengan pembandingan CNN. Fokus pembahasan tertuju pada kinerja model, kendala teknis yang ditemui selama pelatihan, serta langkah-langkah yang diambil untuk memaksimalkan akurasi model. Hasil disajikan dalam bentuk ringkasan numerik dan visual guna memberikan gambaran komprehensif terkait performa sistem segmentasi ini[14].

A. Hasil Analisis Dataset

Hasil analisis dataset menunjukkan bahwa data telah sesuai dengan kebutuhan penelitian karena sudah memuat tiga kelas utama, yaitu organik, non-organik, dan B3. Jumlah objek anotasi sebanyak 3.431 objek menunjukkan bahwa dataset tidak hanya berisi citra tunggal, tetapi juga dapat memuat beberapa objek dalam satu gambar. Hal ini relevan dengan pendekatan *instance segmentation* karena model tidak hanya memprediksi kelas, tetapi juga batas objek melalui mask.

Distribusi kelas menunjukkan kelas non-organik sebagai kelas mayoritas dengan 1.922 objek dari total objek. Kelas organik memiliki 862 objek, sedangkan B3 memiliki 647 objek.

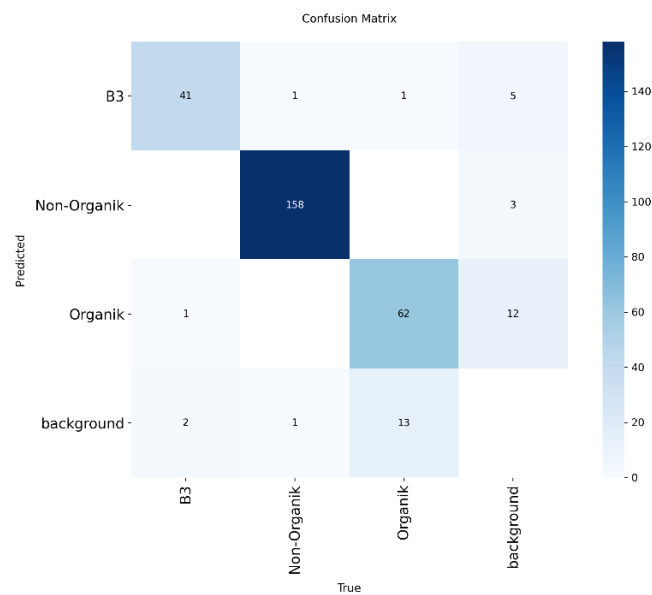
Ketidakseimbangan ini berpotensi membuat model lebih sering mengenali kelas non-organik dibandingkan dua kelas lainnya. Pada tahap pengembangan berikutnya, penambahan data organik dan B3 dapat dilakukan agar performa antar kelas lebih stabil.

B. Pembahasan YOLOv11n-Seg dan CNN EfficientNetB0

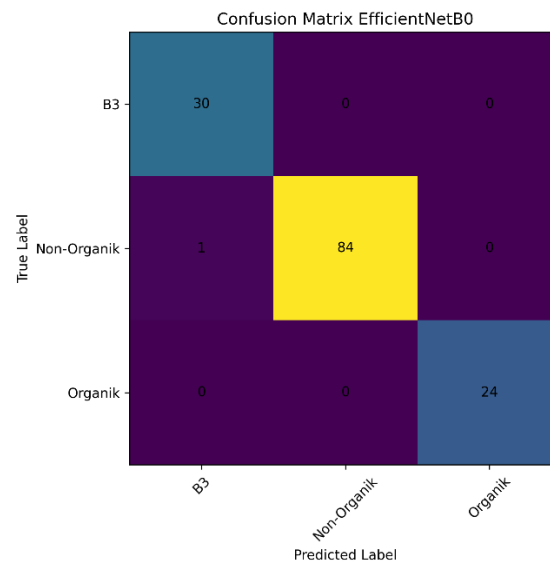
Table 4. Perbandingan evaluasi YOLO dan CNN

Aspek	YOLOv11n-Seg	CNN EfficientNetB0
Output	Kelas, confidence, bounding box, dan mask.	Kelas dan confidence
Kelebihan	Mampu menunjukkan posisi dan bentuk objek.	Ringan sebagai pembanding klasifikasi crop
Keterbatasan	Membutuhkan label polygon/mask.	Tidak menunjukkan lokasi objek
Metrik utama	<i>Precision, Recall, F1-Score, mAP-50 dan mAP 50-95.</i>	<i>Accuracy, Precision, Recall, F1-Score.</i>

YOLOv11n-Seg berperan sebagai model utama karena mampu menghasilkan prediksi kelas, confidence, bounding box, dan mask objek. Informasi mask berguna untuk menunjukkan area sampah secara visual sehingga pengguna dapat melihat objek mana yang dikenali oleh sistem. Pada konteks pemilahan sampah, kemampuan ini lebih informatif dibandingkan model klasifikasi biasa yang hanya menghasilkan label kelas[3].



Gambar 1. Hasil Confusion Matrix YOLO

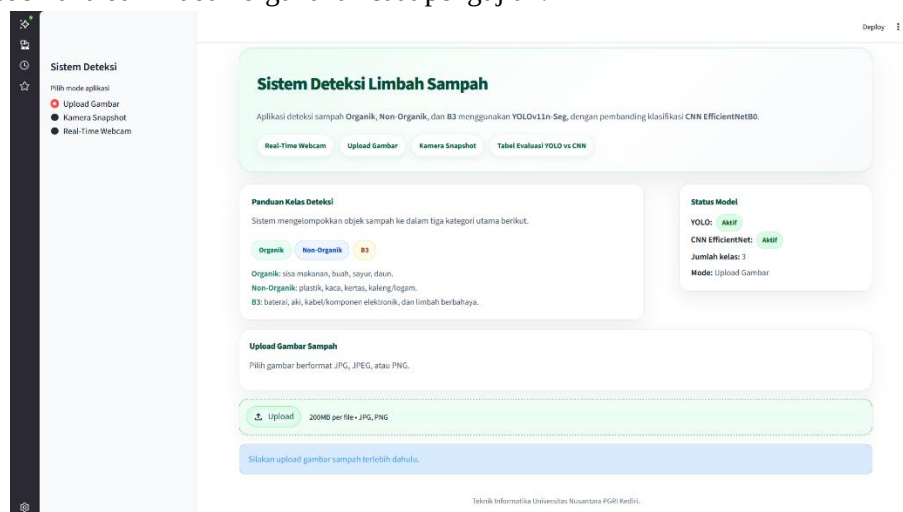


Gambar 2. Hasil Confusion Matrix CNN

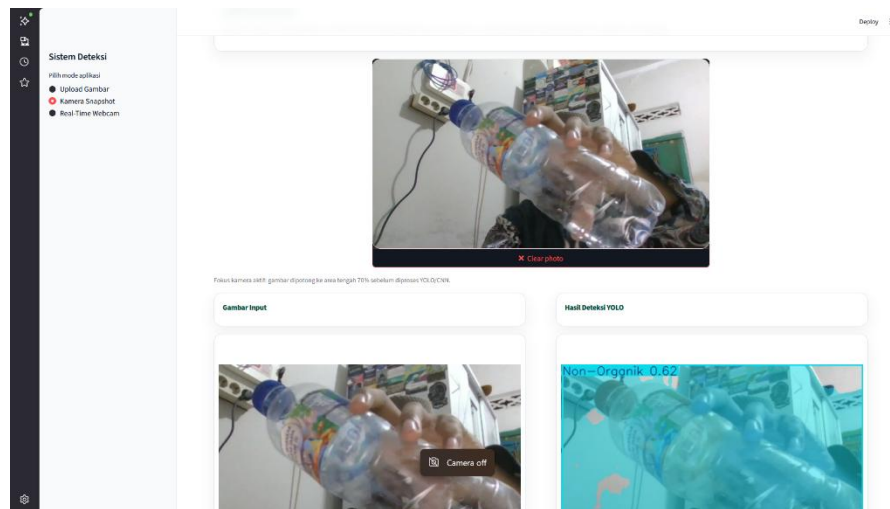
CNN EfficientNetB0 digunakan sebagai pembandingan karena model klasifikasi dapat memeriksa kelas dari crop objek yang diperoleh dari hasil deteksi YOLO. Dengan pendekatan ini, sistem dapat menampilkan dua informasi, yaitu hasil deteksi/segmentasi dari YOLO dan hasil klasifikasi pembandingan dari CNN. Perbandingan ini membantu melihat apakah kedua pendekatan memberikan label yang sama atau berbeda pada objek yang sama [15][16].

C. Implementasi Prototipe

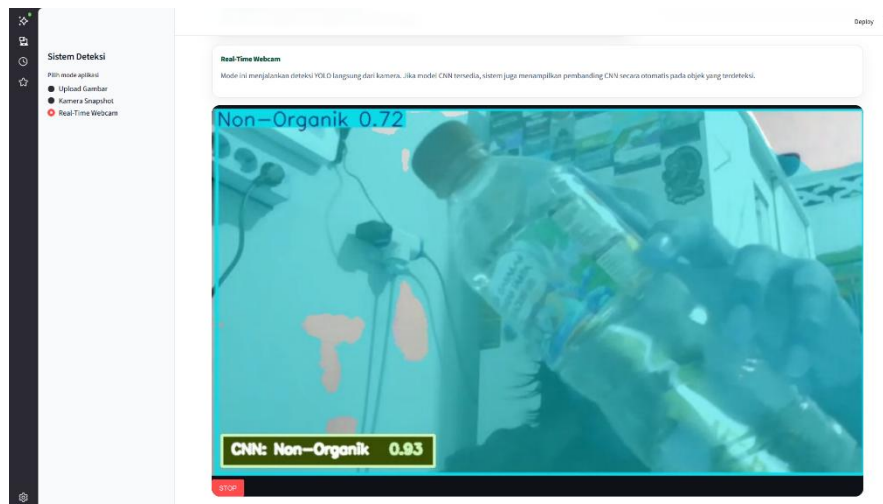
Prototipe sistem dikembangkan menggunakan Streamlit agar dapat dijalankan secara interaktif. Aplikasi dirancang memiliki tiga mode utama, yaitu upload gambar, kamera snapshot, dan real-time webcam. Pada aplikasi akhir, pengaturan teknis seperti confidence YOLO, IoU threshold, ukuran inferensi, dan pilihan CNN disembunyikan dari pengguna sehingga sistem langsung menggunakan konfigurasi otomatis. Hal ini dilakukan agar aplikasi lebih sederhana dan mudah digunakan saat pengujian.



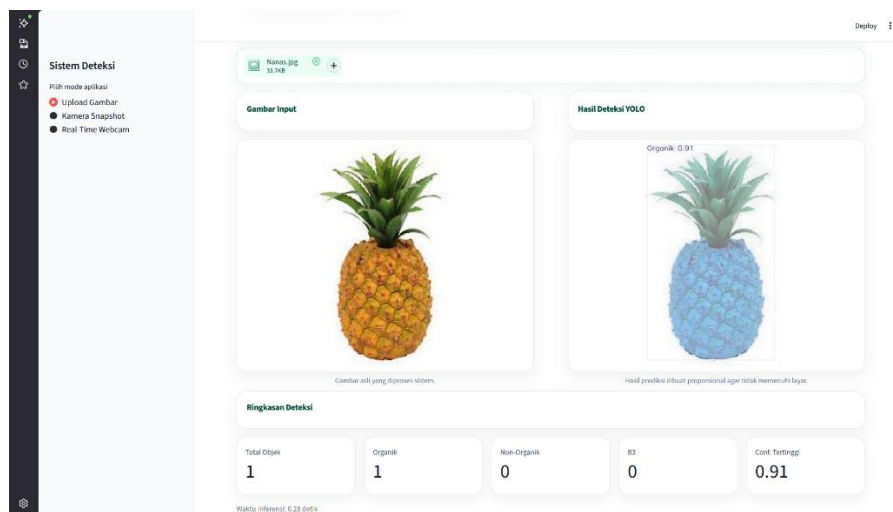
Gambar 3. Tampilan Halaman Utama Aplikasi



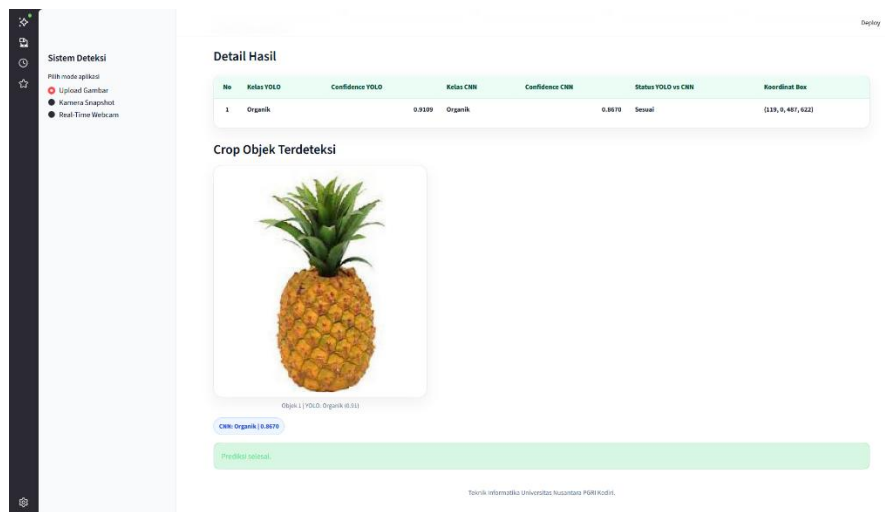
Gambar 4. Tampilan sistem dengan mode kamera snapshot



Gambar 5. Tampilan sistem dengan mode Real-Time webcam



Gambar 6. Hasil implementasi objek gambar



Gambar 7. Hasil keterangan dari deteksi objek gambar

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan rancangan sistem segmentasi sampah organik, non-organik, dan B3 menggunakan YOLOv11n-Seg dengan pembandingan CNN EfficientNetB0. Dataset yang digunakan telah sesuai dengan kebutuhan penelitian karena memiliki tiga kelas utama dan format YOLO segmentation dengan total 2.893 citra serta 3.431 objek anotasi. Hasil analisis dataset menunjukkan bahwa kelas non-organik mendominasi jumlah objek, sehingga penambahan data pada kelas organik dan B3 disarankan agar distribusi data lebih seimbang. YOLOv11n-Seg digunakan sebagai model utama karena mampu menampilkan kelas, bounding box, confidence, dan mask objek, sedangkan EfficientNetB0 digunakan sebagai pembandingan klasifikasi dari citra atau crop objek. Hasil metrik evaluasi YOLO untuk nilai *Precision* sebesar 92,5%, *Recall* sebesar 91,2%, *F1-Score* sebesar 91,9%, mAP-50 sebesar 95,6%, dan mAP-50-95 sebesar 84,4%. Sedangkan untuk evaluasi CNN mendapatkan nilai akurasi sebesar 99,28%, *Precision* sebesar 98,92%, *Recall* sebesar 99,6%, dan *F1-Score* sebesar 99,25%. Prototipe berbasis Streamlit dirancang agar dapat digunakan melalui upload gambar, kamera snapshot, dan real-time webcam sehingga sistem lebih interaktif untuk mendukung proses identifikasi sampah rumah tangga.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. N. Fiqih and S. Syaiful, "PENEMPATAN BAK SAMPAH ORGANIK, ANORGANIK, DAN B3 DENGAN KONSEP GO GREEN PERUMAHAN BUDI AGUNG RW 03/RT 05," vol. 1, no. 2, pp. 71–81, 2023, doi: <http://doi.org/10.32832/jpmuj.v1i2>.
- [2] M. S. Nabila, H. Herlawati, and A. Hidayat, "Pendeteksian dan Klasifikasi Sampah pada Bank Sampah Berbasis Web Menggunakan YOLOv11," *J. Students' Res. Comput. Sci.*, vol. 6(1), no. 1, pp. 99–112, 2025, doi: [10.31599/r5me0z35](https://doi.org/10.31599/r5me0z35).
- [3] B. A. Wisesa, V. M. Putri, E. Faristasari, S. A. J. D. Duli, and R. Lionza, "Optimizing Waste Classification Model using YOLOv11 Architecture," *Int. J. Informatics Comput.*, vol. 7(2), 2025, doi: [10.35842/ijicom](https://doi.org/10.35842/ijicom).
- [4] P. H. M. Mu'arif, R. Ridwan, and S. Marti'ah, "Klasifikasi Jenis Sampah Menggunakan Metode Convolutional Neural Network," *J. Ris. dan Apl. Mhs. Inform.*, vol. 6(4), pp. 886–895, 2025, doi: [10.33020/jsimtek.v3i1.795](https://doi.org/10.33020/jsimtek.v3i1.795).
- [5] P. N. Dacipta and R. E. Putra, "Sistem Klasifikasi Limbah Menggunakan Metode Convolutional Neural Network (CNN) Pada Web Service Berbasis Framework Flask," *JINACS(Journal Informatics Comput. Sci.*, vol. 03, no. 04, pp. 394–402, 2022, doi: <https://doi.org/10.26740/jinacs.v3n04.p394-402>.
- [6] L. K. Ramadhani and B. N. Widyaningrum, "Implementation of YOLO v11 for Image-Based Litter Detection and Classification in Environmental Management Efforts," *J. Appl. Informatics Comput.*, vol. 9, no. 3, pp. 617–624, 2025, doi: [10.30871/jaic.v9i3.9213](https://doi.org/10.30871/jaic.v9i3.9213).
- [7] D. A. Saputra, Istiadi, and A. Y. Rahman, "DETEKSI KESEGERAN IKAN LAYUR BERDASARKAN CITRA MATA MENGGUNAKAN YOLOV8," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 5, pp. 10263–10270, 2024, doi: <https://doi.org/10.36040/jati.v8i5.11020>.
- [8] A. Lusman, R. Devita, O. E. Putra, E. Rianti, and F. Islami, "IMPLEMENTASI COMPUTER VISION DALAM DETEKSI DAN KLASIFIKASI SAMPAH OTOMATIS PADA SISTEM PENGOLAHAN LIMBAH PERKOTAAN," *J. Sains Inform. Terap.*, vol. 5, no. 1, pp. 115–121, 2026, doi: <https://doi.org/10.62357/jsit.v5i1.956>.
- [9] J. Anggara, E. Ryansyah, and B. A. Dermawan, "IMPLEMENTASI OBJECT DETECTION DALAM KLASIFIKASI SAMPAH UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI PENGELOLAAN LIMBAH," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 9, no. 3, pp. 4923–4930, 2025, doi: <https://doi.org/10.36040/jati.v9i3.13813>.
- [10] N. Fajria, Lifwarda, Ramiati, and Yulindon, "Deteksi Jamur Beracun dan Tidak Beracun Menggunakan CNN dan YOLO," *Elektron J. Ilm.*, vol. 16, no. 1, pp. 14–21, 2024, doi: [10.30630/eji.0.0.453](https://doi.org/10.30630/eji.0.0.453).
- [11] A. Ramdan and Asriyanik, "Implementasi Deteksi Objek Real-Time Sebagai Media Edukasi dengan Algoritma YOLOv8 pada Objek Sampah," *J. SAINTEKOM*, vol. 14, no. 2, pp. 142–153, Sep. 2024, doi: [10.33020/saintekom.v14i2.638](https://doi.org/10.33020/saintekom.v14i2.638).
- [12] P. D. K. Sari, U. Mahdiyah, and R. Wulanningrum, "Klasifikasi Sampah Menggunakan Algoritma EfficientNet," *INOTEK*, vol. 9, no. 3, pp. 2074–2081, 2025, doi: <https://doi.org/10.29407/a1zq6810>.
- [13] R. W. L. Therry, A. Junaidi, and A. N. Sihananto, "PROGRAM PENERJEMAH BAHASA ISYARAT INDONESIA (BISINDO) SECARA REAL TIME MENGGUNAKAN CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK DAN MEDIAPIPE," 2024. doi: <https://doi.org/10.36040/jati.v8i6.11582>.
- [14] O. E. Karlina and D. Indarti, "PENGENALAN OBJEK MAKANAN CEPAT SAJI PADA VIDEO DAN REAL TIME WEBCAM MENGGUNAKAN METODE YOU LOOK ONLY ONCE (YOLO)," *J. Ilm. Inform. Komput.*, vol. 24, no. 3, pp. 199–208, 2019, doi: [10.35760/ik.2019.v24i3.2362](https://doi.org/10.35760/ik.2019.v24i3.2362).

- [15] R. I. Firdaus, W. H. Sugiharto, and M. I. Ghazali, "Implementasi Convolutional Neural Network Dalam Sistem Otomatis Pemilahan Sampah Infeksius Berbasis Citra Digital," vol. 7, no. 1, pp. 11–22, 2025, doi: <https://doi.org/10.37278/sisinfo.v7i1.1052>.
- [16] F. Rifaldy, L. S. Harahap, and M. I. Prayoga, "PENGEMBANGAN SISTEM KLASIFIKASI SAMPAH UNTUK DAUR ULANG OTOMATIS BERBASIS CITRA MENGGUNAKAN MODEL CNN," *Melek IT (Information Technol. Journal)*, vol. 11, no. 1, pp. 11–20, 2025, doi: <https://doi.org/10.30742/melekitjournal.v11i1.397>.