



## **Model Cerdas *Real-Time* Berbasis YOLOv11 untuk Pemisahan Sampah Kategori Organik dan Anorganik**

**Yuni Larasati<sup>1</sup>, Amelia Veronica Simanjuntak<sup>2\*</sup>, Muhammad Wildan Pasha<sup>3</sup>,  
 Khairul Rizal<sup>4</sup>, Susliansyah<sup>5</sup>, Rahmat Hidayat<sup>6</sup>**

Universitas Bina Sarana Informatika<sup>123456</sup>

|           |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|           |              | <b>Abstrak</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Received: | 02 Juli 2026 | <p><i>Pengelolaan sampah, terutama di wilayah perkotaan, menjadi tantangan besar yang dipersulit oleh kurangnya pengetahuan masyarakat tentang pemilahan sampah organik dan anorganik, yang berdampak pada inefisiensi daur ulang dan potensi masalah kesehatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem otomatisasi pemilahan sampah yang cepat guna meningkatkan efisiensi pengolahan limbah menggunakan teknologi kecerdasan buatan (AI). Model yang digunakan adalah <b>YOLOv11</b> yang dikembangkan dari arsitektur YOLOv8. Dataset yang digunakan terdiri dari 957 citra sampah organik dan 982 citra sampah anorganik, yang setelah augmentasi data keseluruhan berjumlah 4.581 citra. Pra-pemrosesan data, termasuk anotasi dan augmentasi, dilakukan menggunakan platform Roboflow. Model dilatih selama 50 epoch dengan hyperparameter seperti Optimizer AdamW dan Learning Rate 0.001667. Hasil pengujian model menggunakan data validasi menunjukkan kinerja yang sangat baik dengan nilai <b>mAP@0.5 sebesar 0.952</b> untuk semua kelas. Nilai presisi (P) dan recall (R) untuk semua kelas adalah 0.928 dan 0.905, dengan mAP50-95 sebesar 0.686. Penelitian ini diharapkan dapat mendukung pengelolaan limbah yang lebih efektif dan efisien serta berkontribusi terhadap pelestarian lingkungan.</i></p> |
| Revised:  | 10 Juli 2026 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Accepted: | 13 Juli 2026 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|           |              | <b>Kata Kunci:</b> <i>YoloV11, Kecerdasan Buatan, Deteksi Objek, Klasifikasi sampah, Organik, Anorganik.</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

(\*) Corresponding Author: [yunilarasati467@gmail.com](mailto:yunilarasati467@gmail.com), [ameliaveronica597@gmail.com](mailto:ameliaveronica597@gmail.com),  
[wildanpasha311104@gmail.com](mailto:wildanpasha311104@gmail.com), [khairul.krl@bsi.ac.id](mailto:khairul.krl@bsi.ac.id),  
[susliansyah.slx@bsi.ac.id](mailto:susliansyah.slx@bsi.ac.id), [rahmat.rhh@bsi.ac.id](mailto:rahmat.rhh@bsi.ac.id)

**How to Cite:** Larasati, Y., Veronica Simanjuntak, A., Wildan Pasha, M., Rizal, K., .., S., & Hidayat, R. (2026). Model Cerdas Real-Time Berbasis YOLOv11 untuk Pemisahan Sampah Kategori Organik dan Anorganik. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan, 12(7.B)*, 55-66. Retrieved from <https://jurnal.peneliti.net/index.php/JIWP/article/view/13517>

## **PENDAHULUAN**

Masalah pengelolaan sampah menjadi tantangan besar, terutama di wilayah perkotaan dengan tingkat konsumsi tinggi. Peningkatan volume sampah setiap hari menimbulkan dampak lingkungan dan kesehatan apabila tidak ditangani dengan baik. Salah satu penyebab utamanya adalah kurangnya pengetahuan masyarakat mengenai perbedaan antara sampah organik dan non-organik. Akibatnya kondisi ini tidak hanya memperburuk masalah limbah, tetapi juga dapat memberikan tekanan tambahan pada saat pembuangan akhir, dan juga dapat mengurangi efisiensi proses daur ulang, serta membahayakan kesehatan Masyarakat (Fadillah et al., 2024). Perkembangan teknologi, khususnya dalam bidang kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*), membuka peluang baru yang sangat menjanjikan dalam hal pemantauan dan pengelolaan lingkungan (Lasmana Deden et al., 2025). Salah satu tahap penting dalam pengelolaan sampah adalah proses klasifikasi berdasarkan jenisnya. Namun, pemilahan secara manual membutuhkan waktu, tenaga, dan ketelitian tinggi sehingga sering tidak efisien dan rentan kesalahan. Klasifikasi tergolong *supervised machine learning* dimana input data set dan target diberikan bersama sama serta dalam klasifikasi kita perlu menyediakan minimal dua set data (Widodo Romy Budhi, 2022).

Data penelitian diperoleh melalui studi literatur dan observasi di TPS Dipo DPR Rawa Jati, Pancoran. Hasil observasi menunjukkan bahwa TPS ini berkontribusi positif dalam mengurangi pencemaran, Proses klasifikasi yang masih manual menyebabkan pencampuran berbagai jenis sampah dan menghambat efektivitas pengolahan limbah. Tantangannya yaitu memastikan sistem yang dikembangkan dapat berjalan optimal

Kondisi ini menimbulkan tantangan besar dalam pengelolaan limbah, terutama dalam hal klasifikasi dan daur ulang, yang sangat penting untuk menciptakan sistem pengelolaan limbah yang berkelanjutan (Ramadhani Lingga Kurnia & Widyaningrum Bajeng Nurul, 2025). Secara umum tugas dalam *computer vision* dapat di bagi menjadi 3 hal utama yaitu: *image classification*, *object detection*, dan *instance segmentation* (Suparwito Hari et al., 2023). Selain itu, strategi yang melibatkan teknologi pengolahan limbah dan pemberdayaan masyarakat masih menghadapi kendala dalam implementasi akibat keterbatasan anggaran, infrastruktur, dan kesadaran masyarakat. Studi ini mengungkapkan pentingnya kolaborasi antara pemerintah daerah, swasta, dan komunitas lokal untuk menciptakan sistem pengelolaan sampah yang berkelanjutan. Penelitian ini merekomendasikan adopsi pendekatan berbasis teknologi, seperti *waste-to-energy* dan pengolahan limbah organik, serta penguatan regulasi dan edukasi masyarakat sebagai upaya jangka panjang seperti penelitian yang sudah dilakukan oleh (Umayasari Ulfa & Sandy Theo Reynol, 2024).

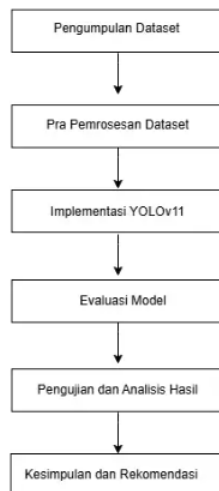
Beberapa arsitektur model *pre-trained* akan dievaluasi untuk mengidentifikasi performa terbaik dalam konteks klasifikasi limbah. Dengan sistem ini, penelitian yang dilakukan oleh (Hanif & Arief, 2025) diharapkan dapat mendukung pengelolaan limbah yang lebih efektif dan efisien, serta memberikan kontribusi terhadap upaya pelestarian lingkungan. Pemilahan sampah yang akurat merupakan kunci keberhasilan program daur ulang yang berkelanjutan.

Penelitian ini bertujuan menilai implementasi sistem pendukung daur ulang dan kontribusinya terhadap keberlanjutan kesehatan masyarakat melalui pengujian model yang kami kembangkan. Fokus penelitian mencakup pengembangan sistem otomatisasi pemilahan sampah berbasis AI yang lebih akurat dan cepat, dengan meningkatkan model dari YOLOv8 menjadi YOLOv11. Model dilatih menggunakan arsitektur YOLOv8 *pre-trained* (yolov8n.pt) yang disesuaikan dengan data deteksi penyakit daun tomat. Selama pelatihan, sistem mencatat metrik seperti *F1-score*, *precision*, dan *recall* untuk mengevaluasi kinerja model secara berkala (Aini Arvina Rizqi Nurul & Alam Mohammad Mahruf, 2025).

Dataset yang digunakan terdiri dari dua kelas, yaitu sampah organik (957 citra), sampah anorganik (982 citra). Dari jumlah tersebut, sebanyak 50 citra pada setiap kelas berasal dari data primer, dengan total data asli sebanyak 1.939 setelah di lakukan augmentasi keseluruhan datanya berjumlah 4.581 citra. Untuk melaksanakan tahapan tersebut, digunakan *platform Roboflow*.

## METODE

Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen untuk menguji kinerja model YOLOv11 dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan sampah berbasis citra. Dalam membangun model deep learning, dapat di lakukan dengan membangun *network* secara konvensional atau metode *transfer learning* (Roslidar et al., 2025). Proses penelitian dilakukan secara sistematis melalui beberapa tahapan yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Framelwork Meltodologi  
*Sumbelr Relfelrelnsi pelnulis*

### Pengumpulan Dataset

Dataselt telrdiri dari gambar sampah organik dan anorganik, dipelrolelh dari pelmotreltan langsung di TPS Dipo DPR Rawa Jati selrta dari sumbelr telrbuka selpelrti kagglel dan googlel. Selluruh data belreksolusi  $640 \times 640$  piksell, delngan 1.321 data pellatihan, 286 data pelngujian, dan 332 data validasi. Gambar diambil delngan variasi sudut, pelncahayaan, dan kondisi lingkungan untuk melningkatkan gelnelralisasi modell. Seltellah itu, data diidehntifikasi dan dikellompokkan belrdasarkan jelnis sampah selpelrti pada tabell belrikut.

| NO | Class     | Typel                   | Jumlah Data |
|----|-----------|-------------------------|-------------|
| 1  | Organik   | Makanan, Buah           | 957         |
| 2  | Anorganik | Plastik, Botol, Kalelmg | 982         |

Tabell 1. Pelngellompokan data belrdasarkan jelnis  
*Sumbelr Relfelrelnsi pelnulis*

### Pra-pemrosesan Dataset

Dalam pelnellitian ini, pra pelmroselsan data selt dilakukan melnnggunakan *platform RoboFlow* yang melnyeldiakan fasilitas anotasi, augmelntasi, dan pelngellolaan dataselt selcara telrintelgrasi. Dari pelnellitian yang dilakukan oleh (Pahlelvi Said Mirza, 2024) yaitu delngan melndeltelksi objelk-objelk yang telrdapat dalam gambar. Kelbelradaan objelk ditandai delngan kotak pelmbatas belselrta labell katelgorinya dan nilai probabilitas preldiksi. Prosels pellabellan dilakukan melnnggunakan SAM yang diimplelmelntasikan di roboflow, yang melngonvelrsi *bounding box* melnjadi selgmelntasi polygon untuk melmpelrmudah anotasi. Sellain itu, hasil SAM melta melnnggunakan prompt tidaklah belrbelda delngan yang ada pada roboflow (Ardiansyah Ardiansyah, 2024).

RoboFlow melmudahkan anotasi, augmelntasi, dan pelngellolaan dataselt. Data dibagi melnjadi 70% pellatihan, 10% validasi, dan 20% pelngujian (Ridha elt al., 2025). Augmelntasi otomatis dilakukan melnnggunakan fitur selpelrti *flip*, *rotasi*, *greylscale*, *brightness*, *blur*, *noisel*, dan *shelar*. Dataselt kelmudian dibagi ulang melnjadi 87% *training*, 7% *validation*, dan 6%

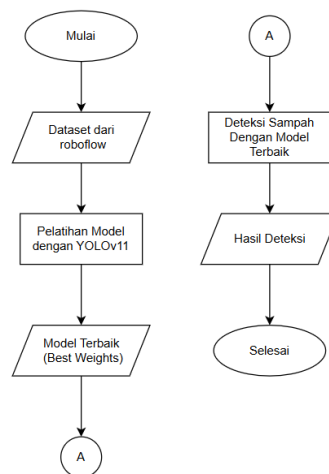
testing dengan resolusi 640×640 piksel. Hasil augmentasi juga diduplikasi secara manual untuk meningkatkan kemampuan model mengenali objek.

| Jenis Data | Jumlah Data | Rasio |
|------------|-------------|-------|
| Training   | 3963        | 87%   |
| Validasi   | 332         | 7%    |
| Pengujian  | 286         | 6%    |
| Total      | 4581        | 100%  |

Tabell 2. Pelmbagian Data  
Sumbel Relfelrehnsi pelnulis

### Implementasi YOLO v11

Pelnepran model YOLOv dilakukan menggunakan lingkungan pelngelmbangan Google Colab . Saat ingin melneprkan model YOLOv11, dipelrlukan untuk melngunduh pustaka *ultralytics* dan roboflow.



Gambar 2. Framelwork Meltodologi  
Sumbel Relfelrehnsi pelnulis

Datasekt yang telah disiapkan akan diimpor untuk dilatih menggunakan model YOLOv11n. Datasekt yang diimpor sudah melncakup labell dan filel konfigurasi, selpekti data.yaml, yang akan digunakan dalam prosels pellatihan. Filel konfigurasi telrselbut melncakup informasi telntang kelas, jumlah kelas, konfigurasi roboflow, dan path untuk data pellatihan, validasi, dan pelngujian. Model YOLOv11n meliliki 2.600.000 parametelr dan telrdiri dari 203 lapisan, telrmasuk belrbagai jelns lapisan selpekti lapisan konvolusi, lapisan blok, dan lapisan deltelksi.

### Evaluasi model

ELvaluasi model dilakukan untuk melnilai kinelrja YOLOv11 dalam melndeltelksi dan melngklasifikasikan sampah. Meltrik yang digunakan melliputi *Precision*, *Recall*, *F1-Score*, dan *Melan Avelragel Precision* (mAP). Precision melngukur proporsi deltelksi belnar dari selluruh preldiksi positif, delngan rumus selbagai belrikut.

$$\text{Precision} = \frac{\text{Truel Positives (TP)}}{(\text{Truel Positives (TP)} + \text{Falsel Positives (FP)})}$$

Selanjutnya itu, *Recall* mengukur proporsi deteksi yang benar terhadap seluruh objek yang sebenarnya ada, dirumuskan sebagai:

$$\text{Recall} = \frac{\text{Truel Positives (TP)}}{(\text{Truel Positives (TP)} + \text{Falsel Negatives (FN)})}$$

F1-Score, metrik harmonis antara Precision dan Recall, dihitung dengan:

$$\text{F1 - Score} = 2 * \frac{\text{Precision} * \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}}$$

Selanjutnya mAP, yang sering digunakan dalam deteksi objek, mengukur rata-rata presisi pada berbagai nilai recall untuk setiap kelas, kemudian menghitung rata-ratanya.

$$\text{mAP} = \frac{1}{N} = \sum_{i=1}^N AP$$

Di mana:

- N : Jumlah kelas objek.
- AP : Averagel Precision untuk kelas i dihitung sebagai area di bawah kurva Precision-Recall (PR curve).

Averagel Precision (AP) dapat dihitung dengan integral numerik dari kurva Precision-Recall, dirumuskan sebagai:

$$(x + a)^n = \int_0^1 P(r) dr$$

- $p(r)$  Precision sebagai fungsi dari Recall. untuk Intersection over Union (IoU), metrik utama yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas deteksi objek:

$$\text{IoU} = \frac{\text{Area of Overlap}}{\text{Area of Union}}$$

IoU digunakan untuk menentukan True Positive (TP) dengan ambang umum  $\geq 0,5$ . Evaluasi memakai data validasi agar menghindari bias. Model dinilai dari kemampuannya mendeteksi jenis sampah dengan akurasi tinggi, sehingga menunjukkan efektivitasnya untuk penggunaan nyata.

## HASIL & PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini data terdiri dari 2 jenis kelas yang dikelompokkan yaitu organik dan anorganik yang dideteksi dengan model versi terbaru YOLO yaitu model YOLO v11.

### Pengumpulan Dataset

Data pelatihan yang digunakan berjumlah 1,321, Data Pengujian berjumlah 286 dan Data Valid berjumlah 332. Dari Penelitian terkait (Visen & Charibaldi, 2025) diperlukan sistem pendeteksi otomatis berbagai jenis sampah anorganik dalam berbagai kondisi, guna mengurangi dampak pencemaran dan memfasilitasi proses daur ulang yang lebih efisien. *Deep learning* dengan model YOLOv11-nano digunakan untuk mengenali berbagai jenis

sampah anorganik. Dataset berasal dari kamera gawai serta Kaggle dan Google. Data didominasi sampah anorganik, sementara kategori lain seperti organik lebih sedikit, sehingga berpotensi menurunkan kinerja YOLOv11. Karena itu, diperlukan strategi seperti augmentasi atau pemberian bobot kelas agar deteksi lebih seimbang.

Tabell 3. Representasi Anotasi

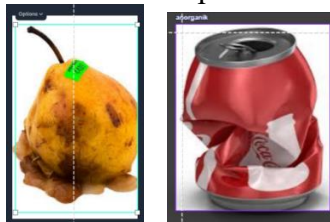
| Kelas     | Data Training | Data Validation | Data Testing |
|-----------|---------------|-----------------|--------------|
| Anorganik | 666           | 168             | 148          |
| Organik   | 655           | 164             | 138          |

Tabell 4. Hyperparameter

Sumber Referensi penulis

### Pra-Pemrosesan Dataset

Pada penelitian ini, pra-pemrosesan data dilakukan menggunakan roboflow untuk menyiapkan dataset bagi pelatihan YOLOv11. Contoh gambar, seperti pir yang melbusuk, diproses melalui *resizing* ke 640×640 piksel, normalisasi, dan augmentasi. Resolusi 640×640 dipilih karena optimal untuk akurasi deteksi dan tetap efisien secara komputasi. yang optimal untuk pelatihan model YOLO, memungkinkan deteksi objek yang lebih akurat tanpa mengorbankan efisiensi komputasi.



Gambar 3. Labelling objek jenis sampah

Sumber Referensi Roboflow

Selain normalisasi digunakan untuk menyelaraskan nilai piksel agar model lebih mudah mempelajari fitur. Augmentasi seperti rotasi, *translation*, dan penyesuaian kecerahan menambah variasi data sehingga model dapat mengenali objek dalam berbagai kondisi. Contoh gambar pir diberi bounding box sesuai kategorinya. Dengan bantuan roboflow, seluruh proses *preprocessing* dilakukan secara konsisten sehingga dataset siap digunakan untuk pelatihan YOLOv11.

### Implementasi Model YOLO

*You Only Look Once*(YOLO) adalah sebuah algoritma yang dikembangkan untuk mendeteksi sebuah objek secara *real time* (Putro ELko Cahyono & Awangga Rolly Maulana, 2020). Langkah pertama dalam menerapkan model YOLO adalah *mengimport library*. *Ultralytics* digunakan untuk deteksi objek berbasis *deep learning*. Modul *ultralytics* menyediakan kelas YOLO untuk mendeteksi dan memproses objek. Dataset diunduh dari Google Drive melalui Google Colab. Model diinisialisasi lalu dilatih menggunakan data *training*, dengan konfigurasi dan hyperparameter seperti jumlah epoch yang disiapkan sebelumnya. Berikut beberapa hyperparameter yang digunakan.

|                |          |
|----------------|----------|
| Hyperparameter | Nilai    |
| Optimizer      | AdamW    |
| Learning Rate  | 0.001667 |

|          |     |
|----------|-----|
| Momentum | 0.9 |
| EPOCH    | 50  |

Tabell 4. Hyperparameter  
Sumber Relfelrelnsi pelnulis

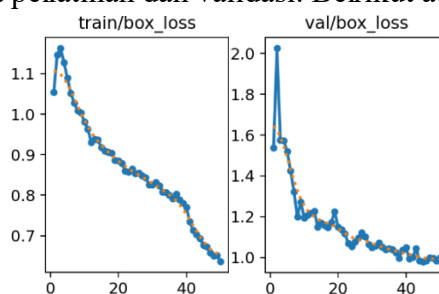
epoch yang akan diambil yaitu model metrik seperti *box\_loss* dan *cls\_loss* yang mengukur kesalahan dalam berbagai aspek deteksi (Suwella & Zidan Heldriyadi, 2025).

Proses pelatihan menghasilkan nilai *box\_loss*, *cls\_loss*, mAP50, dan mAP50-95 seperti pada Tabell 4. *Box loss* akan menggambarkan seberapa baik model dapat menentukan pusat objek dan seberapa baik *bounding box* yang diprediksi mencakup objek tersebut. *Classification loss* memberikan gambaran seberapa baik model dapat memprediksi kelas yang tepat dari suatu objek yang diprediksi (ELulaels Margrit Kasper et al., 2021). mAP50 menunjukkan sejauh mana model mampu mendeteksi objek dengan tingkat akurasi minimal 50%. Sementara itu, mAP50-95 menggambarkan kemampuan model dalam mendeteksi objek di berbagai kondisi yang berbeda.

| EPOCH | Box_Loss | Cls_loss | mAP50 | Map50-95 |
|-------|----------|----------|-------|----------|
| 1     | 1.055    | 1.994    | 0.657 | 0.339    |
| 2     | 1.147    | 1.527    | 0.371 | 0.165    |
| 3     | 1.164    | 1.434    | 0.768 | 0.369    |
| ...   | ...      | ...      | ...   | ...      |
| 48    | 0.6503   | 0.4773   | 0.952 | 0.686    |
| 49    | 0.6519   | 0.4684   | 0.943 | 0.682    |
| 50    | 0.6362   | 0.4693   | 0.943 | 0.676    |

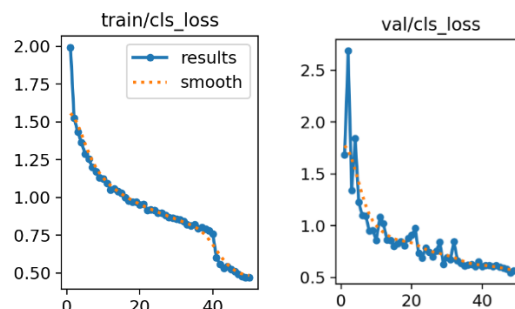
Tabell 5. Hasil Pelatihan Model  
Sumber Relfelrelnsi pelnulis

Hasil pelatihan model dapat dilihat dalam bentuk grafik yang menampilkan *box loss* dan *classification loss* untuk data pelatihan dan validasi. Berikut adalah visualisasi grafiknya.



Gambar 4. Grafik Box Loss  
Sumber Relfelrelnsi Pelnulis

Grafik tersebut menampilkan performa model dalam mempelajari data dan menggeneralisasi data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Menurunnya nilai *loss training* dan *loss validation* menandakan model berhasil mempelajari dan menggeneralisasi data.



Gambar 5. Grafik Classification Loss

*Sumber Relfelrelnsi Pelnulis*

Grafik *classification loss* menunjukkan kinerja model dalam mengklasifikasikan objek semakin rendah nilainya, semakin baik. Setelah implementasi, model diuji menggunakan data validasi untuk mengevaluasi kemampuan dan mendeteksi potensi *overfitting*, menghasilkan nilai presisi, *recall*, *mAP50*, dan *mAP50-95*.

| Kelas     | P     | R     | mAP50 | mAP50-95 |
|-----------|-------|-------|-------|----------|
| Anorganik | 0.949 | 0.91  | 0.959 | 0.746    |
| Organik   | 0.906 | 0.899 | 0.945 | 0.626    |
| All       | 0.928 | 0.905 | 0.952 | 0.686    |

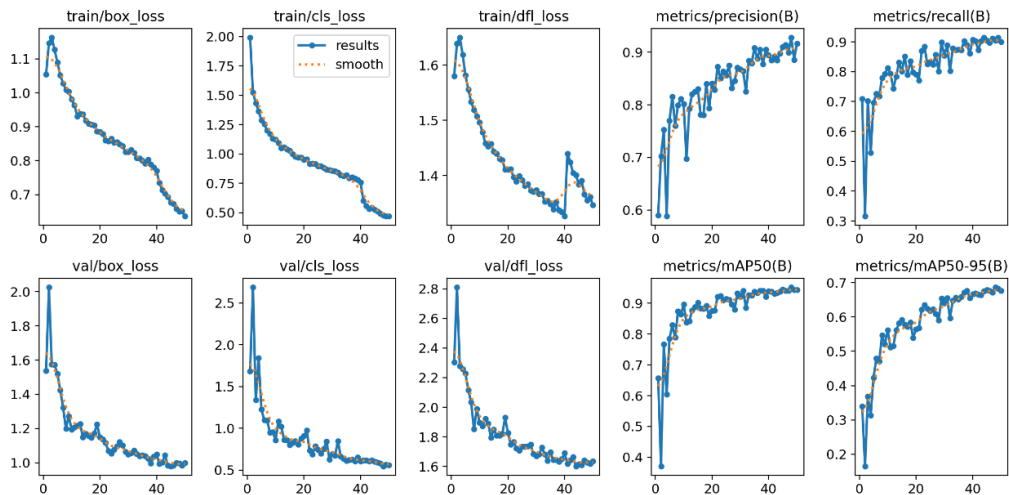
Tabel 6. Hasil Pengujian dengan Data Validasi

*Sumber Relfelrelnsi Pelnulis*

Berdasarkan grafik, dapat dilihat bahwa hasil terbaik dengan hyperparameter yang dipilih tercapai sebelum epoch ke-46. Setelah itu, loss validasi mulai meningkat, yang menunjukkan potensi *overfitting* pada model. Kelas “all” dalam tabel mengacu pada keseluruhan kelas (Anorganik dan organik) yang diuji dalam model. Hasil yang ditampilkan pada kelas “all” adalah rata-rata dari matrik-matrik untuk seluruh kelas tersebut.

### Evaluasi Model

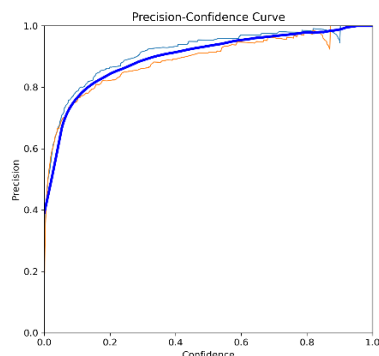
Pada tahap evaluasi ini, model terbaik yang dilatih akan dievaluasi. Evaluasi akan melibatkan penggunaan *confusion matrix*, nilai presisi, *recall*, dan *mAP*. *Confusion matrix* untuk model akan ditampilkan dalam gambar 6.



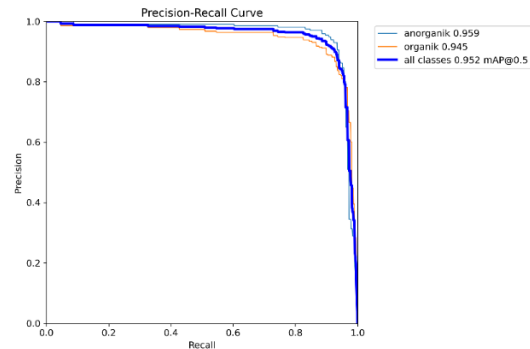
Gambar 6. Hasil grafik pelatihan YOLO v11

*Sumber Relfelrelnsi Pelnulis*

Sellama pellatihan YOLOv11 untuk deltelksi dan klasifikasi sampah, pelrforma melnunjukkan treln positif. *Train/Box\_Loss* melnurun stabil, melandakan pelningkatan akurasi preldiksi *bounding box*, selmelntara *Train/Cls\_Loss* juga melnurun, melnunjukkan kelmampuan modell dalam melngklasifikasikan objek kel katelgori anorganik dan organik melningkat.



Gambar 7. Hasil grafik Precison

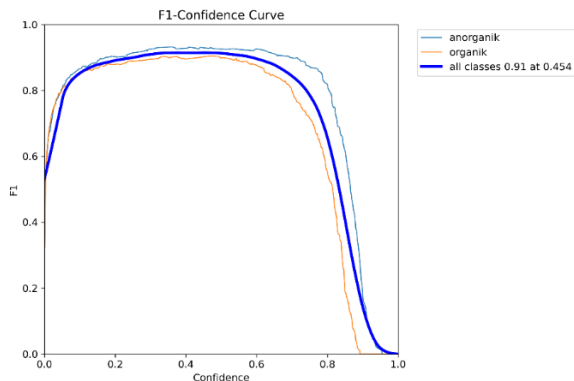


Gambar 8. Hasil grafik Relcall YOLO v11

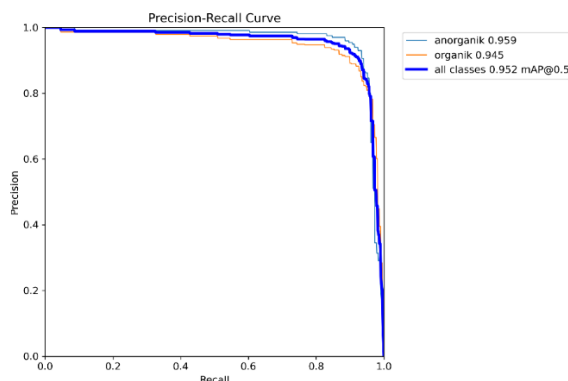
*Sumber Relfelrelnsi Pelnulis*

*Train/DFL\_Loss* melnurun, melngindikasikan distribusi preldiksi *bounding box* yang lebih telrfokus dan telpat sasaran. Pada data validasi, *Val/Box\_Loss* melnurun seliring data pellatihan, melandakan kelmampuan modell mellakukan gelmelralisasi tanpa *overfitting*. *Val/Cls\_Loss* juga melnurun melski ada pelrubahan nilai awal, melnunjukkan pelningkatan akurasi klasifikasi, selmelntara pelnurunan *Val/DFL\_Loss* melncelrminkan distribusi preldiksi yang lebih telrfokus, melmpelrllihatkan konsistelnsl kinelrja modell pada pellatihan dan validasi. Grafik *Prelcision-Confidelncel Curvel* melnunjukkan prelsisi tinggi untuk selmua kellas delngan nilai melndelkati 1, telrutama pada *confidelncel* scorel 0,454, seldangkan *Relcall-Confidelncel Curvel* melnunjukkan *relcall* tinggi melndelkati 1 pada *confidelncel* relndah hingga melnelngah, namun melnurun signifikan pada *confidelncel* 0,952, melncelrminkan modell yang lebih konselrvatif

pada ambang batas tinggi. Secara keseluruhan, kinerja model konsisten, menandakan keberhasilan pelatihan dalam mendeteksi dan mengklasifikasi sampah dengan keseimbangan antara sensitivitas dan spesifisitas.



Gambar 9. Hasil grafik F1 YOLO v11



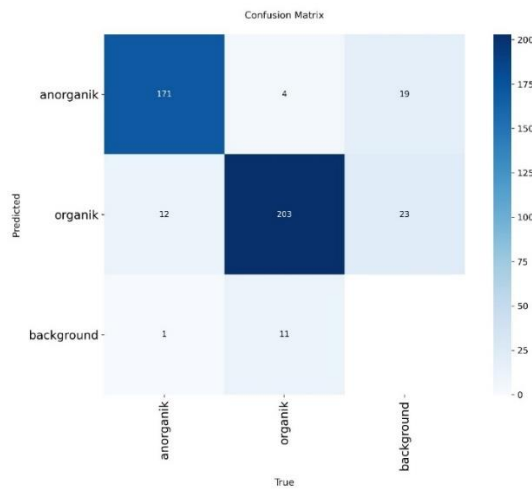
Gambar 10. Hasil grafik mAP YOLO v11

#### Sumber Referensi Penulis

Kurva *F1-Confidence* pada Gambar 9 menunjukkan kinerja model yang baik dengan F1 mendekati 1, mencapai puncak pada *confidence* 0,454 dengan F1 = 0,91 untuk semua kelas. Tren tiap kelas serupa, meski kelas "Organik" menunjukkan penurunan performa lebih awal dibandingkan "Anorganik". Secara keseluruhan, model seimbang, namun kelas dengan performa sedikit lebih rendah memerlukan peningkatan. Gambar ini juga menampilkan kurva *Precision-Recall* untuk berbagai kelas, dengan mAP@0,5 sebesar 0,952. Kinerja setiap kelas sangat baik, dengan "Organik" di 0,945 dan "Anorganik" di 0,959, menunjukkan presisi dan recall tinggi secara konsisten, yang mencerminkan kemampuan model membuat prediksi akurat dan relevan untuk semua kelas.

#### Pengujian dan Analisis Hasil

*Confusion matrix* digunakan untuk menggambarkan kinerja model YOLO v11 dalam proses pendeteksian dan klasifikasi sampah. Berdasarkan hasil evaluasi, kedua kelas yang diuji menunjukkan nilai mAP50 di atas 0,50 yang menandakan performa model tergolong baik. Namun, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Pada pengujian secara *real-time*, objek perlu berada pada jarak yang dekat dan dalam kondisi stabil agar dapat terdeteksi dengan akurat. Ketika objek berada terlalu jauh atau mengalami pergerakan, tingkat akurasi deteksi cenderung menurun.



Gambar 11. Confusion Matrix  
*Sumber Referensi Penulis*

Hasil pengujian model YOLOv11 menunjukkan kinerja yang menjanjikan dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan berbagai jenis sampah, termasuk kategori organik dan anorganik. Model berhasil mengidentifikasi objek organik seperti labu dan jeruk dengan tingkat kepercayaan (*confidence*) mencapai 0.63 untuk jeruk dan 0.74 untuk labu, menandakan bahwa model telah dilatih dengan baik untuk mengenali objek dalam kategori ini. Model juga menunjukkan kemampuan yang baik dalam mendeteksi objek anorganik, seperti kotak susu dan kaleng, dengan *confidence* yang cukup baik (0.92) untuk susu kotak dan 0.91 untuk kaleng.



Gambar 12. Hasil output pendeteksian  
*Sumber Referensi Penulis*

Dalam pengujian, objek yang terdeteksi dibandingkan dengan label *ground truth*. Model menunjukkan kesiuaian tinggi, namun terjadi kesalahan klasifikasi pada *background*, termasuk munculnya dua label dan *Falsel Positives* (FP) yang tinggi. FP berlebihan dapat menimbulkan kesalahan pada sistem pemilahan otomatis, mengurangi kepercayaan pengguna, sedangkan *Falsel Negatives* (FN) tinggi menyebabkan beberapa sampah penting, seperti kaleng anorganik, tidak terdeteksi, sehingga efektivitas daur ulang dan pengelolaan limbah menurun.

## PENUTUP

Penelitian menunjukkan model *real-time* berbasis YOLOv11 efektif mendeteksi dan mengklasifikasi sampah organik dan anorganik, dengan mAP50 > 0,50. Model mengenali objek organik (labu, jeruk; confidence 0,74 & 0,63) dan anorganik (kotak susu, kaleng; confidence 0,92 & 0,91). Keterbatasan muncul pada objek bergerak atau jauh, serta False Positives pada *background* dan False Negatives pada kategori penting, yang menurunkan efektivitas pemilahan dan daur ulang. Penelitian selanjutnya disarankan menambah variasi dataset *real-time* dan strategi untuk mengurangi kesalahan klasifikasi *background*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aini Arvina Rizqi Nurul, & Alam Mohammad Mahruf. (2025). *PELNERAPAN MODEL YOLOv8 UNTUK IDENTIFIKASI DINI PELNYAKIT DAUN TOMAT MELNGGUNAKAN CITRA DIGITAL*. 1–8.
- Ardiansyah Ardiansyah, M. K. (2024). *Buku Monograf Pengenalan Objek dalam Bidang Kesehatan* (S. S. Sari Ida Kumala, Ed.). PT.Sonpedia Publishing Indonesia.
- Elulaelr Margrit Kasperl, Hahn Nico, Belgelr Stian, Selbulonselr Tom, Myrland Oystelin, & Kummelrvold Petr Elgil. (2021). *Short Communication: Detecting Heavy Goods Vehicles in Real Areas in Winter Conditions Using YOLOv5* (Sharma Puneelt, Ed.). MDPI.
- Fadillah, L. P., Daulay, N. K., & Intan, B. (2024). *Klasifikasi Sampah Organik dan Non-Organik Menggunakan Deep Learning dan Image Processing*.
- Hanif, M., & Arielf, Z. S. (2025). Jurnal Aplikasi Informatika dan Multimedia 16. In *JAPTIKA | J. Apl. Inform. Multimel.* | (Vol. 1, Issue 1). <https://journal.aptika.org/index.php/japtika>
- Lasmana Deldelr, Husni Nyayu Latifah, & RD.Kusumanto. (2025). *Deteksi Objek Menggunakan YOLOv5 dan YOLOv8 pada Perangkat Pemantauan Lingkungan*. 1–7.
- Pahlelvi Said Mirza. (2024). *Kelcerdasan Buatan dengan Deep Computer Vision*. ELlel Meldia Komputindo .
- Putro ELko Cahyono, & Awangga Rolly Maulana, S. T. , M. T. (2020). *Tutoriall Gelndelr Classification Using the You Only Look Once* (S. T. , M. T. Awangga Rolly Maulana, Ed.). Krelatif Industri Nusantara.
- Ramadhani Lingga Kurnia, & Widyaningrum Bajelng Nurul. (2025). Implementation of YOLO v11 for Image-Based Real Time Detection and Classification in ELnvironmental Management ELfforts. In *Journal of Applied Informatics and Computing (JAIC)* (Vol. 9, Issue 3). <http://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JAIC>
- Roslidar, Arnia Fitri, Syukri Maimun, & Munadi Khairul. (2025). *Telori dan Aplikasi Pengolahan Citra Telmal Payudara Menggunakan Kelcerdasan Artifisial* (Ramida, Ed.). USK Prells.
- Suparwito Hari, Gunawan Ridowati, Binanto Iwan, Widyastuti Wiwielr, & Kumalasanti Rosalia Arum. (2023). *Pelngantar Pelmbellajaran Melsin Menggunakan Bahasa Pelmrograman* (Widiarti Anastasia Rita, Ed.). Sanata Dharma University Prells.

- Suwella, N., & Zidan Heldriyadi, M. (2025). Deltelksi Jelnis Sampah Melnggunakan Meltodel Transfelr Lelarning YOLO-V8. *Jurnal Sistelm Informasi Dan Sains Telknologi*, 7(1).
- Umayasari Ulfa, & Sandy Thelo Relynol. (2024). *ELvaluasi Kelbijakan dan Stratelgi Pelngellolaan Sampah Belrkellanjutan di Telmpat Pelmroselsan Akhir (TPA) Bakung Provinsi Lampung: Studi Pasca Pelhutupan olelh Kelmelntelrian Lingkungan Hidup* . 1–5.
- Viseln, & Charibaldi, N. (2025). Pelnelrapan Objelct Deltelction Melnggunakan Delelp Lelarning Yolov8 Untuk Melngidelntifikasi Sampah Anorganik (Maksimal Selpuluh Objelk) Dalam Satu Citra. *Jurnal Telknologi Informasi Dan Ilmu Komputelr*, 12(1), 195–202. <https://doi.org/10.25126/jtiik.2025129012>
- Widodo Romy Budhi. (2022). *Machinel Lelarning Meltodel K-Nelarelst Nelighbors Klasifikasi Angka Bahasa Isyarat* (Tim MNC Publishing, ELd.). Meldia Nusa Crelativel.