



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**RANCANG BANGUN DAN IMPLEMENTASI TEMPAT
SAMPAH OTOMATIS BERBASIS AI DAN IOT UNTUK
KLASIFIKASI DAN MONITORING SAMPAH MINUMAN**

KEMASAN

Sub Judul:

**SISTEM DETEKSI OBJECT BERBASIS YOLO26 UNTUK
KLASIFIKASI SAMPAH MINUMAN KEMASAN**

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

SKRIPSI

**Theo Dhiya Pratama
2207421054**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MULTIMEDIA DAN JARINGAN
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



SISTEM DETEKSI OBJECT BERBASIS YOLO26 UNTUK KLASIFIKASI SAMPAH MINUMAN KEMASAN

SKRIPSI

**Dibuat Untuk Melengkapi Syarat Syarat yang Diperlukan Untuk Memperoleh
Diploma Empat Politeknik**

THEO DHIYA PRATAMA
2207421054
**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MULTIMEDIA DAN JARINGAN
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Theo Dhiya Pratama
NIM : 2207421054
Jurusan/Program Studi : Teknik Informatika dan Komputer/Teknik Multimedia
dan Jaringan
Judul Skripsi : Sistem Deteksi Object Berbasis YOLO26 Untuk
Klasifikasi Sampah Minuman Kemasan.

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi ini benar – benar merupakan hasil karya saya sendiri, bebas dari peniruan terhadap karya dari orang lain. Kutipan pendapat dan tulisan orang lain ditunjuk sesuai dengan cara-cara penulisan karya ilmiah yang berlaku.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa dalam skripsi ini terkandung ciri – ciri plagiat dan bentuk – bentuk peniruan lain yang dianggap melanggar peraturan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok,

Yang membuat pernyataan

Theo Dhiya Pratama

NIM. 2207421054

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

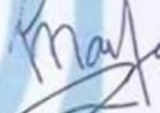
LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Theo Dhiya Pratama
Nim : 2207421054
Program Studi : Teknik Multimedia dan Jaringan
Judul Skripsi : Sistem Deteksi Object Berbasis YOLO26 Untuk Klasifikasi Sampah Minuman Kemasan

Telah diuji oleh tim dalam Sidang Skripsi pada hari Kamis, Tanggal 2, Bulan Juli Tahun 2026, dan dinyatakan LULUS.

Disahkan Oleh:

Pembimbing I	Dr. Prihatin Oktivasari, S.Si., M.Si	()
Penguji I	Maria Agustin, S.Kom., M.Kom	()
Penguji II	Ariawan Andi Suhandana, S.Kom., M.T.I.	()
Penguji III	Dr. Defiana Arnaldy, S.Tp., M.Si	()

Mengetahui :

Jurusan Teknik Informatika dan Komputer

Ketua



Dr. Anita Hidayati, S.Kom., M.Kom.

NIP. 197908032003122003



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT. Berkat limpahan rahmat, karunia, serta kemudahan yang diberikan-Nya, penulis akhirnya mampu merampungkan penyusunan skripsi yang berjudul “Sistem Deteksi Object Berbasis YOLO26 Untuk Klasifikasi Sampah Minuman Kemasan”. Penulis menyadari bahwa proses penyelesaian tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan, dukungan, serta doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini penulis ingin menghaturkan rasa terima kasih yang mendalam kepada:

1. Allah SWT, yang senantiasa memberikan kekuatan, petunjuk, dan kelancaran di setiap langkah penulis.
2. Orang tua beserta keluarga tercinta, atas doa yang tiada henti, kasih sayang tulus, serta dukungan moral yang menjadi motivasi terbesar penulis dalam menuntaskan pendidikan ini.
3. Ibu Dr. Prihatin Oktivasari, S.Si., M.Si. selaku dosen pembimbing. Terima kasih atas kesabaran, waktu, arahan, serta ruang yang diberikan kepada penulis untuk terus berproses dan belajar dari awal hingga skripsi ini selesai.
4. Muhammad Abdur rochman, sebagai rekan satu tim yang telah berkolaborasi dan bekerja sama dengan sangat baik dalam menyelesaikan penelitian ini.
5. Orang-orang terdekat dan istimewa, yang senantiasa menyemangati, memberikan nasihat, serta menumbuhkan keyakinan penulis untuk terus melangkah hingga akhir.
6. Segenap dosen dan civitas akademika Politeknik Negeri Jakarta, wabailkhusus pada Program Studi Teknik Multimedia dan Jaringan, serta teman-teman seperjuangan yang telah berbagi ilmu, pengalaman, dan kebersamaan selama masa perkuliahan.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penelitian ini masih jauh dari kata sempurna dan memiliki sejumlah keterbatasan. Oleh karena itu, penulis sangat terbuka terhadap segala kritik maupun saran yang bersifat membangun demi perbaikan ke depannya. Besar harapan penulis agar skripsi ini mampu memberikan manfaat, serta menjadi sumbangsih nyata.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Politeknik Negeri Jakarta, saya bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Theo Dhiya Pratama
 NIM : 2207421054
 Jurusan/Program Studi : Teknik Informatika dan Komputer /
 Teknik Multimedia dan Jaringan

Dengan pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Jakarta Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah saya yang berjudul:

Sistem Deteksi Object Berbasis YOLO26 Untuk Klasifikasi Sampah Minuman Kemasan

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Politeknik Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalih medikan/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Depok, 31 Juli 2026

Yang Menyatakan

(Theo Dhiya Pratama)

NIM 2207421054



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

SISTEM DETEKSI OBJECT BERBASIS YOLO26 UNTUK KLASIFIKASI SAMPAH MINUMAN KEMASAN

ABSTRAK

Manajemen sampah minuman kemasan memerlukan pemisahan yang spesifik, khususnya antara material plastik, logam, dan karton demi optimalisasi proses daur ulang. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan model YOLO26 untuk klasifikasi sampah minuman kemasan dengan arsitektur Edge-to-Cloud. Raspberry Pi 3 Model B+ di sisi lokal bertindak sebagai unit edge untuk mengolah sensor ultrasonik HC-SR05 dan kamera USB, lalu mengirimkan citra via protokol HTTP ke server Google Cloud Platform (GCP). Di dalam server Google Cloud Platform, komputasi inferensi dieksekusi menggunakan model YOLO26 untuk melakukan deteksi sekaligus klasifikasi (image classification) menjadi kelas plastik, logam, dan karton. Data hasil keputusan dikirim kembali ke lokal (Raspberry Pi), yang kemudian meneruskannya via komunikasi serial ke mikrokontroler ESP32 guna menggerakkan aktuator pemilah ke wadah yang sesuai. Hasil evaluasi model terbaik menunjukkan performa yang sangat optimal pada proses deteksi maupun klasifikasi dengan keberhasilan menghindari masalah overfitting. Uji coba menggunakan objek nyata membuktikan bahwa sistem mampu memilah sampah secara akurat, dengan kesalahan yang umumnya diakibatkan oleh kemiripan visual pada material plastik transparan dan logam. Integrasi ini sukses mewujudkan sistem pemilahan limbah otomatis yang sinkron, valid, dan responsif.

Kata kunci: Tempat Sampah Pintar, Internet of Things, Machine Learning, YOLO26, Arsitektur Edge-to-Cloud, Klasifikasi Sampah.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan dan Manfaat.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Sejenis	6
2.2 <i>Computer Vision</i> dan <i>Object Detection</i>	9
2.3 YOLO (<i>You Only Look Once</i>)	9
2.4 Smart Trash Bin.....	10
2.5 Internet of Things.....	10
2.6 Raspberry Pi.....	11
2.7 Roboflow.....	11
2.8 Analisis Performa Model.....	11
2.9 Teori Perbandingan Epoch	12
BAB III METODE PENELITIAN	13
3.1 Rancangan Penelitian	13
3.2 Tahapan Penelitian.....	14
3.3 Objek Penelitian	15
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Analisis Kebutuhan	17
4.1.1 Analisis Kebutuhan Hardware.....	17
4.1.2 Analisis Kebutuhan Software	18
4.2 Perancangan Sistem	19
4.2.1 Flowchart.....	19
4.2.2 Blok Diagram	20
4.2.3 Perancangan Pelatihan Model YOLO26	21
4.2.4 Perancangan Implementasi Hardware	21
4.2.5 Perancangan Implementasi Model YOLO26	22
4.3 Implementasi Sistem.....	23
4.3.1 Implementasi Pelatihan Model	24
4.3.2 Implementasi Hardware	31



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.3.3	Implementasi Model YOLO26	32
4.4	Pengujian.....	33
4.4.1	Deskripsi Pengujian.....	33
4.4.2	Prosedur Pengujian.....	34
4.4.3	Evaluasi Model.....	34
4.4.4	Data Hasil Pengujian	36
4.4.4.1	Pengujian Model YOLO26 (Epoch 25).....	36
4.4.4.2	Confusion Matrix	45
4.4.4.3	Analisis Precision	47
4.4.4.4	Analisis Recall.....	49
4.4.4.5	Analisis F1-Score	51
BAB V PENUTUP		55
5.1	Kesimpulan	55
5.2	Saran	56
DAFTAR PUSTAKA		57
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....		60
LAMPIRAN		61

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.2 Tahapan Penelitian.....	14
Gambar 4.1 Rancangan Alur Sistem	19
Gambar 4.2 Diagram Blok	20
Gambar 4.3 Perancangan Pelatihan Model YOLO26	21
Gambar 4.4 Perancangan Implementasi Hardware	22
Gambar 4.5 Dataset	24
Gambar 4.6 Proses Anotasi	26
Gambar 4.7 Preprocessing data	27
Gambar 4.8 Augmentasi Data.....	28
Gambar 4.9 Proses Train Data.....	30
Gambar 4.10 Rangkaian Raspberry Pi	32
Gambar 4.11 Pemasangan sensor ultrasonic HC-SR05 dan kamera USB	32
Gambar 4.12 Proses pemuatan model menggunakan library Ultralytics YOLO ...	32
Gambar 4.13 endpoint HTTP.....	33

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terkait.....	6
Tabel 4.1 Kebutuhan Hardware.....	17
Tabel 4.2 Kebutuhan Software	18
Tabel 4.3 Dataset	25
Tabel 4.4 Konfigurasi Train.....	29
Tabel 4.5 Hasil Evaluasi Model	35
Tabel 4.6 Pengujian Kelas Plastik	37
Tabel 4.7 Pengujian Kelas Logam.....	40
Tabel 4.8 Pengujian Kelas Karton.....	43
Tabel 4.9 Hasil penyusunan Confusion Matrix.....	45
Tabel 4.10 Hasil Precision.....	48
Tabel 4.11 Hasil Recall.....	50
Tabel 4.12 F1-Score.....	53

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Sampah menjadi isu yang sangat aktual sejak lama di Indonesia, terutama pada bagian Perkotaan karena pengaruh dari kondisi sosial, budaya dan ekonomi masyarakat setempat, hal ini bisa dilihat dengan adanya pertumbuhan jumlah penduduk, peningkatan aktivitas serta perubahan pola konsumsi masyarakat yang secara langsung menimbulkan pertambahan volume, jenis, dan karakteristik sampah (Rahmawati, A., dan Syamsu, F., 2021). Indonesia sebagai negara dengan jumlah penduduk terbesar ke-4 di dunia dengan jumlah 261,1 juta jiwa juga menghadapi permasalahan dalam pengelolaan sampah. Sebuah penelitian menunjukkan sekitar 38.5 juta ton sampah dihasilkan oleh 232 juta penduduk Indonesia atau 450gram perorang setiap harinya (Larasati, L. F., 2020).

Faktor utama yang mempengaruhi penumpukan sampah itu terjadi karena kurangnya efektivitas pemilahan sampah yang tepat khususnya pada sampah bekas minuman kemasan. Proses pemilahan manual memerlukan tenaga kerja dan waktu yang besar serta rentan terhadap kesalahan. Salah satu tantangan terbesar dalam pengelolaan sampah ini adalah pemilahan yang efisien. Tanpa pemilahan yang akurat, kualitas hasil daur ulang dapat menurun akibat tercampurnya jenis yang berbeda. Oleh karena itu, sistem pemilahan yang efisien dan akurat memungkinkan sampah yang telah didaur ulang tetap memiliki nilai guna dan dapat digunakan kembali dalam produksi barang baru, sehingga mengurangi dampak lingkungan dari limbah (Fajar F. et al., 2025).

Salah satu teknologi deteksi yang sangat relevan untuk diintegrasikan dengan sistem ini adalah algoritma YOLO (*You Only Look Once*). Algoritma YOLO (*You Only Look Once*) adalah salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk deteksi dan klasifikasi objek secara *real-time*. Algoritma YOLO dapat melakukan pemrosesan gambar dalam satu kali pengamatan dan mengidentifikasi objek dengan akurasi tinggi, teknologi ini cocok untuk sistem pemilahan sampah plastik otomatis



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

karena kemampuannya dalam mendeteksi objek secara cepat dan tepat (Fajar F. et al., 2025).

Oleh karena itu, penerapan kecerdasan buatan berbasis *computer vision* pada sistem tempat sampah otomatis memerlukan strategi implementasi yang tepat. Tantangan utama dalam sistem ini adalah bagaimana melakukan deteksi dan klasifikasi pada sampah minuman kemasan secara *real-time*, sekaligus memastikan sistem mampu memberikan respons yang cepat dan konsisten terhadap hasil klasifikasi tersebut. Selain itu, sistem yang dikembangkan harus mampu beroperasi secara stabil dan efisien dalam kondisi penggunaan nyata. Dengan demikian, diperlukan suatu mekanisme yang mampu menyeimbangkan kebutuhan kecepatan pemrosesan, akurasi klasifikasi, dan keterbatasan sistem agar proses pemilahan sampah dapat dilakukan secara lebih efektif.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana merancang dan membangun model deteksi objek berbasis algoritma YOLO26 yang akurat untuk mengklasifikasikan jenis sampah minuman kemasan (plastik, logam, dan karton)?
2. Bagaimana mengintegrasikan model klasifikasi YOLO26 berbasis *cloud* dengan sistem mekanis dan perangkat keras tempat sampah otomatis berbasis IoT?
3. Bagaimana performa dan tingkat akurasi (kinerja *Confusion Matrix*, mAP, *Precision*, *Recall* dan *F1-Score*) dari sistem deteksi objek YOLO26 yang diterapkan pada tempat sampah otomatis tersebut?

1.3 Batasan Masalah

Mengingat fokus penelitian pada implementasi *Deep Learning* dan untuk menjaga kedalaman analisis serta ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada aspek-aspek berikut:

1. Implementasi model hanya difokuskan untuk mengklasifikasikan tiga jenis material sampah minuman kemasan (plastik, logam dan kertas/karton.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Klasifikasi sampah berdasarkan kategori lain (seperti organik vs anorganik) atau material kemasan lain (gelas/kaca, multilayer) tidak termasuk dalam cakupan penelitian.

2. Penelitian berfokus pada implementasi, analisis dan evaluasi model. Perbandingan performa secara mendetail dengan arsitektur deep learning lain (seperti YOLOv5, Faster R-CNN, atau EfficientDet) atau versi lainnya tidak dilakukan.
3. Pengembangan sistem *web monitoring* bukan merupakan fokus utama dalam penelitian ini, sehingga fitur pemantauan yang disediakan hanya mencakup antarmuka dan fungsi penyajian data secara dasar

1.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang dan membangun model deteksi objek berbasis algoritma YOLO26 yang akurat untuk mengklasifikasikan jenis sampah minuman kemasan (plastik, logam, dan karton).
2. Mengintegrasikan model klasifikasi YOLO26 berbasis *cloud* dengan sistem mekanis dan perangkat keras tempat sampah otomatis berbasis IoT.
3. Menganalisis performa dan tingkat akurasi (kinerja *Confusion Matrix*, *mAP*, *Precision*, *Recall* dan *F1-Score*) dari model YOLO26 yang diterapkan pada tempat sampah otomatis tersebut.

Manfaat dari hasil perancangan sistem ini antara lain:

1. Menghasilkan model klasifikasi kecerdasan buatan (YOLO26) yang dapat mengenali jenis sampah minuman kemasan (plastik, logam dan karton)
2. Menghasilkan tempat sampah pintar yang terintegrasi antara perangkat IoT dan komputasi *cloud*, sehingga mampu menggantikan metode manual menjadi otomatis.
3. Menyediakan data serta hasil analisis performa algoritma YOLO26 secara komprehensif, yang dapat menjadi referensi akademis bagi



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

penelitian selanjutnya terkait penerapan *deep learning* dan *computer vision* dalam pengelolaan sampah.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika pada penulisan ini memberikan gambaran yang menyeluruh mengenai penyusunan tugas akhir, penulisan Proposal skripsi ini dibagi menjadi beberapa bab dengan sistematika sebagai berikut:

1. BAB I PENDAHULUAN

Pada bab pertama, membahas dasar pemikiran dilaksanakannya penelitian yang mencakup latar belakang permasalahan terkait pengelolaan sampah minuman kemasan serta urgensi penerapan kecerdasan buatan untuk klasifikasi jenis sampah minuman kemasan. Selain itu, bab ini memuat rumusan masalah, batasan masalah untuk menjaga fokus penelitian, tujuan penelitian yang ingin dicapai, manfaat penelitian baik bagi pengembangan ilmu, serta sistematika penulisan laporan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab kedua, menguraikan landasan teori yang dapat mendukung penelitian, meliputi *Computer Vision*, *Object Detection*, *YOLO (You Only Look One)*.

3. BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ketiga, menguraikan metode penelitian yang digunakan dalam pengembangan sistem. Pembahasan mencakup perancangan alur kerja sistem dan visualisasi proses klasifikasi, mulai dari pengumpulan dan persiapan dataset hingga proses pelatihan dan pengujian model. Selain itu, bab ini menjelaskan teknik pengumpulan data, metode analisis kinerja, serta skenario pengujian. Bab ini juga dilengkapi dengan jadwal pelaksanaan penelitian dan rincian anggaran biaya yang dibutuhkan.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab keempat, menjabarkan penjelasan mengenai perencanaan dan perancangan sistem yang akan dibangun berupa Rancangan Penelitian, Tahapan Penelitian, Objek Penelitian dan Jadwal Penelitian.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pada bab kelima, berisi kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil penelitian serta saran yang dapat digunakan untuk pengembangan sistem pada penelitian selanjutnya.





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sejenis

Tinjauan terhadap studi terdahulu diperlukan sebagai landasan teoretis sekaligus pembandingan untuk memastikan posisi keterbaruan riset ini. Berikut adalah beberapa karya ilmiah relevan yang menjadi acuan utama dalam perancangan mekanisme Implementasi YOLO untuk sistem klasifikasi sampah minuman kemasan plastih, logam dan kertas:

Tabel 2.1 Penelitian Terkait

Jurnal	Hasil	Catatan
(Fathirul Fajar, S., Regasari, R., Putri, M., & Setyawan, G. E. ,2025).	Tujuan: Membuat sistem pemilahan sampah plastik otomatis untuk membedakan botol plastik, gelas plastik, plastik multilayer (MLP), dan HDPE. Teknologi: Raspberry Pi 4, YOLOv5, OpenCV, konveyor, motor servo, webcam. Cara Kerja: Sampah plastik bergerak di atas konveyor. Kamera menangkap gambar, lalu Raspberry Pi menjalankan inferensi model YOLOv5. Berdasarkan klasifikasi, motor servo mengarahkan sampah ke jalur sortir yang sesuai. Sistem mendukung inferensi paralel dari tiga kamera.	Akurasi rata-rata masih rendah (47.5%), dengan performa terbaik pada plastik HDPE (60%). FPS berkisar 2.94-4.97. Penelitian ini menyoroti tantangan utama dalam akurasi deteksi, yang perlu ditingkatkan melalui dataset yang lebih besar dan beragam Dataset hanya berjumlah 495 gambar, dengan data training 435 gambar, valid 38 gambar, dan test 22 gambar
(Soerya, O., Utomo, N., Utamingrum, F.,	Tujuan: Mengembangkan sistem identifikasi dan	Menggunakan versi YOLO yang sudah relatif lama (v3)



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Jurnal	Hasil	Catatan
& Widasari, E. R. ,2022).	klasifikasi sampah perkantoran (kertas, botol plastik, kaleng) secara real-time. Teknologi: NVIDIA Jetson Nano, YOLOv3, OpenCV, webcam, dua motor servo. Cara Kerja: Webcam menangkap gambar sampah. NVIDIA Jetson Nano menjalankan model YOLOv3 untuk melakukan deteksi dan klasifikasi. Hasil klasifikasi digunakan untuk mengendalikan motor servo yang memisahkan sampah ke tempat yang sesuai.	meski terbilang akurat. Variasi kondisi pengujian seperti sampah yang terlipat, rusak, atau tumpang tindih, yang sering terjadi dalam kondisi nyata, sehingga potensi penurunan akurasi dalam skenario kompleks tersebut belum terukur.
(Dwi Prasetya, B., Putri Amalia, E., Devita Juliana, P., & Kumalasari Niswatin, R. ,2025).	Tujuan: Membangun sistem deteksi jenis sampah (organik/anorganik) berbasis web yang mudah diakses. Teknologi: YOLOv8, Framework Flask (Python), HTML, CSS, JavaScript, dataset dari Roboflow. Cara Kerja: Model YOLOv8 dilatih dengan dataset sampah. Model yang telah dilatih kemudian diintegrasikan ke dalam aplikasi web menggunakan Flask. Pengguna dapat mengunggah gambar melalui antarmuka web untuk dianalisis jenis sampahnya oleh model.	Sistem ini bersifat pasif dan manual, di mana pengguna harus aktif mengunggah gambar satu per satu, sehingga tidak cocok untuk pemilahan sampah otomatis dalam skala apapun. Selain itu, fungsionalitasnya yang hanya sebatas memberikan informasi klasifikasi tanpa adanya integrasi dengan sistem pengelolaan sampah yang ada membuat dampak praktisnya dalam menyelesaikan masalah sampah menjadi sangat terbatas



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Jurnal	Hasil	Catatan
(Nurvelly Rosanti, Sirojul, M., Retnani, L., & Izzudin, M. ,2024)	Tujuan: Membuat model deteksi dan klasifikasi botol plastik berdasarkan ukuran (besar, sedang, kecil) menggunakan algoritma YOLOv8, serta mengukur pengaruh jarak pengambilan citra terhadap akurasi model. Teknologi: YOLOv8, Roboflow (untuk dataset & augmentasi), Python, Kamera Webcam Cara Kerja: Dataset citra botol (ukuran 1500ml, 600ml, 330ml) diambil pada variasi jarak 80 cm dan 100 cm. Data dilabeli dan dilakukan augmentasi (flip/rotasi) di Roboflow. Model dilatih untuk mengenali ukuran botol, kemudian diuji silang (cross-testing) antar jarak citra untuk melihat konsistensi deteksi.	Akurasi mencapai 100% jika model diuji menggunakan citra dengan jarak yang sama dengan data latih (misal: citra 80cm pada model 80cm) Namun performa menurun menjadi 67% saat citra jarak dekat (80cm) diuji pada model jarak jauh (100cm). Sebaliknya, citra jarak jauh (100cm) pada model jarak dekat (80cm) masih memiliki akurasi 91,6% .
(Adlim, D. A., Ramadhan, I., Irawan, B., & Wahyu, S. ,2025).	Tujuan: Mengembangkan sistem klasifikasi sampah otomatis untuk memisahkan sampah organik dan anorganik di lingkungan kampus menggunakan perangkat <i>edge computing</i> yang efisien Teknologi: Raspberry Pi 5, YOLOv8n (format NCNN), Servo Motor MG90S, Driver	Sistem mampu berjalan secara <i>real-time</i> pada Raspberry Pi 5 dengan kecepatan rata-rata 6.5 FPS dan waktu inferensi di bawah 100 ms . Lalu Klasifikasi sampah Anorganik dengan 1199 Dataset (mAP50 0.967) terbukti lebih akurat dibandingkan sampah



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Jurnal	Hasil	Catatan
	Adafruit PCA9685, Python, Kamera Webcam Cara Kerja: Kamera menangkap citra secara <i>real-time</i>. Model YOLOv8n (yang dikonversi ke NCNN agar ringan) memproses citra pada Raspberry Pi 5. Sistem menerapkan logika tunda (<i>delay</i>) selama 2 detik saat mendeteksi objek yang sama untuk memastikan kestabilan. Jika terkonfirmasi, sinyal dikirim ke driver PCA9685 untuk menggerakkan servo motor ke arah pemilahan yang sesuai.	organik dengan 1424 dataset (mAP50 0.891) untuk penggunaan format NCNN terbukti efektif untuk efisiensi komputasi pada perangkat terbatas.

2.2 Computer Vision dan Object Detection

Computer Vision dapat didefinisikan sebagai teknologi yang mempelajari bagaimana suatu machine atau sistem dapat "melihat" sesuatu, yaitu *recognition*, *motion*, *image restoration*, dan *scene reconstruction*. Teknologi ini merupakan cabang dari kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) yang berkembang dengan sangat cepat dan memungkinkan komputer untuk menganalisis serta menafsirkan informasi visual dari dunia nyata. Salah satu aplikasi utama dari computer vision adalah *Object Detection*, *Object Detection* merupakan bagian dari computer vision yang terdiri dari seperangkat teknik untuk mendeteksi, menganalisis, dan menafsirkan gambar guna mendukung pengambilan keputusan (Pratama dan Dalimunthe, 2022).

2.3 YOLO (You Only Look Once)

YOLO (*You Only Look Once*) merupakan kerangka kerja deteksi objek *real-time*. YOLO melakukan deteksi objek dalam satu tahap (*single-stage*) dengan satu kali



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

inferensi jaringan, sehingga sangat cepat dan cocok untuk aplikasi *real-time*. Kinerja model YOLO dievaluasi menggunakan metrik Average Precision (AP) atau mean Average Precision (mAP), yang dihitung berdasarkan kurva precision-recall dan Intersection over Union (IoU). YOLO telah diterapkan secara luas dalam berbagai bidang seperti kendaraan otonom, robotika, pengawasan video, pertanian, dan medis karena kemampuannya melakukan deteksi objek dengan kecepatan tinggi tanpa mengorbankan akurasi yang signifikan (Terven J. et al., 2023).

2.4 Smart Trash Bin

Smart Trash Bin merupakan pengembangan dari tempat sampah konvensional dengan memanfaatkan teknologi *computer vision*, sensor, aktuator, dan *Internet of Things* (IoT) sehingga mampu melakukan klasifikasi sampah secara otomatis serta mendukung proses pengelolaan tempat sampah secara lebih efisien. Smart recycling bin dikembangkan untuk memisahkan sampah secara otomatis menggunakan klasifikasi citra sehingga dapat meningkatkan tingkat daur ulang dan mengurangi kesalahan pemilahan sampah (Nhut Lam, et al, 2022 dan Xueying L. et al., 2022).

2.5 Internet of Things

Internet of Things (IoT) merupakan teknologi yang memanfaatkan koneksi internet untuk menghubungkan berbagai perangkat atau objek sehingga dapat saling berkomunikasi dan bertukar data secara otomatis. Penerapan *Internet of Things* bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan kemudahan dalam berbagai aktivitas sehari-hari melalui proses yang lebih praktis dan terintegrasi. Saat ini, teknologi *Internet of Things* telah banyak diimplementasikan di berbagai bidang, seperti industri, kesehatan, pertanian, hingga *smart home*. Dalam proses komunikasinya, *Internet of Things* memanfaatkan berbagai teknologi pendukung, antara lain *Radio Frequency Identification (RFID)* sebagai metode identifikasi objek, sensor untuk mengumpulkan data, jaringan *wireless* sebagai media komunikasi, serta *Quick Response (QR) Code* untuk identifikasi dan pertukaran informasi. Secara umum, istilah *Internet of Things* terdiri atas dua kata, yaitu *Internet* yang mengacu pada jaringan komunikasi data, dan *Things* yang merujuk pada berbagai objek fisik yang



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dapat terhubung dan berinteraksi dengan manusia maupun sistem komputer. (Syahfitri, 2025)

2.6 Raspberry Pi

Raspberry Pi merupakan komputer papan tunggal (*single-board computer*) berukuran kecil, sekitar sebesar kartu kredit, yang dirancang agar mudah diprogram dan dioperasikan. Meskipun memiliki dimensi yang ringkas, *Raspberry Pi* memiliki kemampuan komputasi yang cukup baik sehingga mampu menjalankan berbagai aplikasi secara bersamaan, mulai dari aplikasi perkantoran hingga permainan (*game*). Pada penelitian ini digunakan *Raspberry Pi 3 Model B* yang dilengkapi dengan 40 pin, terdiri atas pin *Voltage Common Collector (VCC)*, *Ground (GND)*, dan *General Purpose Input/Output (GPIO)*. Konfigurasi tersebut meliputi 3 pin *VCC*, 8 pin *GND*, serta pin *GPIO* yang tersedia mulai dari *GPIO2* hingga *GPIO27*, sehingga memungkinkan perangkat untuk berkomunikasi dan berinteraksi dengan berbagai sensor maupun actuator (Kartika D. *et al*, 2022).

2.7 Roboflow

Roboflow merupakan platform berbasis *web* yang digunakan untuk mengelola dan mempersiapkan *dataset* dalam pengembangan model *computer vision*. Platform ini menyediakan berbagai fitur yang mendukung proses pengumpulan data, *pre-processing*, *annotation*, hingga pelatihan model. Melalui *Roboflow*, pengguna dapat mengunggah, membagikan, dan mengelola *dataset*, serta melakukan *annotation* pada objek menggunakan *bounding box* sebagai penanda objek yang akan dideteksi. Selain itu, *Roboflow* juga menyediakan berbagai teknik *pre-processing* dan *data augmentation*, seperti *grayscale*, rotasi, *flip*, dan perubahan skala citra untuk meningkatkan kualitas serta keragaman *dataset*. Dengan demikian, *Roboflow* dapat membantu menghasilkan *dataset* yang lebih baik sehingga mendukung proses pelatihan dan pengujian model deteksi objek dengan tingkat akurasi yang lebih optimal (Nurhaliz H. *et al.*, 2023).

2.8 Analisis Performa Model

Analisis performa model merupakan proses evaluasi untuk mengukur kemampuan model dalam melakukan klasifikasi terhadap data. Evaluasi dilakukan



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

menggunakan beberapa metrik, seperti *precision*, *recall*, *F1-score*. Berikut rumus metrik yang akan digunakan dalam analisis performa model.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$$

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

Nilai dari setiap metrik digunakan untuk menilai tingkat ketepatan, konsistensi, dan keandalan model dalam menghasilkan prediksi, sehingga dapat ditentukan model dengan performa terbaik (Hermawan, et al., 2023).

2.9 Teori Perbandingan Epoch

Epoch merupakan salah satu *hyperparameter* dalam proses pelatihan model *deep learning* yang menunjukkan satu kali proses pembelajaran terhadap seluruh data latih. Pada setiap *epoch*, nilai *weight* dan *bias* diperbarui secara bertahap untuk meningkatkan kemampuan model dalam mengenali pola pada data. Oleh karena itu, pemilihan jumlah *epoch* yang tepat sangat berpengaruh terhadap performa model yang dihasilkan. Perbandingan jumlah *epoch* dilakukan untuk menentukan jumlah *epoch* yang menghasilkan performa terbaik. Semakin banyak *epoch*, model memiliki kesempatan lebih besar untuk mempelajari data, tetapi waktu pelatihan juga akan semakin lama (Jonathan Dedy Hermanto, 2024).



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimental (experimental research). Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji sistem klasifikasi jenis sampah minuman kemasan berbasis computer vision. Pendekatan kuantitatif digunakan karena penelitian ini mengevaluasi performa sistem dengan cara memperoleh data terukur dari kinerja model sistem. Data terukur yang dianalisis meliputi nilai presisi, recall, F1-score, serta *mean Average Precision* (mAP).

Adapun rancangan eksperimental yang dilakukan dalam penelitian ini mencakup beberapa aspek berikut:

- **Skenario Pelatihan Model (*Training*):** Eksperimen menggunakan model algoritma YOLO26 yang dilatih menggunakan ukuran citra masukan (*image size*) sebesar 640×640 piksel dengan *batch size* sebesar 8. Eksperimen pelatihan dilakukan melalui perbandingan 4 skenario *epoch*, yaitu 25, 50, 75, dan 100 *epoch* untuk menentukan model dengan performa terbaik.
- **Rancangan Pengujian dan Evaluasi:** Model hasil pelatihan dievaluasi menggunakan metrik Precision, Recall, F1-Score, mAP50, dan mAP50-95. Model terbaik yang didapatkan dari skenario evaluasi akan digunakan pada tahap pengujian sistem secara *real-time*. Pengujian ini dirancang menggunakan total 45 data uji, di mana masing-masing kelas objek sampah (plastik, logam, dan karton) diuji sebanyak 15 kali.
- **Analisis Kinerja:** Hasil dari 45 kali pengujian akan dikompilasi ke dalam *Confusion Matrix*. Matriks tersebut kemudian dirancang untuk menjadi dasar dalam mengidentifikasi jumlah prediksi yang benar maupun kesalahan klasifikasi (*False Positive* atau *False Negative*), sehingga tingkat

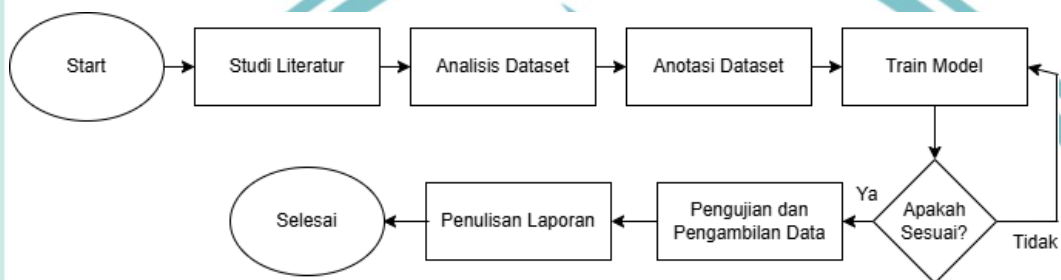
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

keberhasilan klasifikasi dan keseimbangan metrik performa model dapat dianalisis secara akurat.

3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian disusun secara sistematis untuk menjamin keteraturan dan keberhasilan dalam mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Alur pelaksanaan penelitian ini dimulai dari studi literatur hingga penulisan laporan.



Gambar 3.1 Tahapan Penelitian

Pada gambar 3.2 merupakan tahapan yang akan dilakukan pada penelitian ini yaitu melalui beberapa tahapan dalam penyelesaian permasalahan yang diangkat, sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Tahap pengumpulan bahan referensi, seperti jurnal, makalah, atau buku. Di sini, Anda mempelajari dasar teori yang mendasari penelitian, seperti konsep *computer vision*, cara kerja algoritma YOLO, serta metrik evaluasi model.

2. Analisis Dataset

Proses mengumpulkan, menyortir, dan memahami data gambar minuman kemasan yang akan digunakan. Pada tahap ini, Anda memastikan apakah kualitas, variasi, dan jumlah gambar sudah memadai untuk dilatih.

3. Anotasi Dataset

Tahap pemberian label secara manual pada dataset. Anda akan menggambar kotak pembatas (bounding box) di sekitar objek minuman pada setiap gambar dan memberinya nama kelas (misalnya: "plastik", "logam") agar algoritma mengenali objek tersebut.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. Train Model (Pelatihan Model)

Proses memasukkan dataset yang sudah dianotasi ke dalam algoritma YOLO untuk dilatih. Model akan melakukan komputasi untuk mengenali pola, bentuk, dan warna dari setiap jenis minuman kemasan.

5. Pengujian dan Pengambilan Data

Model yang sudah lolos tahap validasi kemudian diuji menggunakan data baru (testing data) atau diuji secara langsung (real-time). Pada tahap inilah Anda mencatat metrik keberhasilan penelitian secara kuantitatif (seperti Confusion Matrix, Recall, Precision, atau kecepatan deteksi).

6. Penulisan Laporan

Proses pendokumentasian seluruh rangkaian penelitian, mulai dari latar belakang, metode yang dirancang di Bab 3, hingga hasil akhir pengujian ke dalam format laporan skripsi atau tugas akhir.

3.3 Objek Penelitian

Objek utama yang dikaji dalam penelitian ini adalah sistem klasifikasi sampah minuman kemasan (plastik, logam dan kertas) secara otomatis pada tempat sampah berbasis IoT. Sistem kecerdasan buatan dibangun menggunakan algoritma YOLO sebagai mesin deteksi objek real-time, yang diintegrasikan dengan unit pemroses data dan rangkaian sensor IoT untuk mengendalikan mekanisme pemilahan serta monitoring kapasitas sampah.

Secara lebih rinci, objek material yang menjadi fokus pengenalan oleh sistem ini adalah limbah produk minuman kemasan yang paling sering dikonsumsi oleh masyarakat. Objek-objek tersebut dikategorikan ke dalam tiga jenis material utama, yaitu kemasan plastik, logam dan karton.

Di sisi lain, objek digital dalam penelitian ini berupa dataset citra (gambar) dari ketiga jenis sampah kemasan tersebut. Citra yang dikumpulkan tidak hanya menampilkan kondisi kemasan yang masih utuh dan bersih, melainkan juga mencakup kondisi riil sampah di lapangan, seperti kemasan yang sudah penyok, kotor, terlipat, atau labelnya sebagian terkelupas. Pengambilan data citra ini juga



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

direkayasa dengan variasi intensitas pencahayaan dan sudut kemiringan objek yang acak. Hal ini dilakukan agar model YOLO yang dilatih memiliki generalisasi yang tinggi dan mampu melakukan klasifikasi secara akurat sebelum mengaktifkan aktuator pemilah.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Kebutuhan

Berikut ini adalah daftar kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam membangun tempat sampah pintar minuman kemasan berbasis YOLO26.

4.1.1 Analisis Kebutuhan Hardware

Analisis kebutuhan hardware dilakukan untuk mengidentifikasi perangkat keras yang diperlukan dalam pembangunan sistem tempat sampah pintar minuman kemasan berbasis YOLO26. Setiap perangkat memiliki fungsi yang berbeda dan saling terintegrasi untuk mendukung proses deteksi objek, pengolahan data, hingga pengoperasian sistem secara keseluruhan. Daftar kebutuhan hardware yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kebutuhan Hardware

No	Hardware	Deskripsi
1.	Webcam	Perangkat yang digunakan untuk mengcapture citra sampah minuman kemasan.
2.	Raspberry Pi	Microcontroller yang digunakan untuk menjadi perantara citra ke server sebelum dikomputasi.
3	Sensor Ultrasonik	Mendeteksi objek sampah yang masuk ke dalam penampung dan untuk <i>trigger</i> kamera
4	Adaptor 5V 3A	Sumber daya hardware
5	Tempat Sampah	Tempat penampungan sampah setelah dipilah

Berdasarkan Tabel 4.1, sistem memanfaatkan webcam sebagai perangkat untuk menangkap citra objek sampah minuman kemasan yang akan diproses oleh model YOLO26. Raspberry Pi berfungsi sebagai pusat pengolahan data dan pengendali



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

seluruh perangkat yang terhubung. Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek yang masuk ke area deteksi sehingga dapat memicu proses pengambilan citra. Seluruh perangkat memperoleh suplai daya melalui adaptor 5V 3A, sedangkan tempat sampah digunakan sebagai media penampungan hasil klasifikasi sampah. Kombinasi perangkat keras tersebut memungkinkan sistem bekerja secara terintegrasi dalam melakukan proses deteksi dan pemilahan sampah secara otomatis

4.1.2 Analisis Kebutuhan Software

Analisis kebutuhan software dilakukan untuk mengidentifikasi perangkat lunak yang digunakan dalam pengembangan dan implementasi sistem tempat sampah pintar minuman kemasan berbasis YOLO26. Perangkat lunak yang dipilih berperan dalam mendukung proses pengembangan aplikasi, pemrosesan model kecerdasan buatan, pengolahan citra, serta komunikasi data antara perangkat lokal dan server cloud. Daftar kebutuhan software yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Kebutuhan Software

No	Software	Deskripsi
1.	Python	Bahasa pemrograman utama yang di install untuk menjalankan algoritma AI dan logika sistem.
2.	Open CV Library	Library dalam Python untuk membaca visual.
3.	Ultralytics YOLO26	Sebuah <i>Framework Deep Learning</i> untuk memproses model AI
4.	Roboflow	Platform <i>Computer Vision</i> (visi komputer) berbasis <i>cloud</i> yang membantu untuk mengelola kumpulan data gambar, memberi anotasi (label) pada objek, melakukan pemrosesan awal (<i>preprocessing</i>) dan augmentasi.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

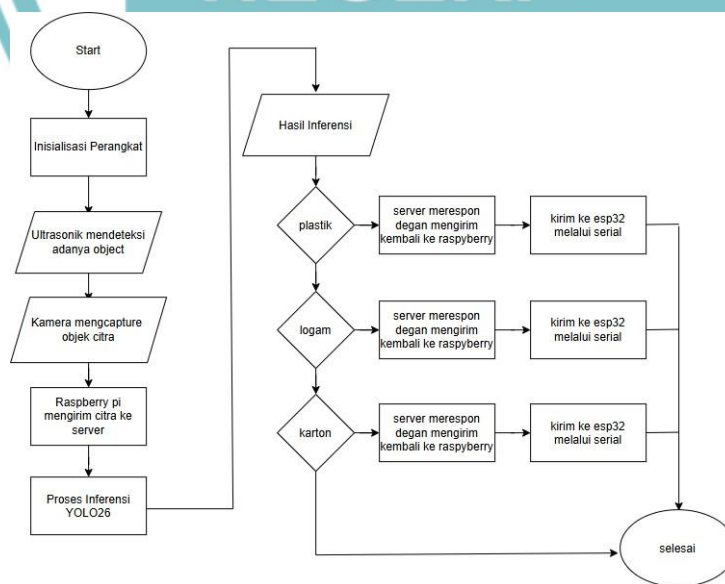
No	Software	Deskripsi
5	Google Cloud Platform	Infrastruktur <i>cloud server</i> yang berfungsi sebagai pusat pemrosesan data utama untuk eksekusi algoritma model YOLO26.

Berdasarkan Tabel 4.2, setiap perangkat lunak memiliki fungsi yang saling melengkapi dalam proses pengembangan sistem. Python digunakan sebagai bahasa pemrograman utama untuk membangun logika sistem, sedangkan OpenCV dimanfaatkan untuk pengolahan citra yang diperoleh dari kamera. Framework Ultralytics YOLO26 digunakan untuk menjalankan proses deteksi objek dan klasifikasi. Seluruh perangkat lunak tersebut diintegrasikan sehingga mampu mendukung proses deteksi, klasifikasi, dan komunikasi data secara optimal sesuai dengan kebutuhan sistem yang dikembangkan.

4.2 Perancangan Sistem

4.2.1 Flowchart

Berikut gambaran visual mengenai rancangan alur sistem yang sedang dikembangkan, pada sub-bab ini menyajikan alur dalam bentuk diagram alir (flowchart) yang bisa dilihat pada Gambar 4.1.



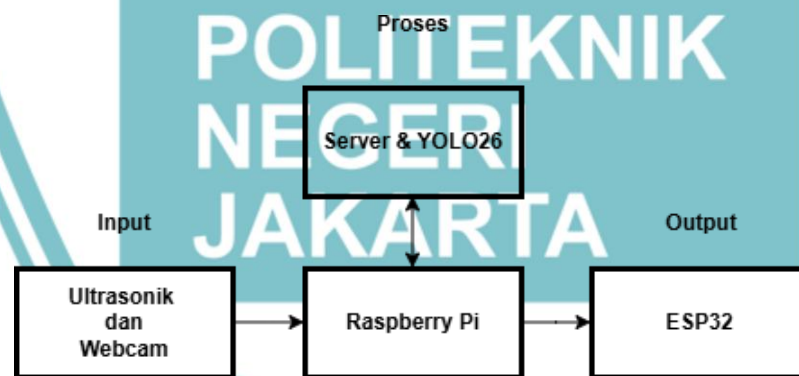
Gambar 4.1 Rancangan Alur Sistem

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pada Gambar 4.1 menunjukkan rancangan alur sistem. Alur kerja sistem pendeteksian dan pemilahan objek diawali dengan tahapan inisialisasi seluruh perangkat keras untuk memastikan kesiapan operasional sistem. Setelah inisialisasi selesai, sensor ultrasonik secara aktif memantau area wadah tempat sampah, apabila keberadaan objek terdeteksi, sistem akan menginstruksikan kamera untuk mengambil citra dari objek tersebut. Citra yang telah ditangkap kemudian dikirim oleh Raspberry Pi menuju server guna menjalani proses komputasi didalam server, citra tersebut diklasifikasi menggunakan model YOLO26 untuk mengklasifikasikan objek ke dalam tiga kategori material utama, yaitu plastik, logam, atau karton. Setelah hasil klasifikasi didapatkan, server mengirimkan respons data kembali ke Raspberry Pi. Data tersebut selanjutnya diteruskan oleh Raspberry Pi kepada mikrokontroler ESP32 melalui jalur komunikasi serial agar dapat dieksekusi lebih lanjut oleh perangkat mekanik pemilah. Apabila instruksi telah berhasil dikirim ke ESP32, atau jika objek tidak termasuk dalam ketiga kategori yang ditentukan, maka satu siklus proses pemilahan dinyatakan selesai.

4.2.2 Blok Diagram



Gambar 4.2 Diagram Blok

Pada Gambar 4.2 menggambarkan diagram blok sistem yang dirancang, arsitektur penelitian ini terbagi menjadi tiga tahapan utama: *Input*, *Process*, dan *Output* yang bekerja secara linear untuk merealisasikan pemilahan sampah otomatis. Pada bagian input menunjukkan alur sistem dimulai dari kamera yang menangkap citra sampah minuman kemasan yang akan dibuang, kemudian citra tersebut diproses raspberry untuk dikirim ke server yang selanjutnya model YOLO digunakan untuk

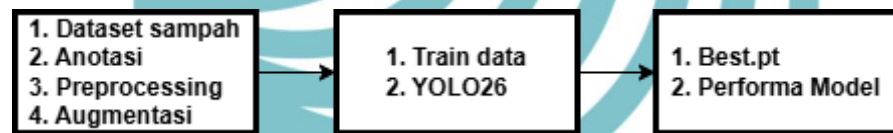
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

melakukan deteksi dan klasifikasi jenis sampah (plastik, logam, dan kertas). Hasil klasifikasi ini dikirimkan kembali ke raspberry untuk dikirim ke esp-32 sebagai pengendali aktuator, yang kemudian mengatur pergerakan servo sesuai dengan jenis sampah yang teridentifikasi. Selain itu, data hasil klasifikasi dan perhitungan jumlah sampah juga dikirimkan dan ditampilkan pada web dashboard sehingga pengguna dapat memantau kondisi dan statistik sampah secara langsung.

4.2.3 Perancangan Pelatihan Model YOLO26

Perancangan pelatihan model dilakukan untuk menghasilkan model deteksi objek yang mampu mengenali dan mengklasifikasikan sampah minuman kemasan ke dalam tiga kategori utama, yaitu plastik, logam, dan karton. Model yang digunakan dalam penelitian ini adalah YOLO26 yang dipilih karena framework terbaru dari ultralytics.



Gambar 4.3 Perancangan Pelatihan Model YOLO26

Pada Gambar 4.3 menunjukkan tahapan pelatihan model, dimulai dari proses pengumpulan dataset yang diperoleh dari berbagai sumber dan kondisi lingkungan. Dataset kemudian melalui proses anotasi untuk memberikan label sampah ke kelas yang sesuai. Setelah proses anotasi selesai, dilakukan preprocessing data untuk menyeragamkan ukuran citra dan meningkatkan kualitas data sebelum digunakan dalam proses pelatihan.

Selanjutnya dilakukan augmentasi data untuk menambah variasi dataset sehingga model memiliki kemampuan generalisasi yang lebih baik terhadap berbagai kondisi pencahayaan, sudut pengambilan gambar, dan bentuk objek yang beragam. Dataset yang telah diproses kemudian dibagi menjadi data training, validation, dan testing. Pada tahap pelatihan, model YOLO26 dilatih menggunakan parameter yang telah ditentukan seperti jumlah epoch dan batch size.

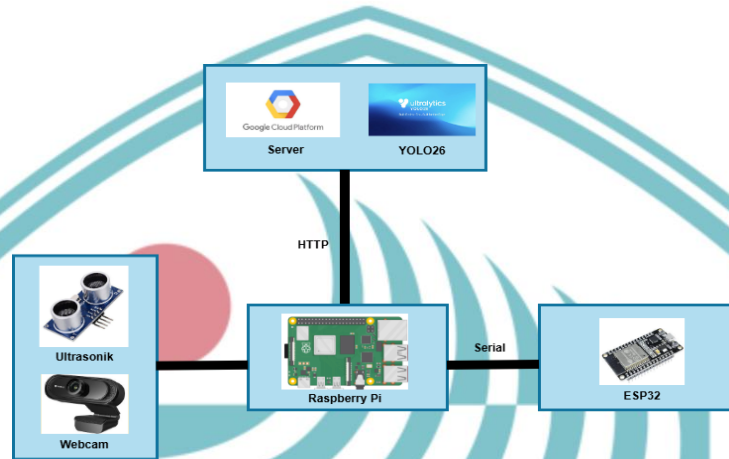
4.2.4 Perancangan Implementasi Hardware

Perancangan implementasi alat merupakan tahapan untuk mengintegrasikan komponen perangkat keras (hardware). Pada penelitian ini, Raspberry Pi berfungsi

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

sebagai pusat pengendali (edge device) yang bertugas mengakuisisi citra dari webcam, menerima data sensor ultrasonik, serta mengelola komunikasi dengan server cloud dan mikrokontroler ESP32. Struktur integrasi perangkat keras dan alur komunikasi sistem ditunjukkan pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Perancangan Implementasi Hardware

Pada Gambar 4.4 memperlihatkan arsitektur yang terdiri atas sensor ultrasonik, webcam, Raspberry Pi, server cloud berbasis *Google Cloud Platform* (GCP), model deteksi objek YOLOv26, dan mikrokontroler ESP32. Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek atau sampah yang masuk ke area pemindaian, sedangkan webcam berfungsi untuk menangkap citra sampah yang akan dideteksi. Citra yang diperoleh kemudian diproses oleh Raspberry Pi dan dikirimkan ke server cloud melalui protokol HTTP untuk dilakukan klasifikasi menggunakan model YOLOv26 yang telah dideploy pada server.

Hasil deteksi dan klasifikasi yang diperoleh dari server dikirimkan kembali ke Raspberry Pi. Selanjutnya Raspberry Pi menerjemahkan hasil klasifikasi tersebut menjadi perintah kendali yang diteruskan ke ESP32 melalui komunikasi serial. ESP32 kemudian mengendalikan aktuator mekanis sesuai kategori sampah.

4.2.5 Perancangan Implementasi Model YOLO26

Implementasi model YOLO26 dilakukan pada sisi server sebagai komponen utama yang bertugas melakukan deteksi dan klasifikasi objek sampah. Model yang digunakan merupakan hasil pelatihan menggunakan dataset citra sampah minuman kemasan yang telah melalui proses anotasi dan pelatihan sebelumnya. Model ini



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dirancang untuk mengenali tiga kategori sampah minuman kemasan, yaitu plastik, logam, dan karton.

Pada tahap implementasi, file bobot (*weight*) terbaik hasil pelatihan dimuat ke dalam server. Model kemudian diintegrasikan ke dalam server yang bertugas menerima citra dari perangkat klien, menjalankan proses inferensi, dan mengembalikan hasil deteksi kepada sistem. Dengan menempatkan proses inferensi pada server, kebutuhan komputasi yang relatif tinggi dapat diproses oleh perangkat yang memiliki sumber daya lebih besar sehingga tidak membebani Raspberry Pi sebagai perangkat edge.

Proses inferensi dimulai ketika server menerima citra yang dikirimkan oleh Raspberry Pi. Citra tersebut kemudian diproses oleh model YOLO26 untuk mengidentifikasi objek yang terdapat pada gambar dan menentukan kategori sampah yang terdeteksi. Hasil inferensi yang dihasilkan berupa label kelas objek dan nilai *confidence score* yang menunjukkan tingkat akurasi model.

Hasil deteksi yang diperoleh kemudian dikirimkan kembali kepada Raspberry Pi lalu ke ESP32 untuk digunakan pada tahap pengambilan keputusan sistem. Dengan implementasi ini, server berperan sebagai pusat pemrosesan kecerdasan buatan yang menjalankan inferensi model YOLO26 secara real-time sehingga mampu mendukung proses identifikasi jenis sampah minum kemasan.

4.3 Implementasi Sistem

Implementasi sistem dilakukan melalui beberapa tahapan utama yang mengintegrasikan teknologi kecerdasan buatan, komputasi cloud, dan perangkat edge. Tahap pertama adalah pengembangan model YOLO26, yang meliputi proses pelatihan model deteksi objek menggunakan dataset citra sampah yang telah dianotasi. Model yang telah dilatih kemudian dideploy pada Server yang berfungsi untuk memproses citra yang dikirim dari perangkat secara real-time.

Tahap kedua adalah implementasi pada perangkat keras, di mana Raspberry Pi berperan sebagai pengendali utama sistem. Kamera USB yang terhubung ke Raspberry Pi digunakan untuk menangkap gambar sampah ketika terdeteksi adanya objek oleh sensor. Selanjutnya, gambar dikirim ke server untuk dideteksi oleh

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

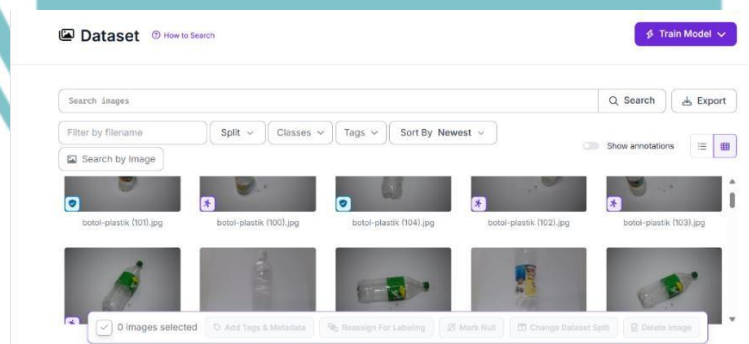
model YOLO26. Hasil klasifikasi yang diterima kembali oleh Raspberry Pi lalu dikirim menggunakan komunikasi serial ke esp32 sebagai dasar pengambilan keputusan untuk mengaktifkan aktuator, seperti motor servo, sehingga sampah dapat dipilah secara otomatis ke dalam kategori yang sesuai. Selain itu, data hasil deteksi dikirim ke dashboard monitoring untuk mendukung pemantauan secara real-time

4.3.1 Implementasi Pelatihan Model

Implementasi pelatihan model dilakukan menggunakan framework Ultralytics YOLO26 dengan bahasa pemrograman Python. Seluruh proses pelatihan dilakukan pada lingkungan komputasi yang telah mendukung akselerasi GPU untuk mempercepat proses training. Dataset yang telah melalui tahap persiapan digunakan sebagai data masukan untuk membangun model klasifikasi sampah minuman kemasan secara otomatis.

4.3.1.1 Dataset

Dataset merupakan salah satu komponen utama dalam pengembangan model deteksi objek karena berperan sebagai sumber data yang digunakan pada proses pelatihan (training), validasi, dan pengujian model. Kualitas dan keberagaman dataset akan memengaruhi kemampuan model dalam mengenali objek secara akurat. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan dataset citra sampah minuman kemasan yang telah dikumpulkan dan dikelompokkan sesuai dengan kategori objek. Tampilan dataset yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Dataset



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pada Gambar 4.5 menunjukkan dataset yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari citra sampah minuman kemasan yang dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu plastik, logam, dan karton. Dataset diperoleh melalui proses pengumpulan data secara mandiri serta sumber dataset pendukung yang relevan, berikut tabel jumlah dataset yang digunakan nantinya untuk pelatihan model. Setelah proses pengumpulan dan pengelompokan data selesai dilakukan, dataset kemudian dibagi ke dalam tiga subset, yaitu data pelatihan (*training*), validasi (*validation*), dan pengujian (*testing*). Pembagian dataset ini bertujuan untuk memastikan model dapat dilatih, divalidasi, dan dievaluasi secara optimal. Adapun jumlah dataset pada masing-masing subset disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Dataset

Dataset	Jumlah
Train	4713 Gambar
Valid	196 Gambar
Test	197 Gambar

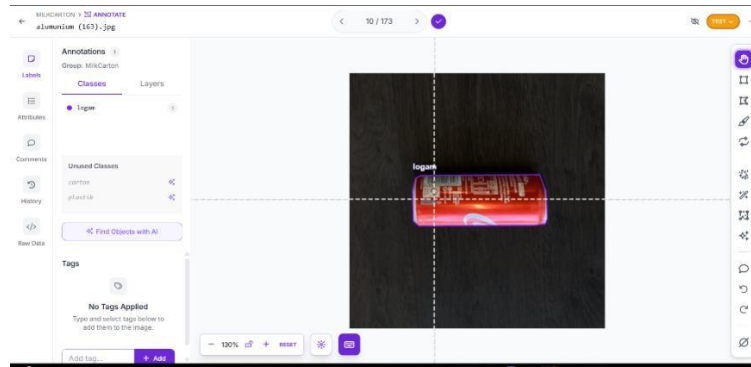
Berdasarkan Tabel 4.3, dataset yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas 4.713 citra untuk data *training*, 196 citra untuk data *validation*, dan 197 citra untuk data *testing*. Data *training* digunakan untuk melatih model YOLO26 dalam mempelajari karakteristik setiap kelas objek, sedangkan data *validation* digunakan untuk memantau performa model selama proses pelatihan dan membantu menentukan parameter yang optimal. Sementara itu, data *testing* dimanfaatkan untuk mengevaluasi kemampuan model dalam mendeteksi objek pada data yang belum pernah digunakan selama proses pelatihan.

4.3.1.2 Annotation

Setelah proses pengumpulan dan pembagian dataset selesai dilakukan, tahapan berikutnya adalah melakukan anotasi pada setiap citra. Anotasi bertujuan untuk memberikan informasi mengenai lokasi dan kategori objek sehingga model dapat mempelajari karakteristik setiap kelas selama proses pelatihan. Proses anotasi yang dilakukan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.6.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.6 Proses Anotasi

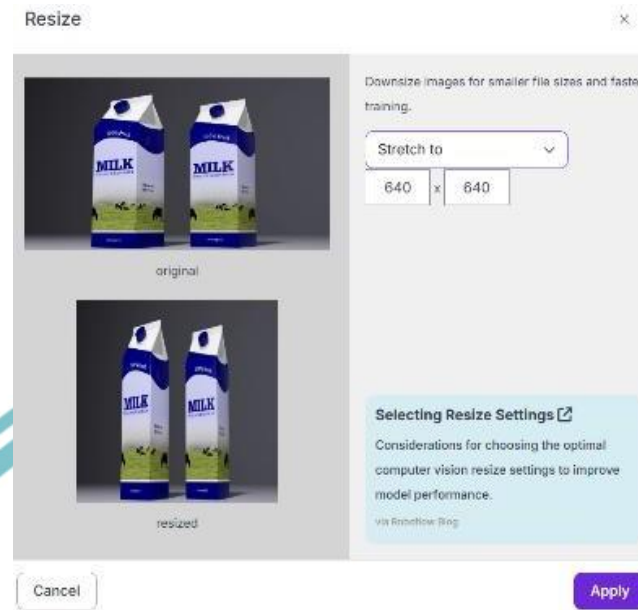
Pada Gambar 4.6 menggambarkan proses anotasi dilakukan menggunakan platform Roboflow. Pada tahap ini setiap objek sampah yang terdapat pada citra diberikan label sesuai kategorinya dan dibatasi menggunakan bounding box. Pemberian anotasi dilakukan secara manual untuk memastikan kualitas data yang digunakan dalam pelatihan model tetap terjaga. Setiap objek yang termasuk dalam kategori plastik, logam, dan karton diberi label sesuai kelas masing-masing sehingga model dapat mempelajari karakteristik visual dari setiap jenis sampah selama proses training berlangsung.

4.3.1.3 Preprocessing Data

Setelah proses anotasi selesai dilakukan, tahapan selanjutnya adalah *preprocessing* data. Tahap ini bertujuan untuk menyiapkan dataset agar memiliki format dan ukuran yang seragam sehingga dapat digunakan secara optimal pada proses pelatihan model YOLO26. Proses *preprocessing* yang dilakukan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.7.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 4.7 Preprocessing data

Pada Gambar 4.7 menunjukkan *preprocessing* data. *Preprocessing* data merupakan tahapan awal yang dilakukan untuk menyiapkan dataset sebelum digunakan dalam proses pelatihan model YOLO26. Pada penelitian ini, *preprocessing* dilakukan menggunakan fitur yang tersedia pada platform Roboflow, yaitu *Resize*. Seluruh citra diubah ukurannya menjadi 640×640 piksel, yang merupakan ukuran masukan (input size) yang digunakan pada proses pelatihan model YOLO26. Penyeragaman ukuran citra dilakukan agar seluruh data memiliki dimensi yang konsisten sehingga proses pelatihan dapat berjalan lebih efisien dan sesuai dengan kebutuhan arsitektur model. Melalui tahapan *preprocessing* tersebut, seluruh dataset memiliki ukuran yang sama untuk digunakan pada pelatihan YOLO26.

4.3.1.4 Augmentation Data

Setelah tahap *preprocessing* selesai dilakukan, dataset selanjutnya melalui proses *augmentation* untuk meningkatkan keragaman data pelatihan. Augmentasi bertujuan menghasilkan variasi citra tanpa mengubah identitas objek, sehingga model YOLO26 dapat mempelajari karakteristik objek pada berbagai kondisi. Proses augmentasi data yang diterapkan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.8.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Flip Horizontal, Vertical	Edit
90° Rotate Clockwise, Counter-Clockwise	Edit
Grayscale Apply to 15% of images	Edit
Brightness Between -15% and +15%	Edit
Blur Up to 1.5px	Edit
Noise Up to 1.49% of pixels	Edit

Gambar 4.8 Augmentasi Data

Pada Gambar 4.8 menggambarkan proses augmentasi data. Augmentasi data dilakukan untuk meningkatkan jumlah dan variasi data pelatihan tanpa harus melakukan pengambilan citra tambahan. Proses augmentasi bertujuan untuk meningkatkan kemampuan model YOLO26 agar mampu mengenali objek pada berbagai kondisi. Pada penelitian ini, augmentasi dilakukan menggunakan platform Roboflow dengan beberapa fitur yaitu *Flip*, *Rotate*, *Grayscale*, *Brightness Adjustment*, *Blur*, dan *Noise*.

Flip diterapkan secara horizontal dan vertikal untuk menghasilkan variasi posisi objek sehingga model tidak bergantung pada orientasi tertentu. Selanjutnya, *Rotate* 90° digunakan untuk memutar citra searah maupun berlawanan arah jarum jam sehingga model mampu mengenali objek pada berbagai sudut pengambilan gambar. Augmentasi Grayscale diterapkan pada data citra untuk meningkatkan kemampuan model dalam mengenali bentuk objek tanpa bergantung sepenuhnya pada informasi warna. Selain itu, dilakukan penyesuaian tingkat Brightness pada guna mensimulasikan kondisi pencahayaan yang berbeda-beda saat proses pengambilan citra. Untuk meningkatkan ketahanan model terhadap kualitas gambar yang kurang ideal, diterapkan augmentasi *Blur* dan *Noise*. Kedua fitur tersebut mensimulasikan kondisi citra yang sedikit kabur maupun mengandung gangguan visual akibat keterbatasan kamera atau lingkungan pengambilan gambar.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Melalui proses augmentasi ini, dataset memiliki variasi yang lebih beragam sehingga model YOLO26 diharapkan mampu mempertahankan performa deteksi dan klasifikasi yang baik pada berbagai kondisi pencahayaan, orientasi, dan kualitas citra saat diimplementasikan pada sistem Smart Trash Bin.

4.3.1.5 Konfigurasi Training

Konfigurasi pelatihan merupakan tahapan untuk menentukan parameter yang digunakan selama proses training model YOLO26. Parameter-parameter tersebut memengaruhi proses pembelajaran model dalam mengenali pola objek pada dataset. Pada penelitian ini, konfigurasi pelatihan ditetapkan berdasarkan kebutuhan sistem serta kemampuan perangkat komputasi yang digunakan. Konfigurasi yang sama diterapkan pada seluruh proses pelatihan, sedangkan jumlah epoch divariasikan menjadi 25, 50, 75 dan 100 epoch untuk dianalisis.

Tabel 4.4 Konfigurasi Train

Parameter	Keterangan
Model	YOLO26
Image Size	640x640
Batch Size	8
Epoch	25, 50, 75 dan 100
Device	T4 GPU
Framework	Ultralytics

Berdasarkan Tabel 4.4, model YOLO26 dilatih menggunakan ukuran citra (image size) sebesar 640×640 piksel, yang telah disesuaikan pada tahap preprocessing. Selanjutnya pelatihan dilakukan menggunakan batch size sebesar 8, sehingga pada setiap iterasi model memproses 8 citra secara bersamaan sebelum dilakukan pembaruan bobot (*weight*).

Terakhir dilakukan 4 skenario pelatihan, yaitu 25, 50, 75 dan 100 epoch. Model hasil pelatihan pada masing-masing skenario kemudian dievaluasi menggunakan metrik

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Precision, Recall, F1-Score, mAP50, dan mAP50-95. Hasil evaluasi tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan model terbaik yang selanjutnya diimplementasikan pada sistem Smart Trash Bin.

4.3.1.6 Train Data

Setelah seluruh tahapan persiapan data, mulai dari pengumpulan dataset, anotasi, *preprocessing*, dan augmentasi selesai dilakukan, tahap berikutnya adalah pelatihan (*training*) model YOLO26. Pada tahap ini, model dilatih menggunakan dataset yang telah disiapkan agar mampu mempelajari karakteristik setiap kelas objek berdasarkan data pelatihan. Proses pelatihan model pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.9.

```
from ultralytics import YOLO

model = YOLO('yolo26s.pt')
results = model.train(
    data='/kaggle/input/datasets/theopratama/new-dataset/dataset/data.yaml',
    epochs=50,
    imgsz=640,
    batch=8,
    name='epoch50',
    plots=True
```

Gambar 4.9 Proses Train Data

Pada Gambar 4.9 menunjukkan proses training. Proses training dilakukan menggunakan dataset yang telah dibagi menjadi data training (4.713), validation (196), dan testing (197). Data training digunakan untuk melatih model, data validation digunakan untuk memantau kinerja model selama proses pelatihan, sedangkan data testing digunakan untuk mengevaluasi performa akhir model. Pada setiap epoch, model akan mempelajari pola dan karakteristik dari data yang diberikan, kemudian melakukan penyesuaian parameter secara otomatis berdasarkan tingkat kesalahan (loss) yang diperoleh. Selama proses pelatihan berlangsung, parameter seperti box loss, classification loss, dan distribution focal loss diamati untuk memastikan model mengalami peningkatan performa secara bertahap. Model dengan hasil evaluasi terbaik kemudian disimpan sebagai model akhir yang akan digunakan pada sistem Smart Trash Bin.

Hak Cipta :

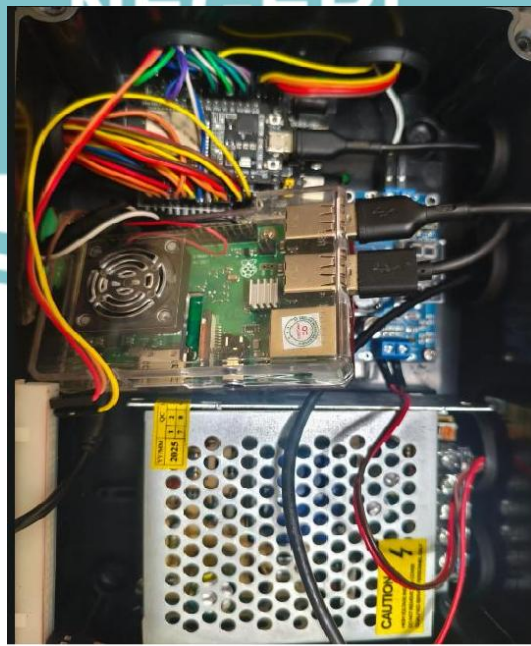
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.3.2 Implementasi Hardware

Implementasi hardware dilakukan sebagai tahap integrasi komponen perangkat keras yang digunakan pada *Smart Trash Bin*. Pada tahap ini, setiap komponen dirangkai dan dihubungkan sesuai dengan rancangan sistem sehingga mampu bekerja secara terpadu dalam melakukan proses deteksi objek, klasifikasi sampah, serta pengendalian aktuator.

Raspberry Pi menerima input dari sensor ultrasonik sebagai pendeteksi keberadaan objek pada wadah tempat sampah. Ketika objek terdeteksi berada pada jarak yang telah ditentukan, Raspberry Pi akan mengaktifkan kamera USB untuk mengambil citra sampah. Selanjutnya citra tersebut dikirimkan ke server berbasis *Google Cloud Platform* (GCP) menggunakan protokol HTTP untuk dilakukan proses inferensi oleh model YOLO. Hasil klasifikasi yang diterima kembali dari server kemudian digunakan sebagai dasar pengiriman perintah kepada mikrokontroler ESP32 untuk menggerakkan mekanisme pemilah sampah sesuai kategori yang terdeteksi.

Selain Raspberry Pi, implementasi hardware juga terdiri atas ESP32, kamera USB, sensor ultrasonik HC-SR05. Seluruh komponen ditempatkan di dalam panel kontrol agar terlindungi dari gangguan lingkungan sekaligus mempermudah proses perawatan dan pengkabelan. Gambar berikut menunjukkan implementasi perangkat keras yang telah dirakit.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4.10 Rangkaian Raspberry Pi

Pada Gambar 4.10 menunjukkan mikrokontroller yang digunakan. Terlihat Raspberry Pi 3 Model B+ sebagai unit pemrosesan yang terhubung dengan ESP32. Selanjutnya untuk bagian sensor ultrasonik dan kamera webcam sebagai berikut.



Gambar 4.11 Pemasangan sensor ultrasonik HC-SR05 dan kamera USB

Pada Gambar 4.11 menunjukkan pemasangan sensor ultrasonik HC-SR05 dan kamera USB pada bagian bawah tiang sampah. Sensor ultrasonik dipasang disamping kamera menghadap ke area wadah sampah untuk mendeteksi keberadaan objek menggunakan pengukuran jarak. Ketika objek berada dalam jarak maksimum 40 cm, sensor akan memberikan sinyal kepada Raspberry Pi untuk memulai proses pengambilan citra menggunakan kamera USB.

4.3.3 Implementasi Model YOLO26

Implementasi model YOLO26 dilakukan pada server *Google Cloud Platform* (GCP) yang berfungsi sebagai pusat proses inferensi. Model hasil pelatihan dengan performa terbaik disimpan dalam format **.pt** dan dimuat (*load*) ke dalam server. Proses pemuatan model dilakukan menggunakan library Ultralytics YOLO dengan memanggil model hasil pelatihan, seperti ditunjukkan Gambar 4.12.

```
# Load model YOLO
model = YOLO("/home/muhammad_abdur_rochman/AI-Detection/best.pt")
```

Gambar 4.12 Proses pemuatan model menggunakan library Ultralytics YOLO

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pada sisi Raspberry Pi, setiap citra yang diambil oleh kamera dikirimkan ke endpoint menggunakan protokol HTTP.

```
URL_SERVER = "http://34.101.152.4:8001/detect"
```

Gambar 4.13 endpoint HTTP

Selanjutnya, server menerima citra, menjalankan proses inferensi menggunakan model YOLO26, kemudian menghasilkan informasi berupa kelas objek, nilai confidence, dan koordinat *bounding box*. Hasil deteksi tersebut dikembalikan kepada Raspberry Pi dalam format JSON, yang selanjutnya digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan untuk mengendalikan aktuator pada sistem Smart Trash Bin.

4.4 Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui performa model YOLO26. Model yang digunakan merupakan model hasil evaluasi terbaik pada tahap pelatihan, yaitu model epoch. Pengujian dilakukan menggunakan objek nyata yang terdiri atas tiga kelas, yaitu plastik, logam, dan karton. Masing-masing kelas diuji sebanyak 15 kali, sehingga total pengujian yang dilakukan berjumlah 45 kali.

Parameter yang dievaluasi meliputi Precision, Recall, dan F1-Score. Ketiga metrik tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat ketepatan model dalam melakukan klasifikasi, kemampuan model mendeteksi seluruh objek, serta keseimbangan antara ketepatan dan kelengkapan hasil deteksi.

4.4.1 Deskripsi Pengujian

Pengujian dilakukan untuk mengetahui performa model YOLO26 yang nantinya akan digunakan untuk pengujian dan analisis maka dilakukan perbandingan epoch. Pengujian dilakukan menggunakan objek nyata yang terdiri atas tiga kelas, yaitu plastik, logam, dan karton. Masing-masing kelas diuji sebanyak 15 kali, sehingga total pengujian yang dilakukan berjumlah 45 kali.

Parameter yang dievaluasi meliputi Precision, Recall, dan F1-Score. Ketiga metrik tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat ketepatan model dalam melakukan



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

klasifikasi, kemampuan model mendeteksi seluruh objek, serta keseimbangan antara ketepatan dan kelengkapan hasil deteksi.

4.4.2 Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan dengan menempatkan objek sampah minuman kemasan di wadah sampah. Sensor ultrasonik mendeteksi keberadaan objek, kemudian Raspberry Pi mengaktifkan kamera untuk mengambil citra dan mengirimkannya ke server. Selanjutnya server menjalankan proses inferensi menggunakan model YOLO26 dan mengirimkan hasil klasifikasi kembali ke Raspberry Pi.

Hasil klasifikasi kemudian dibandingkan dengan kelas sebenarnya untuk menentukan status True Positive (TP), False Positive (FP), dan False Negative (FN). Berdasarkan hasil tersebut dilakukan perhitungan nilai Precision, Recall, dan F1-Score.

4.4.3 Evaluasi Model

Evaluasi model dilakukan untuk mengetahui kinerja model YOLO26 selama proses pelatihan sebelum diterapkan pada tahap pengujian. Evaluasi ini menggunakan metrik yang dihasilkan oleh Ultralytics, yaitu Precision, Recall, F1-Score, mAP50, dan mAP50-95. Precision digunakan untuk mengukur tingkat ketepatan model dalam melakukan prediksi objek, sedangkan Recall digunakan untuk mengukur kemampuan model dalam mendeteksi seluruh objek yang sebenarnya terdapat pada citra. F1-Score merupakan rata-rata antara Precision dan Recall sehingga dapat menggambarkan keseimbangan kedua metrik tersebut. Selain itu, mAP50 dan mAP50-95 digunakan untuk mengevaluasi performa model dalam mendeteksi objek berdasarkan nilai *Intersection over Union* (IoU), dimana mAP50 dihitung pada ambang IoU sebesar 0,5, sedangkan mAP50-95 merupakan rata-rata nilai mAP pada rentang IoU 0,5 hingga 0,95.

Pada penelitian ini dilakukan empat skenario pelatihan model YOLO26 menggunakan jumlah epoch yang berbeda, yaitu 25, 50, 75, dan 100 epoch. Seluruh proses pelatihan menggunakan dataset dan konfigurasi yang sama, sedangkan parameter yang divariasikan hanya jumlah epoch sehingga hasil evaluasi dapat dibandingkan secara objektif, hasil evaluasi masing-masing model ditunjukkan pada tabel berikut



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

No	Epoch	Precision	Recall	F1-Score	mAP50	mAP50-95
1	25	0,968	0,947	0,957	0,974	0,884
2	50	0,960	0,939	0,948	0,966	0,882
3	75	0,954	0,952	0,952	0,966	0,881
4	100	0,969	0,946	0,957	0,963	0,879

Tabel 4.5 Hasil Evaluasi Model

Berdasarkan Tabel 4.5, hasil evaluasi menunjukkan bahwa setiap model memiliki performa yang berbeda. Model dengan 25 epoch memperoleh nilai mAP50 sebesar 0,974 dan mAP50-95 sebesar 0,884, yang merupakan nilai tertinggi dibandingkan model lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa model tersebut memiliki kemampuan deteksi objek dan lokalisasi *bounding box* yang paling baik berdasarkan evaluasi Ultralytics.

Dari sisi Precision, nilai tertinggi diperoleh pada model 100 epoch sebesar 0,969, sedangkan model 25 epoch memperoleh nilai 0,968. Perbedaan keduanya hanya sebesar 0,001, sehingga dapat dikatakan memiliki tingkat ketepatan prediksi yang hampir sama. Untuk metrik Recall, nilai tertinggi diperoleh pada model 75 epoch sebesar 0,952, yang menunjukkan kemampuan model tersebut sedikit lebih baik dalam menemukan seluruh objek pada dataset dibandingkan model lainnya.

Nilai F1-Score menunjukkan keseimbangan antara Precision dan Recall. Berdasarkan hasil evaluasi, model 25 epoch dan 100 epoch sama-sama memperoleh nilai 0,957, sehingga keduanya memiliki keseimbangan yang baik antara ketepatan prediksi dan kemampuan mendeteksi objek.

Secara keseluruhan, meskipun model 100 epoch memiliki nilai Precision sedikit lebih tinggi dan model 75 epoch memiliki nilai Recall tertinggi, model 25 epoch menghasilkan nilai mAP50 dan mAP50-95 tertinggi serta memiliki F1-Score yang setara dengan model 100 epoch. Hasil tersebut menunjukkan bahwa penambahan jumlah epoch tidak selalu menghasilkan performa model yang lebih baik. Setelah model berhasil mempelajari pola pada dataset dan mencapai kondisi yang optimal, penambahan jumlah epoch belum tentu meningkatkan kemampuan deteksi objek.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hal ini disebabkan karena proses pembelajaran model telah mencapai titik di mana penyesuaian bobot (*weight*) yang dilakukan pada epoch berikutnya hanya memberikan peningkatan yang sangat kecil, bahkan dapat menyebabkan model terlalu menyesuaikan diri terhadap data pelatihan (*overfitting*). Kondisi tersebut dapat mengurangi kemampuan model dalam melakukan generalisasi terhadap data yang dievaluasi, sehingga beberapa metrik evaluasi seperti mAP50 dan mAP50-95 justru mengalami penurunan meskipun jumlah epoch terus ditambah. Kondisi ini terlihat pada penelitian ini, di mana model dengan 25 epoch justru memperoleh nilai mAP50 dan mAP50-95 yang lebih tinggi dibandingkan model dengan 50, 75, maupun 100 epoch. Oleh karena itu, berdasarkan hasil evaluasi tersebut, model dengan 25 epoch dipilih sebagai model yang akan digunakan pada tahap pengujian sistem.

4.4.4 Data Hasil Pengujian

Data hasil pengujian model diperoleh melalui pengujian terhadap objek sampah minuman kemasan yang terdiri atas kelas plastik, logam, dan karton. Masing-masing kelas diuji sebanyak 10 kali sehingga diperoleh total 30 data pengujian. Setiap pengujian menghasilkan informasi berupa hasil klasifikasi, nilai confidence, dan status yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam perhitungan Precision, Recall, dan F1-Score. Hasil pengujian tersebut disajikan pada tabel-tabel berikut.

4.4.4.1 Pengujian Model YOLO26

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan model dalam mendeteksi dan mengklasifikasikan objek sampah minuman kemasan yang terdiri atas tiga kelas, yaitu plastik, logam, dan karton. Masing-masing kelas diuji sebanyak 10 kali menggunakan 3 sampel objek yang berbeda dengan variasi posisi dan orientasi. Setiap pengujian menghasilkan informasi hasil klasifikasi, nilai confidence, dan status hasil klasifikasi yang selanjutnya digunakan sebagai dasar dalam analisis performa model. Hasil pengujian model YOLO26 disajikan pada tabel berikut.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

a. Pengujian kelas plastik

Pengujian pada kelas plastik dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan model dalam mengenali objek plastik berdasarkan hasil klasifikasi yang dihasilkan. Pengujian ini menggunakan beberapa sampel citra karton, kemudian dianalisis berdasarkan kesesuaian antara kelas target dan hasil prediksi, nilai confidence, serta status klasifikasi. Hasil pengujian kelas plastik disajikan pada Tabel 4.6

Tabel 4.6 Pengujian Kelas Plastik

No	Sampel Object	Hasil	Confidence	Peletakan	Status
1		Plastik	0.56	Vertical	Gagal (Dibawah ambang batas)
2		Plastik	0.33	Vertical	Gagal (Dibawah ambang batas)
3		Plastik	0.87	Horizontal	Berhasil

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4		Tidak terdeteksi	0.00	Berdiri	Gagal
5		Plastik	0.73	Vertical	Berhasil
6		Plastik	0.61	Vertical	Dibawah Threshold conf
7		Plastik	0.82	Horizontal	Berhasil

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

8		Tidak Terdeteksi	0.00	Berdiri	Gagal
9		Tidak Terdeteksi	0.00	Horizontal	Gagal
10		Plastik	0.41	Vertical	Dibawah Threshold conf

Berdasarkan Tabel 4.6, Hasil pengujian tingkat keberhasilan deteksi sistem sangat dipengaruhi oleh faktor peletakan (orientasi) dan ukuran visual objek yang tertangkap oleh kamera. Data menunjukkan bahwa peletakan objek plastik secara horizontal menghasilkan nilai kepercayaan (*confidence*) paling tinggi sehingga deteksi berhasil dilakukan secara optimal. Sebaliknya, peletakan secara vertikal membuat nilai kepercayaan menurun hingga mayoritas berada di bawah ambang batas (*threshold*), dan posisi berdiri justru menyebabkan sistem gagal mendeteksi objek sepenuhnya. Variasi posisi dan sudut peletakan yang secara langsung

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

memengaruhi ukuran atau luas penampang objek pada tangkapan layar menjadi faktor penentu utama kemampuan sistem dalam mengenali fitur plastik tersebut.

b. Pengujian kelas logam

Pengujian pada kelas logam dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan model dalam mengenali objek logam berdasarkan hasil klasifikasi yang dihasilkan. Pengujian ini menggunakan beberapa sampel citra karton, kemudian dianalisis berdasarkan kesesuaian antara kelas target dan hasil prediksi, nilai confidence, serta status. Hasil pengujian kelas logam disajikan pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Pengujian Kelas Logam

No	Sampel Gambar	Hasil	Confidence	Peletakan	Status
1		Logam	0.35	Berdiri (terbalik)	Gagal (Dibawah ambang batas)
2		Logam	0.88	Horizontal	Berhasil
3		Logam	0.73	Vertical	Berhasil



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4		Tidak Terdeteksi	0.00	Vertical	Gagal
5		Tidak Terdeteksi	0.00	Berdiri	Gagal
6		Logam	0.77	Horizotal	Berhasil
7		Logam	0.67	Vertical	Gagal (Dibawah ambang batas)
8		Logam	0.81	Horizontal	Berhasil

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

9		Logam	0.27	Berdiri	Gagal (Dibawah ambang batas)
10		Logam	0.39	Berdiri	Gagal (Dibawah ambang batas)

Berdasarkan Tabel 4.7 Pengujian Kelas Logam, terlihat jelas bahwa peletakan dan ukuran area visual objek sangat memengaruhi tingkat keberhasilan deteksi sistem. Peletakan kaleng secara horizontal memberikan eksposur ukuran penampang objek yang paling luas dan optimal bagi kamera, sehingga menghasilkan nilai kepercayaan (*confidence*) tertinggi dan selalu berhasil dideteksi. Sebaliknya, saat objek diletakkan secara vertikal, tingkat keberhasilan menjadi kurang stabil karena perubahan profil visual objek yang tertangkap kamera. Kondisi paling sering gagal terjadi pada peletakan dengan posisi berdiri, baik tegak maupun terbalik, di mana objek tampak jauh lebih kecil karena kamera hanya menangkap bagian penampang atas atau bawahnya saja; hal ini menyebabkan sistem selalu gagal mengenalinya akibat *confidence* yang anjlok secara drastis hingga di bawah ambang batas.

c. Pengujian Kelas Karton

Pengujian pada kelas karton dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan model dalam mengenali objek karton berdasarkan hasil klasifikasi yang dihasilkan. Pengujian ini menggunakan beberapa sampel citra karton, kemudian dianalisis berdasarkan kesesuaian antara kelas target dan hasil prediksi, nilai *confidence*, serta status. Hasil pengujian kelas karton disajikan pada Tabel 4.8.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.8 Pengujian Kelas Karton

No	Sampel Gambar	Hasil	Confidence	Peletakan	Status
1		Tidak Terdeteksi	0.00	Berdiri	Gagal
2		Karton	0.62	Horizontal	Gagal (dibawah ambang batas)
3		Karton	0.85	Horizontal	Berhasil
4		Berdiri	0.72	Berdiri	Berhasil



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

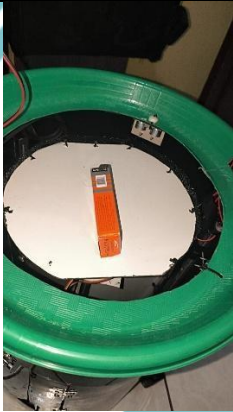
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

5		Karton	0.87	Vertikal	Berhasil
6		Karton	0.81`	Horizontal	Berhasil
7		Karton	0.88	Horizontal	Berhasil
8		Karton	0.74	Vertikal	Berhasil

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

9		Tidak Terdeteksi	0.00	Horizontal	Gagal
10		Tidak Terdeteksi	0.00	Vertikal	Gagal

Berdasarkan Tabel 4.8 pengujian untuk kelas karton, kembali terbukti bahwa orientasi peletakan dan ukuran penampang visual objek yang tertangkap kamera sangat memengaruhi keberhasilan sistem deteksi. Berbeda dengan kelas objek sebelumnya, karton yang diletakkan dalam posisi berdiri ternyata masih bisa dideteksi dengan berhasil (seperti pada sampel ke-4). Bagaimanapun posisi objek (horizontal, vertikal, maupun berdiri), selama peletakan tersebut mampu menampilkan ukuran visual yang besar dan jelas ke arah kamera, sistem akan jauh lebih mudah mengekstraksi fiturnya sehingga deteksi dapat berhasil.

4.4.4.2 Confusion Matrix

Confusion Matrix disusun berdasarkan hasil pengujian real-time terhadap 45 sampel objek yang terdiri atas tiga kelas, yaitu plastik, logam, dan karton, dengan masing-masing kelas diuji sebanyak 15 kali. Matriks ini digunakan untuk

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

mengetahui distribusi hasil prediksi model terhadap setiap kelas, sehingga dapat diidentifikasi jumlah prediksi yang benar maupun kesalahan klasifikasi yang terjadi. Hasil penyusunan Confusion Matrix ditunjukkan pada gambar berikut.

	Plastik	Logam	Karton	Gagal/Tidak Terdeteksi
Plastik	3	0	0	7
Logam	0	4	0	6
Karton	0	0	6	4
	Plastik	Logam	Karton	Gagal/Tidak Terdeteksi

Gambar 4.13 Confusion Matrix

Berdasarkan Gambar 4.13, sistem deteksi menunjukkan tingkat kinerja yang bervariasi untuk ketiga kategori material yang diuji (Plastik, Logam, Karton), dengan total 30 sampel pengujian (10 untuk setiap kategori). Kategori "Karton" menunjukkan kinerja terbaik, di mana 6 dari 10 sampel berhasil diprediksi dengan benar, dan 4 sampel gagal terdeteksi. Kategori "Logam" menyusul di posisi menengah, dengan 4 sampel berhasil dideteksi dan 6 sampel tidak terdeteksi. Sebaliknya, kategori "Plastik" memiliki kinerja terburuk, dengan hanya 3 sampel yang berhasil dideteksi, sementara mayoritas sampel, yaitu 7, gagal terdeteksi sama sekali. Secara keseluruhan, matriks ini menyoroti bahwa meskipun sistem tidak melakukan kesalahan klasifikasi silang antar material, terdapat jumlah kasus "Gagal/Tidak Terdeteksi" yang cukup signifikan (total 17 sampel dari 30 sampel), terutama untuk material plastik, yang menunjukkan kebutuhan untuk peningkatan dalam kemampuan deteksi sistem.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Selanjutnya *Confusion Matrix* ini akan digunakan sebagai dasar dalam menghitung nilai Precision, Recall, dan F1-Score untuk setiap kelas, sehingga performa model dapat dianalisis secara lebih rinci pada subbab berikutnya.

4.4.4.3 Analisis Precision

Precision merupakan metrik evaluasi yang digunakan untuk mengukur tingkat ketepatan model dalam mengklasifikasikan suatu objek ke dalam kelas tertentu.

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP}$$

Nilai Precision menunjukkan perbandingan antara jumlah objek yang berhasil diprediksi dengan benar sebagai suatu kelas (True Positive) terhadap seluruh objek yang diprediksi sebagai kelas tersebut, baik prediksi yang benar (True Positive) maupun prediksi yang salah (False Positive)

a. Precision Kelas Plastik

Perhitungan Precision pada kelas plastik dilakukan berdasarkan hasil Confusion Matrix yang telah diperoleh sebelumnya. terdapat 3 data yang berhasil diprediksi dengan benar sebagai kelas plastik (True Positive). Tidak ditemukan data dari kelas lain yang salah diprediksi sebagai plastik (False Positive), karena semua kesalahan deteksi adalah kegagalan sistem untuk mengenali objek sama sekali (False Negative). Berdasarkan nilai tersebut, maka perhitungan Precision kelas plastik dilakukan sebagai berikut.

$$\text{Precision} = \frac{3}{3} = 1.00$$

b. Precision Kelas Logam

Perhitungan Precision pada kelas logam dilakukan berdasarkan hasil Confusion Matrix. Pada kelas logam diperoleh 4 data yang berhasil diprediksi dengan benar sebagai kelas logam (True Positive). Sama seperti kelas plastik, tidak ditemukan data dari kelas lain yang salah diprediksi sebagai logam (False Positive), karena semua kesalahan deteksi adalah kegagalan sistem untuk mengenali objek (False Negative). Berdasarkan nilai tersebut, maka perhitungan Precision kelas logam adalah sebagai berikut.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

$$\text{Precision} = \frac{4}{4} = 1.00$$

Precision Kelas Karton

Perhitungan Precision pada kelas karton dilakukan berdasarkan hasil Confusion Matrix. Pada kelas karton terdapat 6 data yang berhasil diprediksi dengan benar sebagai kelas karton (True Positive). Tidak ditemukan data dari kelas lain yang salah diprediksi sebagai karton (False Positive), karena semua kesalahan deteksi adalah kegagalan sistem untuk mengenali objek (False Negative). Dengan demikian, perhitungan Precision kelas karton dilakukan sebagai berikut.

$$\text{Precision} = \frac{6}{6} = 1.00$$

d. Tabel Precision

Tabel 4.9 Hasil Precision

Kelas	TP	FP	Precision
Plastik	3	0	100%
Logam	4	0	100%
Karton	6	0	100%

Berdasarkan Tabel 4.10, data tersebut menyajikan tiga kelas material yaitu Plastik, Logam, dan Karton. Tabel ini memuat nilai *True Positive* (TP) yang merepresentasikan jumlah prediksi tepat sasaran, *False Positive* (FP) yang menunjukkan jumlah tebakan keliru, dan persentase *Precision* yang mengukur tingkat ketepatan dari seluruh tebakan positif yang diberikan oleh sistem.

Hasil analisis menunjukkan bahwa model ini memiliki tingkat presisi 100% pada semua kelas. Pencapaian ini dibuktikan oleh nilai *False Positive* (FP) yang berada di angka 0 untuk ketiga kategori, yang mengonfirmasi bahwa sistem sama sekali tidak pernah salah mengklasifikasikan satu jenis material menjadi material lainnya.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Selain itu, perolehan nilai *True Positive* (TP) yaitu 3 untuk Plastik, 4 untuk Logam, dan 6 untuk Karton.

Meskipun model mencatatkan presisi 100%, sangat penting untuk dipahami bahwa ini tidak mencerminkan kesempurnaan kinerja secara keseluruhan. Metrik presisi hanya mengukur keakuratan dari apa yang berhasil ditebak oleh model, namun tidak memperhitungkan objek-objek yang terlewat atau gagal dideteksi (*False Negative*).

4.4.4.4 Analisis Recall

Recall merupakan metrik evaluasi yang digunakan untuk mengukur kemampuan model dalam mendeteksi seluruh objek yang termasuk ke dalam suatu kelas. Nilai Recall menunjukkan perbandingan antara jumlah objek yang berhasil diprediksi dengan benar sebagai suatu kelas (*True Positive*) terhadap seluruh objek yang sebenarnya termasuk ke dalam kelas tersebut, yaitu jumlah *True Positive* dan *False Negative*. Semakin tinggi nilai Recall, maka semakin baik kemampuan model dalam mendeteksi objek tanpa melewatkan objek yang seharusnya dikenali. Nilai Recall dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\text{Recall} = \frac{TP}{TP+FN}$$

a. Recall Kelas Plastik

Perhitungan Recall pada kelas plastik dilakukan berdasarkan hasil Confusion Matrix. Pada kelas plastik diperoleh 3 data yang berhasil diprediksi dengan benar sebagai plastik (*True Positive*), sedangkan terdapat 7 data (*False Negative*). Berdasarkan nilai tersebut, maka perhitungan Recall kelas plastik dilakukan sebagai berikut.

$$\text{Recall} = \frac{3}{10} = 0.3$$

b. Recall Kelas Logam

Perhitungan Recall pada kelas logam dilakukan berdasarkan hasil Confusion Matrix. Pada kelas logam diperoleh 4 data yang berhasil diprediksi dengan benar sebagai logam (*True Positive*), sedangkan terdapat 6 data (*False Negative*).



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Berdasarkan nilai tersebut, maka perhitungan Recall kelas logam dilakukan sebagai berikut.

$$\text{Recall} = \frac{4}{10} = 0.4$$

Recall Kelas Karton

Perhitungan Recall pada kelas karton dilakukan berdasarkan hasil Confusion Matrix. Pada kelas karton terdapat 6 data yang berhasil diprediksi dengan benar sebagai karton (*True Positive*), sedangkan terdapat 4 data (*False Negative*). Berdasarkan nilai tersebut, maka perhitungan Recall kelas karton dilakukan sebagai berikut..

$$\text{Recall} = \frac{6}{10} = 0.6$$

d. Tabel Recall

Recall merupakan metrik evaluasi yang digunakan untuk mengukur kemampuan model dalam mengidentifikasi seluruh data yang benar-benar termasuk ke dalam suatu kelas. Nilai recall diperoleh dari perbandingan antara jumlah True Positive (TP) terhadap total data positif aktual yang terdiri dari True Positive (TP) dan False Negative (FN). Hasil perhitungan recall untuk masing-masing kelas ditampilkan pada Tabel 4.11.

Tabel 4.10 Hasil Recall

Kelas	TP	FN	Recall
Plastik	3	7	30%
Logam	4	6	40%

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Karton	6	4	60%
--------	---	---	-----

Berdasarkan Tabel 4.11, diperoleh nilai *Recall* untuk kelas plastik sebesar 30%, kelas logam sebesar 40%, dan kelas karton sebesar 60%. Nilai *Recall* tersebut menunjukkan kemampuan model dalam menemukan atau mendeteksi keseluruhan objek aktual pada masing-masing kelas.

Kelas karton memperoleh nilai *Recall* tertinggi sebesar 60%. Angka ini menunjukkan bahwa dari total keseluruhan objek karton, sistem berhasil mendeteksi 6 objek (*True Positive*) dengan benar, namun masih menyisakan 4 objek yang terlewat atau gagal terdeteksi (*False Negative*).

Untuk kelas logam, model memperoleh nilai *Recall* sebesar 40%. Hal ini berarti model hanya mampu mendeteksi 4 objek logam dengan tepat, sedangkan 6 objek logam lainnya gagal dikenali (*False Negative*).

Sementara itu, kelas plastik memperoleh nilai *Recall* terendah, yaitu sebesar 30%. Hal ini disebabkan oleh tingginya tingkat kegagalan deteksi pada material tersebut, di mana terdapat 7 objek plastik yang terlewat atau gagal terdeteksi oleh sistem (*False Negative*), dan hanya 3 objek yang berhasil dikenali. Secara keseluruhan, besarnya angka *False Negative* pada pengujian ini bukan disebabkan oleh kesalahan model dalam memprediksi antar-kelas, melainkan karena sistem gagal mendeteksi keberadaan objek tersebut.

4.4.4.5 Analisis F1-Score

F1-Score merupakan metrik evaluasi yang digunakan untuk mengukur keseimbangan antara nilai Precision dan Recall dalam suatu model klasifikasi. Nilai F1-Score diperoleh dari rata-rata antara Precision dan Recall, sehingga metrik ini mampu memberikan gambaran performa model secara lebih menyeluruh. Semakin tinggi nilai F1-Score, maka semakin baik keseimbangan model dalam menghasilkan prediksi yang tepat serta mendeteksi seluruh objek yang seharusnya dikenali. Nilai F1-Score dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

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



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

F1-Score Kelas Plastik

Perhitungan F1-Score pada kelas plastik dilakukan menggunakan nilai Precision sebesar 100% dan Recall sebesar 30%. Berdasarkan nilai tersebut, maka perhitungan F1-Score dilakukan sebagai berikut.

$$F1-Score = 2 \frac{1 \times 0,3}{1 + 0,3} = 0,46$$

F1-Score Kelas Logam

Perhitungan F1-Score pada kelas logam dilakukan menggunakan nilai Precision sebesar 100% dan Recall sebesar 40%. Berdasarkan nilai tersebut, maka perhitungan F1-Score dilakukan sebagai berikut.

$$F1-Score = 2 \frac{1 \times 0,4}{1 + 0,4} = 0,57$$

c. F1-Score Kelas Karton

Perhitungan F1-Score pada kelas karton dilakukan menggunakan nilai Precision sebesar 100% dan Recall sebesar 60%. Berdasarkan nilai tersebut, maka perhitungan F1-Score dilakukan sebagai berikut.

$$F1-Score = 2 \frac{1 \times 0,6}{1 + 0,6} = 0,75$$

d. Tabel F1-Score

Sebagai tahap akhir evaluasi model, dilakukan perhitungan F1-Score yang menggabungkan nilai precision dan recall menjadi satu metrik evaluasi. Penggunaan F1-Score bertujuan untuk memberikan penilaian yang lebih menyeluruh terhadap kemampuan model dalam melakukan klasifikasi pada setiap kelas. Hasil perhitungan F1-Score disajikan pada Tabel 4.12.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.11 F1-Score

Kelas	Precision	Recall	F1-Score
Plastik	100%	30%	46%
Logam	100%	40%	57%
Karton	100%	60%	75%

Berdasarkan Tabel 4.12, diperoleh nilai F1-Score sebesar 46% untuk kelas plastik, 57% untuk kelas logam, dan 75% untuk kelas karton. Nilai tersebut merupakan ukuran rata-rata harmonik yang menunjukkan tingkat keseimbangan antara ketepatan prediksi (*Precision*) dan kemampuan model dalam menemukan atau mendeteksi seluruh objek (*Recall*) pada masing-masing kelas.

Kelas karton memperoleh nilai F1-Score tertinggi sebesar 75%. Meskipun model mengklasifikasikan objek karton dengan tingkat ketepatan (*Precision* 100%), nilai F1-Score tidak mencapai angka maksimal karena sistem masih menyisakan sejumlah objek yang terlewat atau gagal dideteksi (*False Negative*), yang direpresentasikan oleh nilai *Recall* sebesar 60%.

Sementara itu, kelas logam memperoleh nilai F1-Score sebesar 57%, dan kelas plastik mencatatkan nilai terendah sebesar 46%. Rendahnya nilai F1-Score pada kedua kelas tersebut bukan disebabkan oleh adanya kesalahan klasifikasi (sebab nilai *Precision* di semua kelas adalah 100% dan tidak ada *False Positive*), melainkan murni ditarik turun oleh rendahnya nilai *Recall* (masing-masing 40% dan 30%). Tingginya angka kegagalan pendeteksian objek (*False Negative*) pada material plastik dan logam berdampak signifikan pada penurunan nilai F1-Score.

Secara keseluruhan, hasil F1-Score yang berada pada rentang 46% hingga 75% menunjukkan bahwa model YOLO26 belum mencapai keseimbangan performa yang ideal pada ketiga kelas objek. Meskipun model sangat akurat dan dapat dipercaya ketika berhasil memberikan tebakan, kelemahan pada sensitivitas deteksinya masih menjadi kendala besar. Oleh karena itu, diperlukan penyesuaian lebih lanjut seperti evaluasi pengaturan *threshold* deteksi agar model ini dapat



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

mendeteksi objek dengan lebih peka sebelum layak diimplementasikan secara optimal pada sistem pemilah sampah otomatis.





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V PENUTUP

1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian komprehensif yang telah dilakukan terhadap sistem Tempat Sampah Otomatis Berbasis AI dan IoT menggunakan algoritma YOLO26, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Sistem pemilah sampah pintar berhasil diintegrasikan menggunakan model YOLO26, di mana Raspberry Pi 3B+ berfungsi untuk akuisisi data visual serta pengiriman dan penerimaan data, sementara Server bertindak sebagai pusat pemrosesan klasifikasi.
- 2) Pengujian fungsionalitas sistem secara langsung terhadap 30 sampel objek sampah minuman kemasan (10 spesimen untuk masing-masing kelas) menunjukkan bahwa model YOLO26 memiliki tingkat ketepatan klasifikasi (Precision) sebesar 100% pada ketiga kelas, yang berarti sistem tidak pernah salah mengklasifikasikan satu jenis material menjadi material lain. Namun, kemampuan model dalam mendeteksi keseluruhan objek (Recall) masih bervariasi antar kelas, dengan kelas karton mencatatkan performa terbaik (Recall 60%, F1-Score 75%, confidence score berkisar 0,72–0,88), disusul kelas logam (Recall 40%, F1-Score 57%), dan kelas plastik dengan performa terendah (Recall 30%, F1-Score 46%). Hasil ini mengindikasikan bahwa mayoritas kegagalan sistem bukan disebabkan oleh kesalahan klasifikasi antar-kelas, melainkan oleh kegagalan mendeteksi keberadaan objek (False Negative), terutama pada objek plastik dan logam yang lebih sensitif terhadap orientasi peletakan dan luas penampang visual yang tertangkap kamera.
- 3) Berdasarkan hasil perbandingan dari empat skenario pelatihan model menggunakan resolusi input 640×640 piksel, skenario pelatihan dengan durasi 25 *epoch* resmi dipilih sebagai model terbaik untuk diimplementasikan pada sistem nyata. Model 25 *epoch* ini menorehkan performa superior dengan nilai *mean Average Precision* tertinggi, yaitu mAP50 sebesar 0,974 dan mAP50-95 sebesar 0,884, serta nilai F1-Score yang seimbang di angka 0,957. Eksperimen ini juga membuktikan bahwa



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

penambahan jumlah *epoch* yang lebih tinggi (50, 75, hingga 100 *epoch*) tidak selalu berkorelasi positif terhadap performa, melainkan rentan memicu terjadinya penyesuaian bobot yang berlebih (*overfitting*) yang justru mendegradasi kemampuan generalisasi model dalam mengenali objek di luar data pelatihan.

2 Saran

Untuk pengembangan, optimalisasi, dan penyempurnaan sistem Tempat Sampah Otomatis ini di masa yang akan datang, beberapa saran akademis dan praktis yang dapat dipertimbangkan adalah sebagai berikut:

- 1) Perlu dilakukan penambahan variasi data latih (*training dataset*) secara masif, khususnya difokuskan pada objek-objek kemasan plastik transparan/bening serta kaleng logam dengan berbagai tingkat kecerahan warna. Dataset juga sebaiknya disusun dengan memperbanyak citra kemasan yang sengaja dideformasi secara bervariasi (sangat penyok, rusak, atau terpotong). Langkah ini untuk meningkatkan sensitivitas model YOLO26 dalam mendeteksi perbedaan fitur mikro permukaan material, sehingga dapat menekan laju *False Positive* dan meningkatkan ketepatan prediksi pada material yang memiliki kemiripan visual tinggi.
- 2) Mengingat transmisi data citra mentah dari Raspberry Pi ke server *Google Cloud Platform* saat ini menggunakan protokol HTTP yang sangat bergantung pada stabilitas lebar pita (*bandwidth*) internet, penelitian selanjutnya disarankan untuk menerapkan protokol komunikasi data IoT yang lebih ringan seperti MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*). Selain itu, untuk meminimalkan waktu latensi respons sistem secara keseluruhan, disarankan untuk mengeksplorasi implementasi komputasi tepi (*Edge Computing*) secara penuh. Hal ini dapat dicapai dengan melakukan kompresi arsitektur model YOLO26 ke format yang lebih ringan (seperti format NCNN, TFLite, atau TensorRT) agar proses inferensi *deep learning* dapat berjalan secara lokal langsung pada perangkat *edge* (seperti Raspberry Pi generasi terbaru) tanpa bergantung pada konektivitas *cloud*.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Adlim, D. A., Ramadhan, I., Irawan, B., & Wahyu, S. 2025. IMPLEMENTASI OBJECT DETECTION KLASIFIKASI SAMPAH ORGANIK DAN ANORGANIK MENGGUNAKAN RASPBERRY PI DENGAN ALGORITMA YOLO. *Jurnal Multidisiplin Saintek*, 10(3), 1-13.
- Dewi Kartika, et al. 2022. Rancang Bangun Modul Pembelajaran Berbasis Raspberry Pi. Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI).
- Dharmasaputra, K. D., & Hartato, B. P. 2025. Evaluation of YOLOv8 and Centroid Tracking in Vehicle Detection, Classification, and Counting System. *Journal of Applied Informatic and Computing (JAIC)*, 9(5), 2310-2320.
- Fajar, S. F., Putri, R. R. M., & Setyawan, G. E. 2025. RANCANG BANGUN PEMILAHAN SAMPAH PLASTIK OTOMATIS MENGGUNAKAN YOLO PADA RASPBERRY PI. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 9(11).
- Firdaus, A. Z., Lelono, D., & Natan, O. 2025. Sistem Klasifikasi Sampah Otomatis Berbasis Deteksi Objek *Real-Time* Pada *Single Board Computer* Dengan Algoritma YOLO. *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumental Systems)*, 15(1), 49-60.
- Hayati, Nurhaliza, Dayan Singasatia & Muhamad Rafi Muttaqin. 2023. OBJECT TRACKING MENGGUNAKAN ALGORITMA YOU ONLY LOOK ONCE (YOLO)v8 UNTUK MENGHITUNG KENDARAAN. KOMPUTA : Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika Vol. 12, No. 2.
- Hermawan Indra, et al. 2023. Rice Seedling Image Classification Using Light Convolutional Neural Network. 2023. Khazanah Informatika. Jurnal Ilmu Komputer dan Informatika. Vol. 9 No. 2.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Jonathan Jesen & Dedy Hermanto. 2024. Penentuan Epochs Hasil Model Terbaik: Studi Kasus Algoritma YOLOv8. Digital Transformation Technology (Digitech) | e-ISSN : 2807-9000 Vol.4, No. 2.

Lam Khang Nhut, et al. 2022. Using Artificial Intelligence and IoT for Constructing a Smart Trash Bin. International Conference on Future Data and Security Engineering.

Larasati, N., & Fitria, L. 2020. Analisis Sistem Pengelolaan Sampah Organik di Universitas Indonesia (Studi Kasus Efektivitas Unit Pengolahan Sampah UI Depok). *Jurnal Nasional Kesehatan Lingkungan Global*, 1(2).

Li Xueying & Ryan Grammenos. 2022. A SMART RECYCLING BIN USING WASTE IMAGE CLASSIFICATION AT THE EDGE. Electrical and Electronic Engineering University College London.

Prasetyo, B. D., Amalia, E. P., Juliana, P. D., & Niswatin, R. K. 2025. Implementasi Object Detection Berbasis Web untuk Klasifikasi Jenis Sampah Menggunakan YOLOv8. *Prosiding Seminar Nasional: Teknologi dan Sains*, 4(1), 2828-299X.

Pratama, Y. B., & Dalimunthe, N. P. 2022. Implementasi Teknik Computer Vision Untuk Deteksi Viridiplantae Pada Lahan Pasca Tambang. *BULLETIN OF COMPUTER SCIENCE RESEARCH*, 3(1), 64-72.

Rahmawati, A. F., Amin., Rasminto., & Syamsu, F. D. 2021. ANALISIS PENGELOLAAN SAMPAH BERKELANJUTAN PADA WILAYAH PERKOTAAN DI INDONESIA. *Jurnal Binagogik*, 8(1), 1-12.

Rosanti, N., Latifah, R., Munir, S., & Maududi, I, A, Q. 2024. PENGARUH JARAK OBJEK CITRA PADA MODEL DETEKSI DAN KLASIFIKASI BOTOL PLASTIK MENGGUNAKAN YOLO. *Jurnal Teknologi Terpadu*, 10(1), 63-69.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Syahfitri Ayu. 2025. Internet of Things (IoT), Sejarah, Teknologi, dan Penerapannya. Uranus : Jurnal Ilmiah Teknik Elektro, Sains dan Informatika Volume. 3, Nomor. 1. Hal. 113-120.

Terven, J., Esparza, D. M. C., & Gonzales, J. A. R. 2023. A Comprehensive Review of YOLO Architectures in Computer Vision: From YOLOv1 to YOLOv8 and YOLO-NAS. *Machine Learning & Knowledge Extraction*, 5, 1680-1716.

Utomo, O. S. N., Utaminingrum, F., & Widasari, E. R. 2022. Implementasi YOLO versi 3 untuk Mengidentifikasi dan Mengklasifikasi Sampah Kantor Berbasis NVIDIA Jetson Nano. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 6(6), 2829-2834.

Vanesa, S. D., Dara, M. A. D. W., & Mahdiyah, U. 2025. Sistem Deteksi Jenis Burung Menggunakan Implementasi YOLOv11. *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)*, 9, 1223-1230.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Theo Dhiya Pratama

Lahir di Jakarta bulan Juli pada tahun 2004, Merupakan anak pertama dari dua bersaudara, berdomisili di Kabupaten Bogor. Lulus pendidikan dasar di SDIT AL-FATH pada tahun 2016. Kemudian melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMPN 2 Cibinong dan lulus pada tahun 2019. Kemudian melanjutkan pendidikan menengah atas di SMK Negeri 1 Cibinong dan lulus pada tahun 2022. Kemudian melanjutkan pendidikan sebagai mahasiswa Diploma Empat (D4) Politeknik Negeri Jakarta (PNJ) dengan jurusan Teknik Informatika dan Komputer dengan prodi Teknik Multimedia dan Jaringan

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



LAMPIRAN

Kode Train YOLO26

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
In [2]: from ultralytics import YOLO

model = YOLO('yolo26s.pt')
results = model.train(
    data='/kaggle/input/datasets/theoprutama/new-dataset/dataset/data.yaml',
    epochs=50,
    imgsz=640,
    batch=8,
    name='epoch50',
    plots=True
)
```

```
In [2]: from ultralytics import YOLO

model = YOLO('yolo26s.pt')
results = model.train(
    data='/kaggle/input/datasets/theoprutama/new-dataset/dataset/data.yaml',
    epochs=25,
    imgsz=640,
    batch=8,
    name='epoch25',
    plots=True
)
```

```
In [2]: from ultralytics import YOLO

model = YOLO('yolo26s.pt')
results = model.train(
    data='/kaggle/input/datasets/theoprutama/new-dataset/dataset/data.yaml',
    epochs=75,
    imgsz=640,
    batch=8,
    name='epoch75',
    plots=True
)
```

```
In [2]: from ultralytics import YOLO

model = YOLO('yolo26s.pt')
results = model.train(
    data='/kaggle/input/datasets/theodhiyapratama/new-dataset/dataset/data.yaml',
    epochs=100,
    imgsz=640,
    batch=8,
    name='epoch100',
    plots=True
)
```

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



LITEKNIK
GERI
KARTA



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

