



© 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 SISTEM *MONITORING UNPLANNED DOWNTIME* PADA PROTOTIPE MESIN SORTIR BOTOL
BERDASARKAN KECACATAN BERBASIS AIOT**

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Diploma Tiga**

Dany Nurrahman

2303321012

**PROGRAM STUDI ELEKTRONIKA INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



SISTEM DETEKSI KECACATAN BOTOL BERBASIS YOLOv8 PADA PROTOTIPE MESIN SORTIR BOTOL

TUGAS AKHIR

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Diploma Tiga**

**Dany Nurrahman
2303321012**

**PROGRAM STUDI ELEKTRONIKA INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

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

Nama : Dany Nurrahman

NIM : 2303321012

Tanda Tangan :

Tanggal : 29 Juni 2026

**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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir diajukan oleh

Nama : Dany Nurrahman

NIM : 2303321012

Program Studi : Elektronika Industri

Judul Tugas Akhir : Rancang Bangun Sistem Monitoring *Unplanned Downtime* pada Prototipe Mesin Sortir Botol Berdasarkan Kecacatan Berbasis AIoT

Sub Judul Tugas Akhir : Sistem Deteksi Kecacatan Botol Berbasis YOLO pada Prototipe Mesin Sortir Botol

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada 29 Juni 2025 dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing : Yurixa S. P. , S.Si.,M.T.

NIP.199607072024062002


POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA
Depok, 13 Juli 2026

Disahkan Oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro





Dr. Murie Dwiyaniti, S.T., M.T.

NIP. 197803312003122002



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

KATA PENGANTAR

syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat – Nya, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Diploma Tiga.

Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terimakasih kepada :

1. Orang Tua dan Keluarga yang telah memberikan bantuan, dukungan, serta doa sehingga tugas akhir serta laporan penulis dapat diselesaikan.
2. Ibu Dr. Murie Dwiyani, S.T.,M.T. Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.
3. Bapak Ihsan Auditia Akhinov, S.T., M.T. Selaku Kepala Program Studi Elektronika Industri Politeknik Negeri Jakarta.
4. Ibu Yurixa S. P. , S.Si.,M.T._ Selaku Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikirannya untuk membimbing dan mendukung penulis dalam penyelesaian Tugas Akhir penulis.
5. Rekan – Rekan kelas EC B Angkatan 2023 atas segala suka cita yang menemani penulis melalui segala cerita yang tak terlupakan dan akan menjadi bagian tak terpisahkan dari perjalanan kuliah Penulis.
6. Fajar ramdhani dan Carolyn Tiffany Winoto sebagai rekan satu tim yang telah bekerja sama dengan penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.

Akhir kata, penulis berharap kepada Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan laporan ini dan jauh dari kata sempurna sehingga penulis sangat terbuka dalam kritik dan saran yang membangun dari pembaca sekalian. Semoga Laporan Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembang ilmu, dan kemajuan bidang Teknik Elektro di Indonesia.



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

ABSTRAK

Industri minuman kemasan memerlukan proses pengendalian kualitas yang cepat, konsisten, dan objektif untuk memastikan kondisi kemasan, khususnya tutup dan label botol, sesuai dengan standar. Inspeksi yang dilakukan secara manual memiliki keterbatasan berupa kelelahan operator, subjektivitas penilaian, dan ketidakkonsistenan. Penelitian ini bertujuan merancang dan merealisasikan prototipe sistem sortir botol otomatis secara real-time berbasis algoritma YOLOv8 yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32 melalui protokol MQTT sebagai penerapan konsep Artificial Intelligence of Things (AIoT). Model YOLOv8 dilatih menggunakan dataset citra botol sebanyak 346 citra hasil augmentasi untuk mengenali empat kelas kondisi, yaitu G label, G tutup, NG label, dan NG tutup. Hasil deteksi diproses menggunakan mekanisme Region of Interest, majority voting, dan line crossing untuk menentukan kondisi akhir botol, kemudian dikirimkan ke ESP32 sebagai dasar pengendalian penyortiran. Pengujian dilakukan terhadap hasil pelatihan model, performa model pada data uji, kinerja deteksi secara real-time, serta keandalan komunikasi MQTT. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menentukan kondisi botol secara real-time dengan akurasi sebesar 82,86%, sedangkan komunikasi MQTT ke ESP32 memiliki tingkat keberhasilan dan integritas data sebesar 100% dengan latensi rata-rata 166 ms. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan mampu mendeteksi dan menyortir botol berdasarkan kondisi tutup dan label secara otomatis dan real-time.

Kata kunci: deteksi objek; ESP32; MQTT; sortir botol; YOLOv8



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

ABSTRACT

The beverage packaging industry requires a fast, consistent, and objective quality control process to ensure that the packaging condition, particularly the bottle caps and labels, complies with the established standards. Manual inspection has several limitations, such as operator fatigue, subjectivity, and inconsistency. This study aims to design and implement a prototype of a real-time automatic bottle sorting system based on the YOLOv8 algorithm, integrated with an ESP32 microcontroller through the MQTT protocol as an implementation of the Artificial Intelligence of Things (AIoT) concept. The YOLOv8 model was trained using a dataset of 346 augmented bottle images to recognize four condition classes, namely G label, G cap, NG label, and NG cap. The detection results were processed using Region of Interest, majority voting, and line crossing mechanisms to determine the final bottle condition, which was then sent to the ESP32 as the basis for sorting control. Testing was carried out on the model training results, the model performance on the test data, the real-time detection performance, and the reliability of the MQTT communication. The results show that the system was able to determine the bottle condition in real time with an accuracy of 82.86%, while the MQTT communication to the ESP32 achieved a 100% delivery success rate and data integrity with an average latency of 166 ms. Therefore, the developed system is able to detect and sort bottles based on their cap and label conditions automatically and in real time.

Keywords: *bottle sorting; ESP32; MQTT; object detection; YOLOv8*



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

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Luaran	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Kualitas produk	4
2.2 AI (<i>Artificial Intelligence</i>).....	5
2.3 <i>Machine learning</i>	5
2.4 <i>Deep learning</i>	6
2.4.1 Fungsi aktivasi	7
2.5 YOLOv8 (<i>You Only Look Once</i>).....	7
2.5.1 Arsitektur jaringan	9



© 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

2.6 OpenCV.....	10
2.7 OpenCV DNN.....	11
2.8 Inferensi dan Pemrosesan Hasil Deteksi	11
2.8.1 Inferensi	11
2.8.2 Region of Interest (ROI)	12
2.8.3 Majority voting	13
2.8.4 Object tracking dan Line Crossing.....	14
2.9 Python	15
2.10 Roboflow	16
2.10.1 Dataset.....	17
2.10.2 Annotasi.....	17
2.10.3 Pre processing.....	18
2.10.4 Augmentasi	18
2.11 Google Colaboratory (Google Colab).....	19
2.11.1 Training	19
2.11.2 Evaluasi.....	20
2.12 Visual Studio Code.....	22
2.13 IoT (Internet of Things).....	23
2.14 MQTT (Message Queuing Telemetry Transport).....	24
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI.....	25
3.1 Rancangan Sistem Deteksi Kecacatan Botol	25
3.1.1 Perancangan Alat Secara Keseluruhan	25
3.1.2 Deskripsi Subistem Deteksi	28
3.1.3 Cara Kerja Subsistem deteksi	29
3.1.4 Spesifikasi subsistem deteksi.....	31
3.1.5 Blok Diagram.....	32



© 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

3.2 Realisasi Subsistem Deteksi.....	33
3.2.1 Pengumpulan <i>Dataset</i>	33
3.2.2 Anotasi <i>Dataset</i>	34
3.2.3 <i>Preprocessing</i> dan Augmentasi	36
3.2.4 Pelatihan Model	38
3.2.5 Konversi Model ke ONNX	41
3.2.6 Implementasi Inferensi <i>Real-time</i>	42
3.2.7 Logika Penentuan Kondisi Botol.....	43
3.2.8 Integrasi dan Konfigurasi MQTT	46
BAB IV PEMBAHASAN.....	49
4.1 Pengujian Penentuan Jumlah Epoch	49
4.1.1 Deskripsi Pengujian	49
4.1.2 Prosedur Pengujian	49
4.1.3 Hasil dan Analisis	49
4.2 Pengujian Hasil <i>Training</i>	51
4.2.1 Deskripsi <i>Training</i>	51
4.2.2 Prosedur <i>Training</i>	51
4.2.3 Data Hasil <i>Training</i>	52
4.2.4 Analisis Data/Evaluasi	57
4.3 Pengujian <i>Testing</i>	59
4.3.1 Deskripsi Pengujian	59
4.3.2 Prosedur Pengujian	59
4.3.3 Data Hasil Pengujian	60
4.3.4 Analisis Data/Evaluasi	63
4.4 Pengujian Kinerja Deteksi <i>Real-time</i>	65
4.4.1 Deskripsi Pengujian	65



© 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

4.4.2 Prosedur Pengujian	66
4.4.3 Data Hasil Pengujian	67
4.4.4 Analisis Data / Evaluasi	70
4.5 Pengujian Komunikasi MQTT ke ESP32	72
4.5.1 Deskripsi Pengujian	72
4.5.2 Prosedur Pengujian	72
4.5.3 Data Hasil Pengujian	73
4.5.4 Analisis Data/Evaluasi	75
BAB V PENUTUP.....	76
5.1 Kesimpulan	76
5.2 Saran.....	76
DAFTAR PUSTAKA	77
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	83
LAMPIRAN	83

**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

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Spesifikasi perangkat keras	31
Tabel 3. 2 Spesifikasi perangkat lunak	32
Tabel 3. 3 Distribusi citra dataset berdasarkan kondisi botol	34
Tabel 3. 4 Pembagian dataset.....	36
Tabel 3. 5 Pembagian Dataset setelah proses augmentasi	37
Tabel 4. 1 data model dengan jumlah epoch berbeda	49
Tabel 4. 2 Nilai akhir metrik pelatihan model YOLOv8	52
Tabel 4. 3 Perbandingan metrik data latih dan data validasi.....	58
Tabel 4. 4 Performa per kelas model pada data uji.....	60
Tabel 4. 5 Hasil pengujian deteksi real-time.....	67
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian	70
Tabel 4. 7 Rekapitulasi akurasi per kategori kondisi botol.....	70
Tabel 4. 8 Hasil pengujian pengiriman data MQTT ke ESP32.....	73
Tabel 4. 9 Rekapitulasi keandalan komunikasi MQTT	75

**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 2. 1 Objek hasil deteksi	8
Gambar 2. 2 YOLOv8 arsitektur.....	9
Gambar 2. 3 Logo OpenCV Sumber: STEMpedia	10
Gambar 2. 4 Region of Interest	12
Gambar 2. 5 Line Crossing	14
Gambar 2. 6 Logo <i>Python</i> Sumber: logos-world	15
Gambar 2. 7 Logo <i>Roboflow</i> Sumber: <i>Roboflow</i>	16
Gambar 2. 8 Contoh beberapa dataset.....	17
Gambar 2. 9 Logo Google colab Sumber: telefonescelulares	19
Gambar 2. 10 <i>Confusion matrix</i> Sumber: Amit Dutta, 2020	21
Gambar 2. 11 Logo <i>Visual Studio Code</i> Sumber: www.aemics.cl	22
Gambar 2. 12 Logo MQTT	24
Gambar 3. 1 Flowchart alat keseluruhan.....	25
Gambar 3. 2 Blok diagram alat keseluruhan.....	27
Gambar 3. 3 <i>Flowchart</i> cara kerja subsistem deteksi	29
Gambar 3. 4 Blok diagram subsistem deteksi YOLO.....	32
Gambar 3. 5 Blok diagram subsistem deteksi YOLO.....	32
Gambar 3. 6 Contoh gambar dataset.....	33
Gambar 3. 7 Contoh anotasi tutup NG dan label G	35
Gambar 3. 8 Penerapan preprosesi serta augmentasi pada Roboflow	37
Gambar 3. 9 Total gambar setelah proses augmentasi.....	38
Gambar 3. 10 Alur pelatihan dan testing model YOLOv8	39
Gambar 3. 11 Hasil inferensi Real-time.....	42
Gambar 3. 12 tampilan Region of Interest dengan line crossing	44
Gambar 4. 1 grafik hasil pelatihan model (`results.png`): kurva loss, Precision, Recall, dan mAP terhadap epoch	52
Gambar 4. 2 confusion matrix model pada data training	53
Gambar 4. 3 Confusion matrix model pada data validasi	55
Gambar 4. 4 Confusion matrix model pada data uji	60



© 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

Gambar 4. 5 anotasi asli menunjukkan NG label.....	64
Gambar 4. 6 Hasil prediksi model G label	64
Gambar 4. 7 NG label yang terdeteksi sebagai G pada pengujian ke-23.....	69
Gambar 4. 8 NG label yang terdeteksi sebagai G pada pengujian ke-24.....	69
Gambar 4. 9 Terminal saat MQTT terkirim pada pengujian pertama.....	74
Gambar 4. 10 Terminal saat MQTT menerima pada pengujian pertama	74
Gambar 4. 11 Terminal saat MQTT terkirim pada pengujian keenam	74
Gambar 4. 12 Terminal saat MQTT menerima pada pengujian keenam.....	74
Gambar 4. 13 Terminal saat MQTT terkirim pada pengujian kesebelas	74
Gambar 4. 14 Terminal saat MQTT menerima pada pengujian kesebelas	74





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 LAMPIRAN

L - 1 Daftar Riwayat Hidup	83
L - 2 Program deteksi	84



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri minuman kemasan merupakan salah satu sektor manufaktur yang memproduksi barang dalam jumlah besar dan berkelanjutan, sehingga konsistensi kualitas produk menjadi aspek yang sangat penting. Kualitas kemasan, khususnya kondisi tutup dan label botol, berkaitan langsung dengan keamanan produk, kepuasan konsumen, dan citra merek perusahaan. Ketidaksesuaian pada kemasan, seperti tutup yang tidak terpasang dengan rapat maupun label yang tidak terpasang dengan benar, dikategorikan sebagai cacat produk (*defect*) yang harus diidentifikasi sebelum produk diteruskan ke tahap berikutnya (Trisiawan & Yuliza, 2022; Richo et al., 2023).

Proses identifikasi cacat tersebut umumnya masih dilakukan secara manual melalui pengamatan operator. Cara ini memiliki sejumlah keterbatasan, yaitu rentan terhadap kelelahan dan kesalahan manusia (*human error*), bersifat subjektif, serta sulit mempertahankan konsistensi pada lini produksi yang bergerak cepat dan terus-menerus. Akibatnya, inspeksi manual kurang efisien dan berpotensi meloloskan produk cacat ke pasar. Oleh karena itu, diperlukan sistem inspeksi otomatis yang mampu bekerja secara cepat, konsisten, dan objektif.

Perkembangan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*), khususnya bidang *computer vision* dan *deep learning*, membuka peluang untuk melakukan inspeksi kualitas secara otomatis melalui deteksi objek pada citra. Salah satu algoritma yang banyak digunakan adalah YOLO (*You Only Look Once*) karena mampu mendeteksi objek secara *real-time* dalam satu kali proses dengan kecepatan dan akurasi yang tinggi (Redmon et al., 2016; Nife & Chtourou, 2023). Kemampuan ini menjadikan YOLO sesuai untuk diterapkan pada sistem inspeksi yang membutuhkan respons cepat seperti pada lini penyortiran botol.

Beberapa penelitian terdahulu telah menerapkan *computer vision* untuk inspeksi dan penyortiran kemasan. Trisiawan dan Yuliza (2022) menggunakan metode *Convolutional Neural Network* untuk menyortir botol minuman berdasarkan kondisinya, sedangkan Richo et al. (2023) mengembangkan sistem sortir dan

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 :

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 kecacatan kemasan. Penelitian terbaru oleh Deepak Raj et al. (2025) menerapkan model YOLOv8, YOLOv9, dan YOLOv11 untuk inspeksi kualitas botol minuman dan memperoleh akurasi sebesar 78% dalam mendeteksi berbagai cacat seperti tutup hilang dan label miring. Penelitian-penelitian tersebut menunjukkan bahwa pendekatan berbasis *deep learning* efektif untuk mendeteksi cacat kemasan. Akan tetapi, sebagian besar penelitian masih berhenti pada tahap deteksi dan klasifikasi citra, serta belum mengintegrasikan hasil deteksi tersebut ke dalam aksi penyortiran fisik secara *real-time* dengan memanfaatkan konsep *Artificial Intelligence of Things* (AIoT) yang ringan dan hemat biaya.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini merancang dan merealisasikan prototipe sistem sortir botol otomatis secara *real-time* berbasis YOLOv8 yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32 melalui protokol MQTT. Sistem mendeteksi kondisi tutup dan label botol untuk menentukan klasifikasi botol baik (G) atau cacat (NG), kemudian mengirimkan hasilnya ke ESP32 sebagai dasar pengendalian mekanisme sortir. Mengingat sistem dijalankan pada perangkat dengan sumber daya terbatas, digunakan varian YOLOv8 dengan ukuran *input* 320×320 piksel yang dikonversi ke format ONNX agar proses inferensi tetap ringan dan mampu berjalan secara *real-time*.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem deteksi kecacatan botol berbasis algoritma YOLO yang mampu bekerja secara *real-time* ?
2. Bagaimana tingkat akurasi sistem dalam membedakan botol cacat dan tidak cacat berdasarkan hasil deteksi YOLO?
3. Bagaimana mengintegrasikan sistem deteksi berbasis YOLO dengan prototipe mesin sortir botol secara otomatis?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari pembuatan tugas akhir ini 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

1. Mengimplementasikan algoritma YOLO untuk mendeteksi kondisi botol menggunakan *input webcam* secara *real-time*.
2. Mengembangkan sistem deteksi yang mampu mengklasifikasikan kondisi botol menjadi kategori cacat dan tidak cacat.
3. Mengintegrasikan sistem deteksi berbasis YOLO dengan mikrokontroler ESP32 menggunakan protokol MQTT untuk mendukung proses sortir otomatis.

1.4 Luaran

Adapun luaran dari tugas akhir ini adalah:

- a. Laporan tugas akhir
- b. Prototipe alat

1.5 Batasan Masalah

Agar pembahasan lebih terarah, penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut.

1. Objek yang diamati adalah botol minuman kemasan, dengan cacat dibatasi pada kondisi tutup (tidak ada atau tidak terpasang rapat) dan label (tidak ada atau tidak terpasang dengan benar)

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, realisasi, dan pengujian sistem, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut.

Sistem deteksi kondisi botol secara *real-time* berbasis algoritma YOLOv8 berhasil dirancang dan direalisasikan serta diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32 melalui protokol MQTT sebagai penerapan konsep AIoT. Sistem menggunakan model YOLOv8 dengan empat kelas (G tutup, NG tutup, G label, dan NG label) dan menentukan kondisi akhir botol melalui mekanisme *Region of Interest* (ROI), *majority voting*, dan *line crossing*.

1. Pada tahap pelatihan, model mencapai konvergensi dengan *Precision* 0,973, *Recall* 0,958, *mAP@0.5* 0,978, dan *mAP@0.5:0.95* 0,770. Pada pengujian terhadap data uji, model memperoleh akurasi 86,30% dengan *F1-score* rata-rata (macro) 0,924, sedangkan pada pengujian deteksi secara *real-time* sistem memperoleh akurasi 82,86%, dengan akurasi tertinggi pada botol kondisi baik (100%) dan terendah pada botol dengan label cacat (66,67%).
2. Tingkat keberhasilan pengiriman hasil deteksi dari komputer ke ESP32 melalui protokol MQTT sebesar 100% serta latensi rata-rata 166 ms (berkisar 140–179 ms), sehingga pengiriman berlangsung mendekati waktu nyata (*near real-time*).

5.2 Saran

Untuk pengembangan selanjutnya, disarankan beberapa hal sebagai berikut.

1. Menambah jumlah dan variasi data latih, khususnya pada kelas NG label, untuk meningkatkan *Recall* dan akurasi deteksi pada kondisi label cacat.
2. Menguji sistem pada variasi kondisi pencahayaan, kecepatan konveyor, dan jenis botol yang lebih beragam agar model lebih *robust* pada kondisi nyata.
3. Mempertimbangkan penggunaan perangkat dengan akselerasi GPU atau model yang lebih ringan untuk meningkatkan kecepatan inferensi (*FPS*) pada proses *real-time*.

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

DAFTAR PUSTAKA

Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The *Internet of Things*: A survey. *Computer Networks*, 54(15), 2787–2805.
<https://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>

Banks, A., & Gupta, R. (2014). MQTT version 3.1.1. OASIS Standard.

Bewley, A., Ge, Z., Ott, L., Ramos, F., & Upcroft, B. (2016). Simple online and realtime tracking. 2016 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), 3464–3468. <https://doi.org/10.1109/ICIP.2016.7533003>

Bisong, E. (2019). *Google Colaboratory*. In *Building machine learning and deep learning models on Google Cloud Platform* (pp. 59–64). Apress.
https://doi.org/10.1007/978-1-4842-4470-8_7

Bradski, G. (2020). The *OpenCV* library. *Dr. Dobb's Journal of Software Tools*.

Dubey, A., Yadav, U., Kumar, M., & Javalkar, D. K. (2024). Navigating the landscape of artificial intelligence, *machine learning* and *deep learning*. *Proceedings of ICCDETS*. <https://doi.org/10.62919/geiv8123>

Elfwing, S., Uchibe, E., & Doya, K. (2018). Sigmoid-weighted linear units for neural network function approximation in *reinforcement learning*. *Neural Networks*, 107, 3–11. <https://doi.org/10.1016/j.neunet.2017.12.012>

Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2018). *Digital image processing* (4th ed.). Pearson.

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press.

Gupta, A., Agrawal, N., & Agrawal, H. (2025). *Machine learning and deep learning*: A comprehensive overview. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, 13(6).
<https://doi.org/10.22214/ijraset.2025.72470>

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

Harvi, M. L., Martini, N. P. D. A., Santoso, S. A., Saputro, R. A., & Walidaina, B. (2025). Design of automatic bottle filling and sealing system with *quality control*. TESLA: Jurnal Teknik Elektro, 27(2). <https://doi.org/10.24912/tesla.v27i2.35829>

Hoeser, T., & Kuenzer, C. (2020). Object detection and image segmentation with *deep learning* on Earth observation data: A review—Part I: Evolution and recent trends. Remote Sensing, 12(10), 1667. <https://doi.org/10.3390/rs12101667>

Janiesch, C., Zschech, P., & Heinrich, K. (2021). *Machine learning and deep learning*. Electronic Markets. <https://doi.org/10.1007/s12525-021-00475-2>

Justam, J., Malik, A., Erlita, E., Mangellak, D., & Yuyun. (2024). Perbandingan kinerja YOLO vs Faster R-CNN untuk deteksi dan estimasi berat ikan. Jurnal Ilmiah Sistem Informasi dan Teknik Informatika (JISTI), 7(2), 363–370.

Kadam, P., Fang, G., & Zou, J. J. (2024). *Object tracking using computer vision: A review*. Computers, 13(6), 136. <https://doi.org/10.3390/computers13060136>

Kuncheva, L. I. (2014). Combining pattern classifiers: Methods and algorithms (2nd ed.). John Wiley & Sons.

Microsoft. (2025). *Visual Studio Code* documentation. <https://code.visualstudio.com/docs>

Mirzaei, B., Nezamabadi-pour, H., Raoof, A., & Derakhshani, R. (2023). Small object detection and tracking: A comprehensive review. Sensors, 23(15), 6887. <https://doi.org/10.3390/s23156887>

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

Mishra, C., & Gupta, D. L. (2016). Deep *machine learning* and neural networks: An overview. *International Journal of Hybrid Information Technology*, 9(11), 401–414. <http://dx.doi.org/10.14257/ijhit.2016.9.11.34>

Neubeck, A., & Van Gool, L. (2006). Efficient *Non-Maximum Suppression*. *Proceedings of the 18th International Conference on Pattern Recognition (ICPR 2006)*, 3, 850–855. <https://doi.org/10.1109/ICPR.2006.479>

Nife, N. I., & Chtourou, M. (2023). A comprehensive study of *deep learning* and performance comparison of *deep Neural Network* models (YOLO, RetinaNet). *International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)*, 19(12), 62–77. <https://doi.org/10.3991/ijoe.v19i12.42607>

Nwankpa, C., Ijomah, W., Gachagan, A., & Marshall, S. (2018). Activation functions: Comparison of trends in practice and research for *deep learning*. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1811.03378>

Padilla, R., Passos, W. L., Dias, T. L. B., Netto, S. L., & da Silva, E. A. B. (2021). A comparative analysis of object detection metrics with a companion open-source toolkit. *Electronics*, 10(3), 279. <https://doi.org/10.3390/electronics10030279>

Pratama, M. I., Nurchim, & Purwanto, E. (2025). Analisis perbandingan metode YOLO dan Faster R-CNN dalam deteksi objek manusia. *Progresif: Jurnal Ilmiah Komputer*, 21(2), 545–556.

Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). *You Only Look Once*: Unified, *real-time* object detection. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer vision and Pattern Recognition (CVPR)*.

Richo, R., Adhitya, R. Y., Hasin, M. K., Syai'in, M., & Setiawan, E. (2023). Eksplorasi keandalan sistem sortir dan klasifikasi kecacatan perekat kemasan menggunakan arsitektur UNet-Inception convolutional neural network. *Jurnal Elkolind*, 10(3), 321–329. <https://doi.org/10.33795/elkolind.v10i3.3835>

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

Rosebrock, A. (2018). Simple *object tracking* with *OpenCV*. PyImageSearch.

Rosebrock, A. (2022). *Deep learning for computer vision* with *Python*. PyImageSearch.

Sayem, F. R., Islam, M. S. B., Naznine, M., & Nashbat, M. (2025). Enhancing waste sorting and recycling efficiency: A robust *deep learning*-based approach for classification and detection. *Neural Computing and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s00521-024-10855-2>

Sokolova, M., & Lapalme, G. (2009). A systematic analysis of performance measures for classification tasks. *Information Processing & Management*, 45(4), 427–437. <https://doi.org/10.1016/j.ipm.2009.03.002>

Terven, J., & Cordova-Esparza, D. (2023). A comprehensive review of YOLO: From YOLOv1 to YOLOv8 and beyond. *arXiv*.

Trisiawan, I. K., & Yuliza. (2022). Penerapan multi-label image classification menggunakan metode convolutional neural network (CNN) untuk sortir botol minuman. *Jurnal Teknologi Elektro*, 13(1), 48–54. <https://doi.org/10.22441/jte.2022.v13i1.009>

Van Rossum, G., & Drake, F. L. (2021). *Python* tutorial. *Python* Software Foundation.

Vatmawati, N. A., Permata, V. N., & Azmi, M. (2025). Application of YOLO v9 model for smart waste object detection in automated sorting systems. In *Proceedings of the 2025 International Conference on Electrical, Electronics, Engineering, and Information Systems (ICE3IS)*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICE3IS66769.2025.11281214>

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

Zou, Z., Chen, K., Shi, Z., Guo, Y., & Ye, J. (2023). Object detection in 20 years: A survey. *Proceedings of the IEEE*, 111(3), 257–276. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2023.3238524>

Jocher, G., Chaurasia, A., & Qiu, J. (2023). *Ultralytics YOLO*. GitHub. <https://github.com/Ultralytics/Ultralytics>

Gholamy, A., Kreinovich, V., & Kosheleva, O. (2018). *Why 70/30 or 80/20 Relation Between Training and Testing Sets: A Pedagogical Explanation*. Departmental Technical Reports (CS), Paper 1209. University of Texas at El Paso.

Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press. <https://www.deeplearningbook.org/>

Ying, X. (2019). An overview of overfitting and its solutions. *Journal of Physics: Conference Series*, 1168(2), 022022. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1168/2/022022>

Lin, T.-Y., Maire, M., Belongie, S., Hays, J., Perona, P., Ramanan, D., Dollár, P., & Zitnick, C. L. (2014). Microsoft COCO: Common Objects in Context. Dalam *Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV)* (hlm. 740–755). Springer.

Padilla, R., Passos, W. L., Dias, T. L. B., Netto, S. L., & da Silva, E. A. B. (2021). A Comparative Analysis of Object Detection Metrics with a Companion Open-Source Toolkit. *Electronics*, 10(3), 279. <https://doi.org/10.3390/electronics10030279>

Everingham, M., Van Gool, L., Williams, C. K. I., Winn, J., & Zisserman, A. (2010). The PASCAL Visual Object Classes (VOC) Challenge. *International Journal of Computer Vision*, 88(2), 303–338.

Jocher, G., Chaurasia, A., & Qiu, J. (2023). *Ultralytics YOLO* [Perangkat lunak & dokumentasi]. <https://docs.ultralytics.com/guides/yolo-performance-metrics>



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

LAMPIRAN

L - 1 Daftar Riwayat Hidup

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Dany Nurrahman

Lulus dari SDN Jagakarsa 08 Pagi tahun 2017, SMPN 166 Jakarta Selatan tahun 2020, dan SMK Kemala Bhayangkari Delog pada tahun 2023. Gelar Diploma Tiga (D3) diperoleh pada tahun 2026 dari Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Elektronika Industri, Politeknik Negeri Jakarta

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

L – 2 Program deteksi

main.py

```
import threading

from deteksi import yolo_inference, run_Flask

from mqtt import mqtt_connect, publish_detection, mqtt_disconnect

def handle_detection(result, timestamp):
    publish_detection(result, timestamp)

if __name__ == "__main__":
    try:
        mqtt_connect()

        detection_thread = threading.Thread(
            target=yolo_inference,
            args=(handle_detection,)
        )
        detection_thread.daemon = True
        detection_thread.start()

        run_Flask()

    except KeyboardInterrupt:
        print("Program dihentikan")

    finally:
        mqtt_disconnect()
```

deteksi.py

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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
import cv2
import numpy as np
import time
import json
import os
import threading
from collections import defaultdict
from Flask import Flask, Response, render_template

import utils

# ===== CONFIG =====
BASE_DIR = os.path.dirname(os.path.abspath(__file__))

MODEL_PATH = os.path.join(BASE_DIR, "model", "9.onnx")
JSON_PATH = os.path.join(BASE_DIR, "detection_result.json")

CAMERA_INDEX = 1

RESIZE_W = 320
RESIZE_H = 320

CONF_THRESHOLD_DRAW = 0.3
NMS_THRESHOLD = 0.3
CONF_THRESHOLD_SEND = CONF_THRESHOLD_DRAW

FRAME_W = 640
FRAME_H = 480

# ===== CLASS NAMES =====
classNames = ["G label", "G tutup", "NG label", "NG tutup"]
```

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

```

CLASS_INFO = {
    "G label" : {"komponen": "label", "kondisi": "G"},
    "G tutup" : {"komponen": "tutup", "kondisi": "G"},
    "NG label": {"komponen": "label", "kondisi": "NG"},
    "NG tutup": {"komponen": "tutup", "kondisi": "NG"},
}

# ===== ROI CONFIG =====
# ROI sekarang HANYA satu kotak (dulu = kotak kanan).
# Sisi KIRI kotak (x) = garis keputusan.
# Botol masuk dari kanan -> bergerak ke kiri -> keputusan saat keluar sisi kiri.
roi_config = {
    "x": 370, # sisi kiri kotak = garis keputusan
    "y": 105,
    "w": 114,
    "h": 280,
}

# ===== LOAD MODEL =====
utility = utils.Utils()
net = cv2.dnn.readNetFromONNX(MODEL_PATH)

# ===== FLASK =====
app = Flask(__name__)
latest_frame = None

@app.route("/")
def index():
    from Flask import render_template
    return render_template("index.html")

def generate_frames():

```

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

```

global latest_frame
while True:
    if latest_frame is None:
        time.sleep(0.01)
        continue
    ret, buffer = cv2.imencode(".jpg", latest_frame)
    if not ret:
        continue
    yield (
        b"--frame\r\n"
        b"Content-Type: image/jpeg\r\n\r\n" + buffer.tobytes() + b"\r\n"
    )

@app.route("/video_feed")
def video_feed():
    from Flask import Response
    return Response(generate_frames(), mimetype="multipart/x-mixed-replace;
boundary=frame")

# ===== DETEKSI SEMUA OBJEK DI ROI
=====
def get_all_detections_in_roi(output, frame_shape, roi):
    """
    Ambil SEMUA deteksi yang ada di dalam ROI.
    Return: list of dict {"label", "confidence", "cx", "cy"}
    """

    outputs = np.squeeze(output)
    if len(outputs.shape) == 2 and outputs.shape[0] < outputs.shape[1]:
        outputs = outputs.T

    frame_h, frame_w = frame_shape[:2]
    roi_x, roi_y, roi_w, roi_h = roi["x"], roi["y"], roi["w"], roi["h"]
  
```

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

```
detections = []

for row in outputs:
    scores = row[4:]
    if len(scores) == 0:
        continue

    class_id = np.argmax(scores)
    confidence = float(scores[class_id])

    if confidence < CONF_THRESHOLD_SEND:
        continue

    cx = int(row[0] * frame_w / RESIZE_W)
    cy = int(row[1] * frame_h / RESIZE_H)

    in_roi = (roi_x <= cx <= roi_x + roi_w) and (roi_y <= cy <= roi_y + roi_h)

    if in_roi:
        detections.append({
            "label": classNames[class_id],
            "confidence": round(confidence, 2),
            "cx": cx,
            "cy": cy,
        })

return detections

def save_json(result, timestamp):
    data = {
        "result": result,    # "G" atau "NG"
```

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

```

"timestamp": timestamp
}

with open(JSON_PATH, "w") as f:
    json.dump(data, f, indent=4)

def draw_roi(frame, roi):
    rx, ry, rw, rh = roi["x"], roi["y"], roi["w"], roi["h"]

    # Overlay gelap di luar ROI (biar fokus ke kotak)
    overlay = frame.copy()
    cv2.rectangle(overlay, (0, 0), (frame.shape[1], frame.shape[0]), (0, 0, 0), -1)
    cv2.rectangle(overlay, (rx, ry), (rx + rw, ry + rh), (0, 0, 0), -1)
    cv2.addWeighted(overlay, 0.25, frame, 0.75, 0, frame)

    # Kotak ROI
    cv2.rectangle(frame, (rx, ry), (rx + rw, ry + rh), (0, 255, 255), 2)

    # Garis keputusan = SISI KIRI kotak (hijau, tebal)
    cv2.line(frame, (rx, ry), (rx, ry + rh), (0, 255, 0), 2)

    # Panah arah konveyor (kanan -> kiri)
    arrow_y = ry - 32
    arrow_len = 30
    cv2.arrowedLine(frame,
                    (rx + rw // 2 + arrow_len, arrow_y),
                    (rx + rw // 2 - arrow_len, arrow_y),
                    (0, 255, 255), 1, tipLength=0.4)

    return frame

# ===== STATE TRACKING =====
class ObjectTracker:

```

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

```
def __init__(self):
    self.reset()

def reset(self):
    self.tutup_votes = defaultdict(int) # {"G": n, "NG": n}
    self.label_votes = defaultdict(int) # {"G": n, "NG": n}
    self.prev_cx = None
    self.active = False
    self.decided = False
    self.seen_on_right = False # objek pernah berada di sisi kanan kotak

def update_present(self, detections, roi):
    """Dipanggil saat ADA deteksi di ROI -> kumpulkan vote."""
    avg_cx = int(np.mean([d["cx"] for d in detections]))

    if not self.active:
        self.active = True
        self.decided = False

    # Tandai objek pernah masuk dari sisi kanan kotak
    if avg_cx >= roi["x"] + roi["w"] * 0.5:
        self.seen_on_right = True

    # Voting per komponen
    for d in detections:
        info = CLASS_INFO.get(d["label"])
        if info is None:
            continue
        if info["komponen"] == "tutup":
            self.tutup_votes[info["kondisi"]] += 1
        elif info["komponen"] == "label":
            self.label_votes[info["kondisi"]] += 1
```

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

```
self.prev_cx = avg_cx

def update_absent(self, roi):
    """
    Dipanggil saat TIDAK ada deteksi di ROI.
    Jika objek baru saja keluar lewat SISI KIRI -> putuskan hasil.
    Return: (should_send, result)
    """
    if not self.active or self.decided:
        return False, None

    # Zona dekat sisi kiri untuk konfirmasi objek benar2 keluar kiri
    exit_zone = roi["x"] + int(roi["w"] * 0.30)

    if (self.seen_on_right
        and self.prev_cx is not None
        and self.prev_cx <= exit_zone):
        self.decided = True
        return True, self._determine_result()

    return False, None

def _determine_result(self):
    """
    Tentukan G atau NG berdasarkan voting tutup & label.
    Jika salah satu komponen tidak terdeteksi -> NG.
    """
    if self.tutup_votes:
        tutup_winner = max(self.tutup_votes, key=self.tutup_votes.get)
    else:
        tutup_winner = "NG"
```

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

```
print("[VOTING] Tutup tidak terdeteksi -> dianggap NG")

if self.label_votes:
    label_winner = max(self.label_votes, key=self.label_votes.get)
else:
    label_winner = "NG"
print("[VOTING] Label tidak terdeteksi -> dianggap NG")

print(f"[VOTING] Tutup -> {dict(self.tutup_votes)} | Pemenang:
{tutup_winner}")
print(f"[VOTING] Label -> {dict(self.label_votes)} | Pemenang:
{label_winner}")

result = "G" if (tutup_winner == "G" and label_winner == "G") else "NG"
print(f"[VOTING] Hasil akhir: {result}")
return result

def is_active(self):
    return self.active

def get_vote_summary(self):
    tutup_str = " ".join([f"{k}:{v}" for k, v in self.tutup_votes.items()]) or "-"
    label_str = " ".join([f"{k}:{v}" for k, v in self.label_votes.items()]) or "-"
    return f"Tutup[{tutup_str}] Label[{label_str}]"

# ===== YOLO INFERENCE =====
def yolo_inference(on_detect=None):
    """
    on_detect(result, timestamp) -> opsional, untuk kirim ke MQTT.
    """
    global latest_frame
```

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

```
cap = cv2.VideoCapture(CAMERA_INDEX)
if not cap.isOpened():
    print("[ERROR] Kamera tidak terbuka")
    return

tracker = ObjectTracker()

NO_OBJECT_RESET_SECONDS = 0.5
no_object_since = None

while True:
    ret, frame = cap.read()
    if not ret:
        print("[ERROR] Gagal membaca frame")
        break

    # ---- [FIX] Kamera terpasang terbalik -> mirror horizontal ----
    # Botol jadi bergerak ke kanan. Di-flip biar arahnya balik normal
    # (masuk dari kanan -> ke kiri), sehingga logika sisi kiri tetap valid.
    frame = cv2.flip(frame, 1)

    # ---- Inferensi YOLO ----
    blob = cv2.dnn.blobFromImage(
        frame, 1/255.0, (RESIZE_W, RESIZE_H),
        (0, 0, 0), swapRB=True, crop=False
    )
    net.setInput(blob)
    output = net.forward()

    # ---- Gambar bounding box semua objek ----
    frame = utility.postprocess_onnx(
        output, frame, classNames,
```

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

```

confThreshold=CONF_THRESHOLD_DRAW,
nmsThreshold=NMS_THRESHOLD,
font_size=0.5,
color=(255, 127, 0),
text_color=(255, 255, 255),
input_size=[RESIZE_H, RESIZE_W]
)

# ---- Gambar ROI (kotak + garis keputusan sisi kiri) ----
frame = draw_roi(frame, roi_config)

# ---- Ambil semua deteksi di ROI ----
detections = get_all_detections_in_roi(output, frame.shape, roi_config)

timestamp = time.strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")

if detections:
    no_object_since = None

    # Titik center tiap deteksi
    for d in detections:
        cv2.circle(frame, (d["cx"], d["cy"]), 5, (0, 255, 0), -1)

    # Ringkasan voting
    vote_str = tracker.get_vote_summary()
    cv2.putText(frame, vote_str, (10, FRAME_H - 40),
                cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.4, (255, 255, 0), 1)

    # Kumpulkan vote selama objek di ROI
    tracker.update_present(detections, roi_config)

else:

```

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

```
# Tidak ada objek di ROI -> cek apakah baru keluar lewat sisi kiri
should_send, result = tracker.update_absent(roi_config)

if should_send:
    save_json(result, timestamp)
    print(f"[KIRIM] Result: {result} | {timestamp}")

if on_detect is not None:
    on_detect(result, timestamp)

warna = (0, 255, 0) if result == "G" else (0, 0, 255)
cv2.putText(frame, f"DIKIRIM: {result}",
            (FRAME_W // 2 - 70, FRAME_H // 2),
            cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 1.0, warna, 2)

# Reset tracker setelah objek benar2 hilang
if no_object_since is None:
    no_object_since = time.time()

elapsed = time.time() - no_object_since

if elapsed >= NO_OBJECT_RESET_SECONDS:
    if tracker.is_active():
        print(f"[TRACKER] Kosong {NO_OBJECT_RESET_SECONDS}s
-> reset.")
        tracker.reset()
        no_object_since = None

# Status tracker
status_color = (0, 255, 0) if tracker.is_active() else (100, 100, 100)
status_text = "TRACKING" if tracker.is_active() else "MENUNGGU"
cv2.putText(frame, status_text, (10, FRAME_H - 15),
```

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

```
cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.5, status_color, 1)

latest_frame = frame

cap.release()

def run_Flask():
    app.run(host="0.0.0.0", port=5001, debug=False)

# ===== RUN DETEKSI SAJA =====
if __name__ == "__main__":
    thread = threading.Thread(target=yolo_inference)
    thread.daemon = True
    thread.start()

    run_Flask()
```

mqtt.py

```
import json
import time
from datetime import datetime
import paho.mqtt.client as mqtt

MQTT_BROKER = "broker.avisha.id"
MQTT_PORT = 8883
MQTT_TOPIC = "Tugas/deteksi"
MQTT_USERNAME = "Tugas"
MQTT_PASSWORD = "F2VWQM1S"

connected = False
client = mqtt.Client()
```

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

```
def now_ms():
    """Waktu sekarang presisi milidetik, mis. '2026-06-24 16:42:33.184'."""
    # %f = mikrodetik (6 digit); [:3] memotong jadi 3 digit (milidetik)
    return datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S.%f")[:3]

def on_connect(client, userdata, flags, rc):
    global connected
    if rc == 0:
        connected = True
        print("[MQTT] Connected")
    else:
        print("[MQTT] Gagal connect, rc:", rc)

def mqtt_connect():
    global client
    client.username_pw_set(MQTT_USERNAME, MQTT_PASSWORD)
    client.tls_set()
    client.on_connect = on_connect
    client.connect(MQTT_BROKER, MQTT_PORT, 60)
    client.loop_start()

start = time.time()
while not connected:
    if time.time() - start > 5:
        raise TimeoutError("[MQTT] Tidak bisa connect ke broker")
    time.sleep(0.1)

def publish_detection(result, timestamp=None):
    """
    result : "G" atau "NG"
    timestamp : diabaikan; waktu kirim dibuat ulang di sini dengan presisi ms.
    """
```

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

'timestamp' pada *payload* = WAKTU KIRIM presisi MILIDETIK
(dipakai sebagai kolom 'Waktu Kirim' pada pengujian latensi Bab 4.4).

"""

```
ts = now_ms() # <-- waktu kirim presisi ms
```

```
data = {
```

```
    "result": result,
```

```
    "timestamp": ts,
```

```
}
```

```
payload = json.dumps(data)
```

```
r = client.publish(MQTT_TOPIC, payload)
```

```
print(f"[MQTT] Publish: {payload} | rc: {r.rc}")
```

```
def mqtt_disconnect():
```

```
    client.loop_stop()
```

```
    client.disconnect()
```

```
    print("[MQTT] Disconnected")
```

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA