



**RANCANG BANGUN SISTEM SMART HIDROPONIK
UNTUK MONITORING DETEKSI HAMA PADA
TUMBUHAN BERBASIS INTERNET OF THINGS**

Sub Judul :

**PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM
DETEKSI SERANGAN HAMA KUTU KEBUL DAN
KUTU DAUN BERSAYAP PADA TANAMAN
HIDROPONIK BAYAM BERBASIS CITRA DENGAN
METODE YOLOv8n**

SKRIPSI

ALFARIZKI NURACHMAN - 2207421041

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

2026



**PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM
DETEKSI SERANGAN HAMA KUTU KEBUL DAN
KUTU DAUN BERSAYAP PADA TANAMAN
HIDROPONIK BAYAM BERBASIS CITRA DENGAN
METODE YOLOv8n**

SKRIPSI

**Dibuat untuk Melengkapi Syarat-Syarat yang Diperlukan untuk
Memperoleh Diploma Empat Politeknik**

**ALFARIZKI NURACHMAN
2207421041**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MULTIMEDIA DAN JARINGAN
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA DAN KOMPUTER
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
2026**



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alfarizki Nurachman
NIM : 2207421041
Jurusan/Program Studi : Teknik Informatika dan Komputer / Teknik Multimedia dan Jaringan
Judul skripsi : PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM DETEKSI SERANGAN HAMA KUTU KEBUL DAN KUTU DAUN BERSAYAP PADA TANAMAN HIDROPONIK BAYAM BERBASIS CITRA DENGAN METODE YOLOv8n

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 cirri-ciri plagiat dan bentuk-bentuk peniruan lain yang dianggap melanggar peraturan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Depok, 29 Juni 2026

Yang membuat pernyataan



Alfarizki Nurachman

NIM 2207421041



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi diajukan oleh:

Nama : Alfariyki Nurachman

NIM : 2207421056

Program Studi : Teknik Multimedia dan Jaringan

Judul Skripsi : PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM DETEKSI SERANGAN HAMA KUTU KEBUL DAN KUTU DAUN BERSAYAP PADA TANAMAN HIDROPONIK BAYAM BERBASIS CITRA DENGAN METODE YOLOv8n

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Skripsi pada hari Rabu Tanggal...!, Bulan Juni Tahun 2026 dan dinyatakan LULUS.

Disahkan Oleh

Pembimbing I : Maria Agustin, S.Kom., M.Kom.

Penguji I : Dr. Prihatin Oktivasari S.Si., M.Si

Penguji II : Susana Dwi Yulianti M.Kom.

Penguji III : Chandra Wirawan, S.Kom, M.Kom.

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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Perancangan dan Implementasi Sistem Deteksi Serangan Hama Kutu Kebul dan Kutu Daun Bersayap Pada Tanaman Hidroponik Bayam Berbasis Citra dengan Metode YOLOv8n”. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Diploma IV di Politeknik Negeri Jakarta. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, penyusunan skripsi ini tidak akan dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa yang selalu memberikan hikmat dan rahmatnya.
2. Kedua orang tua, saudara, dan sahabat yang telah memberikan doa dan dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan perkuliahan.
3. Ibu Maria Agustin, S.Kom., M.Kom. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah memberikan bimbingan dan saran-saran kepada penulis.
4. Seluruh dosen dan staf di Jurusan Teknik Multimedia dan Jaringan yang telah banyak memberikan ilmu dan dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung selama proses perkuliahan.
5. Rekan-rekan Teknik Multimedia dan Jaringan 2022 Politeknik Negeri Jakarta.

Penulis berharap semoga skripsi ini dapat membawa manfaat dan menambah wawasan bagi pembaca. Penulis menyadari masih banyak kekurangan yang perlu diperbaiki dalam penyusunan skripsi ini, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk menyempurnakan laporan ini.

Depok, Juni 2026

Alfarizki Nurachman



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Alfarizki Nurachman
NIM : 2207421041
Jurusan/Program : Teknik Informatika dan Komputer / Teknik
Studi Multimedia dan Jaringan

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

PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM DETEKSI SERANGAN HAMA KUTU KEBUL DAN KUTU DAUN BERSAYAP PADA TANAMAN HIDROPONIK BAYAM BERBASIS CITRA DENGAN METODE YOLOv8n

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Politeknik Negeri Jakarta Berhak menyimpan, mengalihmediakan/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, 29 Juni 2026

Yang Menyatakan



Alfarizki Nurachman

NIM 2207421056



PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM DETEKSI SERANGAN HAMA KUTU KEBUL DAN KUTU DAUN BERSAYAP PADA TANAMAN HIDROPONIK BAYAM BERBASIS CITRA DENGAN METODE YOLOv8n

ABSTRAK

Serangan hama merupakan salah satu faktor yang dapat menurunkan produktivitas tanaman bayam hidroponik. Proses pemantauan hama yang masih dilakukan secara manual memiliki keterbatasan dalam mendeteksi hama berukuran kecil secara cepat dan konsisten. Penelitian ini bertujuan mengimplementasikan sistem deteksi multi-hama berbasis YOLOv8n pada Raspberry Pi 4 untuk mendeteksi whitefly (*Bemisia tabaci*) dan winged aphid (*Aphididae*) secara *real-time*. Sistem diintegrasikan dengan mekanisme gantry berbasis ESP8266 untuk melakukan akuisisi citra secara otomatis, sedangkan model dikonversi ke format NCNN agar proses inferensi lebih efisien pada prosesor ARM. Dataset yang digunakan terdiri dari 3.041 citra dengan pembagian 70% data pelatihan, 20% data validasi, dan 10% data pengujian, serta dilakukan augmentasi untuk meningkatkan kemampuan generalisasi model. Hasil pelatihan menunjukkan bahwa model YOLOv8n dengan resolusi masukan 640×640 piksel memperoleh nilai $mAP@50$ sebesar 0,967, sedangkan konfigurasi 320×320 piksel menghasilkan waktu inferensi GPU tercepat sebesar 0,8 ms dengan penurunan akurasi yang relatif kecil. Pada pengujian lapangan, model YOLOv8n resolusi 640×640 dan 416×416 memperoleh nilai Precision, Recall, dan F1-Score sebesar 100%, sedangkan konfigurasi 320×320 menghasilkan Precision 97,32%, Recall 100%, dan F1-Score 98,96%. Pengujian pada Raspberry Pi 4 menunjukkan bahwa konfigurasi YOLOv8n 320×320 mampu mencapai latensi rata-rata 0,200 detik, kecepatan 4,41 FPS, penggunaan CPU 75,44%, RAM 19,85%, dan suhu prosesor 47,01°C. Hasil tersebut menunjukkan bahwa optimasi menggunakan NCNN memungkinkan implementasi sistem deteksi hama secara efisien pada perangkat edge tanpa memerlukan akselerator eksternal.

Kata kunci: deteksi hama, hidroponik, raspberry pi, sistem gantry, whitefly, winged aphid, YOLOv8n

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 dari Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	1
LEMBAR PENGESAHAN.....	3
KATA PENGANTAR.....	4
SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS.....	5
ABSTRAK.....	6
DAFTAR ISI.....	1
DAFTAR GAMBAR.....	4
DAFTAR TABEL.....	5
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	5
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Tujuan dan Manfaat.....	6
1.5 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Hidroponik.....	8
2.1.1 Hama pada Tanaman Bayam.....	8
2.2 Open Source Computer Vision Library (OPEN CV).....	10
2.3 Convolutional Neural Network (CNN).....	11
2.4 NCNN.....	12
2.5 You Only Look Once (YOLO).....	13
2.5.1 YOLOv8.....	14
2.6 Raspberry Pi 4 Model B.....	15
2.7 Raspberry Pi Camera Module.....	15
2.8 NodeMCU ESP8266.....	17
2.9 Stepper Motor Nema 17.....	18
2.10 Timing Belt GT2.....	20
2.11 Power Supply 12V.....	21
2.12 Driver Stepper Motor A4988.....	22
2.13 Limit Switch.....	24
2.14 Flask.....	25
2.15 Roboflow.....	26
2.16 Google Colab.....	28
2.17 Pengujian Sistem.....	29
2.18 Penelitian Terdahulu.....	32



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

BAB III METODE PENELITIAN.....	36
3.1 Rancangan Penelitian.....	36
3.2 Tahapan Penelitian.....	37
3.3 Objek Penelitian.....	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1 Analisis Kebutuhan.....	41
4.1.1 Kebutuhan Fungsional.....	41
4.1.2 Kebutuhan Non-Fungsional.....	42
4.2 Perancangan Sistem.....	43
4.2.1 Perancangan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak.....	43
4.2.2 Diagram Blok.....	46
4.2.3 Flowchart Sistem.....	47
4.2.3.1 Flowchart Sistem Node Camera.....	47
4.2.3.2 Flowchart Sistem Node Gantry.....	48
4.2.4 Rancangan Perangkat Keras.....	50
4.2.4.1 Racangan Node Camera dan Pinout.....	51
4.2.4.2 Racangan Node Gantry dan Pinout.....	52
4.2.5 Rancangan Model.....	54
4.2.5.1 Labelling.....	54
4.2.5.2 Training.....	57
4.2.5.3 Perancangan Transmisi Data.....	59
4.3 Implementasi Sistem.....	59
4.3.1 Implementasi Perangkat Keras.....	59
4.3.2 Implementasi Perangkat Lunak.....	60
4.3.2.1 Implementasi Akuisisi Citra.....	61
4.3.2.2 Implementasi Inferensi Model YOLOv8n-NCNN.....	63
4.3.2.3 Implementasi Komunikasi Raspberry Pi dengan ESP8266.....	66
4.3.2.4 Implementasi Pengiriman Data.....	67
4.3.2.5 Implementasi Pergerakan Gantry Pada ESP8266.....	68
4.4 Pengujian.....	70
4.4.1 Deskripsi Pengujian.....	70
4.4.2 Prosedur Pengujian.....	70
4.4.2.1 Prosedur Analisis Hyperparameter Model.....	70
4.4.2.2 Prosedur Pengujian Performa Deteksi Model.....	71
4.4.2.3 Prosedur Pengujian Performa Perangkat.....	72
4.4.2.4 Prosedur Pengujian Fungsionalitas.....	73
4.4.2.5 Prosedur Pengujian Reliabilitas.....	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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4.4.3 Data Hasil Pengujian.....	75
4.4.3.1 Data Analisis Hyperparameter Model.....	75
4.4.3.2 Data Hasil Pengujian Performa Deteksi Model.....	76
4.4.3.3 Data Hasil Pengujian Performa Perangkat.....	81
4.4.3.4 Data Hasil Pengujian Fungsionalitas.....	84
4.4.3.5 Data Hasil Pengujian Reliabilitas.....	85
4.4.4 Analisis Data.....	86
4.4.4.1 Analisis Hyperparameter Model.....	86
4.4.4.2 Analisis Data Hasil Pengujian Performa Deteksi Model.....	88
4.4.4.3 Analisis Data Hasil Pengujian Performa Perangkat.....	91
4.4.4.4 Analisis Data Hasil Pengujian Fungsionalitas.....	92
4.4.4.5 Analisis Data Hasil Pengujian Reliabilitas.....	93
BAB V PENUTUP.....	95
5.1 Kesimpulan.....	95
5.2 Saran.....	96
DAFTAR PUSTAKA.....	97
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	102
LAMPIRAN.....	103

**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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kutu Kebul.....	9
Gambar 2.2 Aphids.....	10
Gambar 2.3 Arsitektur CNN.....	12
Gambar 2.4 NCNN.....	13
Gambar 2.5 Arsitektur YOLO.....	14
Gambar 2.6 Raspberry Pi 4 Model B.....	15
Gambar 2.7 Raspi Camera Module OV5647.....	17
Gambar 2.8 NodeMCU ESP8266.....	18
Gambar 2.9 Stepper Motor Nema 17.....	20
Gambar 2.10 Timing Belt.....	21
Gambar 2.10 PSU 12V.....	22
Gambar 2.11 Driver Stepper Motor A4988.....	24
Gambar 2.12 Limit Switch.....	25
Gambar 2.13 Gambar Aplikasi Roboflow.....	28
Gambar 3.1 Hama Pada Tanaman di Lokatani.....	40
Gambar 4.1 Diagram Blok Sistem.....	47
Gambar 4.2 Flowchart Sistem Node Camera.....	48
Gambar 4.3 Flowchart Sistem Node Camera.....	50
Gambar 4.4 Rancangan Perangkat Keras.....	51
Gambar 4.5 Rancangan Node Camera.....	52
Gambar 4.6 Rancangan Node Gantry.....	54
Gambar 4.7 Proses Labeling Data.....	55
Gambar 4.8 Total Dataset Training, Validation dan Testing.....	57
Gambar 4.10 Implementasi Perangkat Keras.....	60
Gambar 4.11 Potongan Kode Implementasi Akuisisi Citra.....	62
Gambar 4.12 Potongan Kode Implementasi Inferensi Model.....	64
Gambar 4.13 Potongan Kode Implementasi Inferensi Model.....	65
Gambar 4.14 Potongan Kode Implementasi Inferensi Model.....	65
Gambar 4.15 Potongan Kode Implementasi Komunikasi Raspberry Pi dengan ESP8266.....	66
Gambar 4.16 Potongan Kode Implementasi Pengiriman Data.....	68
Gambar 4.17 Potongan Kode Implementasi Pergerakan Gantry.....	69
Gambar 4.18 Potongan Kode Implementasi Pergerakan Gantry.....	69
Gambar 4.19 Potongan Kode Implementasi Pergerakan Gantry.....	70
Gambar 4.20 Hasil Pengujian Model YOLOv8n 640.....	78
Gambar 4.21 Hasil Pengujian Model YOLOv8n 416.....	78
Gambar 4.22 Hasil Pengujian Model YOLOv8n 320.....	79
Gambar 4.23 Hasil Pengujian Model YOLOv5s 320.....	80
Gambar 4.24 Hasil Pengujian Model YOLO26n 320.....	80



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu.....	32
Tabel 4.1 Kebutuhan Penelitian.....	41
Tabel 4.2 Kebutuhan Penelitian.....	42
Tabel 4.3 Kebutuhan Penelitian.....	44
Tabel 4.4 Pinout Node Gantry.....	53
Tabel 4.5 Data Analisis Hyperparameter Model.....	76
Tabel 4.6 Ringkasan Hasil Pengujian Model YOLOv8n 640.....	77
Tabel 4.7 Ringkasan Hasil Pengujian Model YOLOv8n 416.....	78
Tabel 4.8 Ringkasan Hasil Pengujian Model YOLOv8n 320.....	78
Tabel 4.9 Ringkasan Hasil Pengujian Model YOLOv5s 320.....	79
Tabel 4.10 Ringkasan Hasil Pengujian Model YOLO26n 320.....	80
Tabel 4.11 Ringkasan Hasil Pengujian Performa Perangkat dengan Model YOLOv8n 640.....	81
Tabel 4.12 Ringkasan Hasil Pengujian Performa Perangkat dengan Model YOLOv8n 416.....	82
Tabel 4.13 Ringkasan Hasil Pengujian Performa Perangkat dengan Model YOLOv8n 320.....	82
Tabel 4.14 Ringkasan Hasil Pengujian Performa Perangkat dengan Model YOLOv5s 320.....	83
Tabel 4.15 Ringkasan Hasil Pengujian Performa Perangkat dengan Model YOLO26n 320.....	83
Tabel 4.16 Data Hasil Pengujian Fungsionalitas.....	84
Tabel 4.17 Ringkasan Hasil Pengujian Reliabilitas.....	86
Tabel 4.18 Status Operasional Selama Pengujian Reliabilitas.....	86
Tabel 4.17 Hasil Perhitungan Precision, Recall, dan F1-Score Setiap Model.....	89



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertanian hidroponik merupakan salah satu metode budidaya tanaman yang semakin banyak diterapkan di Indonesia, terutama sebagai alternatif dalam mengatasi keterbatasan lahan pertanian. Sistem ini memanfaatkan larutan nutrisi sebagai media tumbuh sehingga penggunaan air dan unsur hara dapat dilakukan secara lebih efisien dibandingkan dengan budidaya konvensional. Meskipun demikian, keberhasilan budidaya hidroponik masih dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah serangan organisme pengganggu tanaman yang dapat menurunkan kualitas maupun kuantitas hasil panen. Menurut Kardinan (2011), serangan organisme pengganggu tanaman dapat menyebabkan kehilangan hasil panen hingga 20–30% pada berbagai komoditas pertanian.

Tanaman bayam (*Amaranthus spp.*) merupakan salah satu komoditas yang populer dibudidayakan secara hidroponik karena memiliki siklus panen yang relatif singkat, yaitu berkisar antara 25–30 hari setelah tanam, serta menunjukkan adaptabilitas pertumbuhan yang baik pada sistem *Nutrient Film Technique* (NFT) maupun *Deep Water Culture* (DWC) (Mubarok et al., 2021; Adinda et al., 2024). Secara fisiologis, bayam mengandung beragam nutrisi penting seperti vitamin A, C, K, serta mineral esensial berupa zat besi dan kalsium yang menjadikannya sebagai sayuran fungsional bernilai gizi tinggi bagi pemenuhan kebutuhan harian masyarakat (Hidayanti & Kartika, 2019). Dari prospek ekonomi, bayam hidroponik memiliki nilai komersial yang menjanjikan seiring dengan meningkatnya permintaan pasar urban terhadap sayuran higienis, sehingga memicu tren peralihan ke sistem kultivasi modern berbasis *smart greenhouse* dan *Internet of Things* (IoT) demi menjaga kontinuitas serta kualitas produksi (Kartika et al., 2025).

Meskipun memiliki produktivitas yang tinggi, sistem budidaya hidroponik memiliki kerentanan tersendiri terhadap aspek proteksi tanaman. Ketersediaan nitrogen yang tinggi dalam larutan nutrisi hidroponik dapat memicu peningkatan



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

akumulasi asam amino bebas pada jaringan daun, sehingga mengubah tanaman menjadi inang yang sangat atraktif bagi serangga herbivor (Xie et al., 2022; ul Ain, 2025). Dampaknya, tanaman ini rentan terserang berbagai jenis hama seperti kutu kebul (*whitefly*) dan kutu daun (*aphids*) yang dapat menyebabkan kerusakan signifikan pada komoditas bayam (Mureithi et al., 2017; Seni, 2018). Kondisi tersebut diperparah oleh pola penanaman hidroponik yang cenderung rapat, sehingga menciptakan kondisi yang mendukung perkembangan maupun penyebaran populasi hama. Oleh karena itu, keberadaan hama-hama tersebut memerlukan sistem monitoring yang efektif agar serangan dapat terdeteksi sejak dini sebelum menimbulkan kerugian ekonomi yang lebih besar.

Deteksi terhadap serangan hama sangat penting untuk meminimalkan kerusakan tanaman. Metode konvensional yang mengandalkan pengamatan manual oleh petani memiliki keterbatasan, terutama dalam hal akurasi, konsistensi, dan efisiensi waktu. Petani seringkali terlambat mendeteksi keberadaan hama hingga populasinya sudah mencapai tingkat yang membahayakan tanaman (Kardinan, 2011).

Berdasarkan hasil observasi awal dan wawancara dengan pengelola greenhouse hidroponik Lokatani, serangan hama masih menjadi salah satu permasalahan yang sering dijumpai selama proses budidaya. Hama yang paling banyak ditemukan adalah kutu kebul (*whitefly*) dan kutu daun (*aphids*), yang menyerang bagian daun sehingga berpotensi mengganggu pertumbuhan tanaman serta menurunkan kualitas hasil panen. Pada lokasi penelitian, kedua jenis hama tersebut kerap ditemukan pada tanaman bayam yang menjadi salah satu komoditas utama budidaya hidroponik. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa keberadaan hama masih menjadi tantangan yang memerlukan penanganan secara cepat dan tepat agar kerugian yang ditimbulkan dapat diminimalkan.

Proses pemantauan hama yang diterapkan di greenhouse masih dilakukan melalui pengamatan visual oleh pekerja secara berkala. Meskipun metode ini mudah diterapkan, efektivitasnya sangat dipengaruhi oleh ketelitian pengamat dan



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

frekuensi pemeriksaan. Hama yang berukuran kecil seperti kutu kebul dan kutu daun sering kali sulit dikenali pada tahap awal serangan sehingga keberadaannya baru disadari setelah populasi meningkat dan gejala kerusakan mulai tampak pada tanaman. Keterlambatan dalam mendeteksi keberadaan hama dapat menyebabkan tindakan pengendalian menjadi kurang optimal serta meningkatkan risiko penurunan produktivitas tanaman.

Perkembangan teknologi kecerdasan buatan, khususnya dalam bidang computer vision, telah membuka peluang baru dalam sistem deteksi hama secara otomatis. Algoritma *You Only Look Once (YOLO)* merupakan salah satu metode object detection yang memiliki keunggulan dalam hal kecepatan dan akurasi. Penelitian sebelumnya oleh Dinata (2023) telah mengimplementasikan YOLOv5 untuk deteksi hama belalang pada tanaman selada hidroponik dengan tingkat akurasi mencapai 90%.

Implementasi sistem deteksi hama pada embedded device seperti Raspberry Pi 4 memberikan beberapa keuntungan berupa portabilitas, efisiensi energi, dan biaya yang lebih terjangkau dibandingkan menggunakan komputer dengan spesifikasi tinggi. Wahab et al. (2021) telah membuktikan bahwa Raspberry Pi 4 mampu menjalankan model *deep learning* dengan performa yang baik melalui optimasi model untuk perangkat *embedded*, menjadi landasan bahwa pendekatan *on-device inference* pada Raspberry Pi 4 merupakan solusi yang layak untuk sistem deteksi hama di lapangan.

Penelitian mengenai integrasi *Artificial Intelligence* dan *Internet of Things (AIoT)* untuk deteksi hama telah berkembang pesat melalui berbagai pendekatan arsitektur dan algoritma. Chen et al. (2020) mengintegrasikan sensor lingkungan dengan algoritma LSTM untuk memprediksi kemunculan hama, serta menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* berbasis YOLOv3 untuk pengumpulan citra dengan tingkat akurasi mencapai 90%. Di sisi lain, peningkatan performa deteksi pada level algoritma dilakukan oleh Dai et al. (2023) melalui modifikasi arsitektur YOLOv5m menggunakan *SwinTransformer*



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

pada bagian *neck* (SWinTR) dan metode *WConcat*, yang terbukti meningkatkan *feature fusion* serta memberikan hasil yang lebih *robust* dibandingkan model baseline. Tren komputasi kini juga bergeser ke arah *edge deployment* guna memangkas *latency* dan ketergantungan pada *cloud*. Nugroho et al. (2025) berhasil mengimplementasikan YOLOv8-nano (YOLOv8n) pada Raspberry Pi 4 untuk deteksi real-time, dibantu oleh Google Coral USB Accelerator guna menjaga efisiensi daya. Sementara itu, untuk objek berukuran mikro, Hakim et al. (2025) merancang *YOLO-pest* berbasis arsitektur YOLOv8x yang dioptimalkan untuk mendeteksi hama serangga kecil seperti kutu kebul (*whitefly*) dengan rata-rata akurasi mencapai 94%.

Namun, penelitian-penelitian tersebut memiliki beberapa keterbatasan yang perlu dikembangkan lebih lanjut. Pertama, sistem pada sebagian besar studi literatur terdahulu, seperti pada penelitian Dinata (2023), Chen et al. (2020), dan Nugroho et al. (2025), masih bersifat *single-class detection* yang hanya mampu mengenali satu jenis objek (masing-masing belalang, *Tessaratoma papillosa*, dan burung pipit). Padahal dalam praktiknya, komoditas tanaman sering kali diserang oleh berbagai jenis hama secara simultan. Kedua, terdapat *trade-off* yang signifikan antara kompleksitas model, kebutuhan perangkat keras, dan lokasi inferensi. Model *YOLO-pest* oleh Hakim et al. (2025) menggunakan varian YOLOv8x yang memiliki parameter besar sehingga proses inferensi harus dijalankan di sisi server, sedangkan riset Nugroho et al. (2025) membutuhkan perangkat akselerator eksternal tambahan berupa Google Coral USB TPU untuk menjalankan varian *nano*. Ketiga, belum ada optimasi khusus seperti kuantisasi atau kompilasi *framework* inferensi ringan untuk arsitektur *edge* murni tanpa akselerator hardware pada studi kasus hama mikro tanaman hidroponik spesifik.

Penelitian ini mengusulkan pengembangan sistem deteksi multi-hama secara *on-device inference* langsung pada Raspberry Pi 4 tanpa akselerator eksternal. Sistem ini difokuskan untuk mendeteksi hama kutu kebul (*whitefly*) dan kutu daun bersayap (*winged aphid*) pada tanaman bayam (*Amaranthus sp.*) hidroponik. Untuk mengatasi keterbatasan komputasi *hardware embedded*, digunakan model



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

YOLOv8-nano (YOLOv8n) yang dioptimalkan menggunakan *framework* NCNN. Pendekatan ini diharapkan mampu memangkas ukuran model dan mempercepat *inference time* secara signifikan melalui optimasi graf komputasi dan kuantisasi, sehingga deteksi hama mikro secara real-time dapat berjalan optimal dan efisien langsung di lapangan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem deteksi dan klasifikasi multi-hama pada tanaman hidroponik berbasis computer vision menggunakan perangkat Raspberry Pi?
2. Bagaimana mengimplementasikan model YOLOv8 pada Raspberry Pi untuk melakukan deteksi hama secara real-time pada lingkungan hidroponik?
3. Bagaimana perbandingan performa YOLOv8, YOLOv5 dan YOLO26 dalam mendeteksi berbagai jenis hama berdasarkan precision, recall, F1-score, dan mAP@50?
4. Bagaimana perbandingan performa komputasi YOLOv8, YOLOv5 dan YOLO26 pada Raspberry Pi berdasarkan kecepatan inferensi, penggunaan CPU, penggunaan memori, dan kemampuan real-time sistem?

1.3 Batasan Masalah

Untuk membatasi rumusan masalah yang jelas mengenai perancangan sistem pendeteksi hama pada tanaman hidroponik bayam. Agar penelitian ini lebih fokus dan terarah, maka ditetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada deteksi dan klasifikasi dua jenis hama, yaitu kutu kebul (*whitefly*) dan kutu daun bersayap (*winged aphid*), pada tanaman bayam (*Amaranthus sp.*) hidroponik berskala kecil menggunakan citra digital.
2. Model yang digunakan dalam penelitian dibatasi pada YOLOv8n sebagai model utama, sedangkan YOLOv5s dan YOLO26n digunakan sebagai



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

model pembandingan. Seluruh model dilatih menggunakan dataset, konfigurasi pelatihan, dan lingkungan komputasi yang sama.

3. Perbandingan performa deteksi dibatasi pada tiga model, yaitu YOLOv8n, YOLOv5s, dan YOLOv2n, dengan parameter evaluasi mAP@50, Precision, Recall, dan F1-Score.
4. Perbandingan performa komputasi dibatasi pada parameter inference latency, frame per second (FPS), penggunaan CPU, penggunaan RAM, dan suhu prosesor selama proses inferensi pada Raspberry Pi 4.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini merupakan:

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem deteksi serangan hama pada tanaman hidroponik berbasis citra menggunakan algoritma YOLOv8 yang dijalankan pada Raspberry Pi 4.
2. Mengukur kinerja sistem deteksi yang dikembangkan berdasarkan tingkat keberhasilan deteksi dan waktu inferensi pada Raspberry Pi 4

1.4.2 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini merupakan:

1. Membantu proses pemantauan kondisi daun tanaman bayam secara otomatis melalui sistem deteksi yang dijalankan pada perangkat embedded.
2. Menjadi referensi penerapan algoritma YOLOv8n pada Raspberry Pi untuk sistem pertanian cerdas berbasis embedded.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan penelitian ini disusun sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi latar belakang penelitian yang menjelaskan pengembangan sistem deteksi hama menggunakan YOLOv8 pada Raspberry Pi 4, perumusan masalah yang akan diselesaikan, batasan masalah, serta tujuan dan manfaat penelitian.



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori-teori yang menjadi landasan penelitian, meliputi: penelitian-penelitian terkait yang telah dilakukan sebelumnya, hidroponik, jenis-jenis hama pada tanaman bayam, computer vision dan deep learning, arsitektur YOLO, serta Raspberry Pi 4.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan metode dan tahapan penelitian yang dilakukan, meliputi: desain penelitian, objek penelitian, dan tahapan penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

pengumpulan dan preparasi dataset, proses labeling dan augmentasi data, arsitektur model YOLOv8 yang digunakan, proses training dan hyperparameter tuning, optimasi model untuk deployment, implementasi pada Raspberry Pi 4, serta metode pengujian dan evaluasi performa sistem.

Bab ini menyajikan hasil analisis kebutuhan sistem, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, implementasi sistem deteksi hama berbasis YOLOv8n NCNN pada Raspberry Pi 4, serta data hasil pengujian sistem yang mencakup pengujian performa deteksi model, pengujian performa perangkat, dan pengujian fungsionalitas sistem. Selain itu, bab ini juga memuat analisis dan pembahasan terhadap seluruh hasil pengujian yang diperoleh.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang menjawab tujuan penelitian berdasarkan hasil pengujian dan analisis yang telah dilakukan, serta saran untuk pengembangan sistem lebih lanjut di masa mendatang.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Sistem deteksi dan klasifikasi multi-hama pada tanaman bayam hidroponik berhasil dirancang menggunakan arsitektur berbasis Raspberry Pi 4 sebagai pusat pemrosesan, ESP8266 sebagai pengendali mekanisme gantry, serta model YOLOv8n untuk proses deteksi objek. Sistem mampu melakukan akuisisi citra, mendeteksi dua jenis hama yaitu *whitefly* dan *winged aphid*, menggerakkan gantry secara otomatis, serta mengirimkan hasil deteksi ke server sebagai bagian dari sistem monitoring.
2. Model YOLOv8n berhasil diimplementasikan pada Raspberry Pi 4 menggunakan framework Tencent NCNN sehingga dapat menjalankan proses deteksi hama secara real-time. Seluruh fungsi sistem, mulai dari pengambilan citra, proses inferensi, komunikasi dengan ESP8266, hingga pengiriman data ke server, berhasil berjalan sesuai dengan hasil pengujian fungsionalitas menggunakan metode Black-Box Testing.
3. Berdasarkan hasil perbandingan performa model, YOLOv8n dengan resolusi masukan 640×640 piksel dan 416×416 piksel memperoleh performa deteksi terbaik dengan nilai Precision, Recall, dan F1-Score masing-masing sebesar 100%, serta mampu mendeteksi seluruh 145 objek hama pada 100 citra uji tanpa menghasilkan False Positive maupun False Negative. Sementara itu, YOLOv5s 320, YOLOv26n 320, dan YOLOv8n 320 juga menunjukkan performa deteksi yang sangat baik dengan nilai F1-Score berturut-turut sebesar 99,66%, 99,31%, dan 98,64%. Hasil pengujian validasi model juga menunjukkan bahwa seluruh model memiliki nilai mAP@50 yang tinggi, sehingga seluruh model layak digunakan untuk proses deteksi hama pada tanaman hidroponik.
4. Dari sisi performa komputasi pada Raspberry Pi 4, model YOLOv8n 320 mampu dijalankan secara stabil dengan rata-rata penggunaan CPU sebesar 76,62%, RAM sebesar 20,24%, dan suhu prosesor sebesar 47,79°C selama



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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

pengujian reliabilitas selama 6 jam. Selama periode tersebut tidak ditemukan system crash, memory leak, maupun thermal throttling, sehingga sistem dinyatakan mampu bekerja secara stabil dan layak digunakan untuk pemantauan hama secara berkelanjutan pada lingkungan hidroponik.

5.2 Saran

Berdasarkan keterbatasan sistem yang ditemukan selama proses penelitian dan pengujian, berikut adalah beberapa saran untuk pengembangan selanjutnya:

1. Peningkatan Kualitas dan Variasi Dataset

Dataset yang digunakan sebaiknya diperluas dengan menambahkan variasi kondisi pencahayaan, seperti kondisi sangat terang, mendung, maupun pencahayaan rendah menggunakan bantuan lampu (LED ring atau flash). Selain itu, penambahan variasi sudut pengambilan gambar, jarak kamera, serta jumlah sampel setiap kelas hama diharapkan dapat meningkatkan kemampuan generalisasi model sehingga nilai precision, recall, dan F1-score menjadi lebih baik pada kondisi lapangan.

2. Peningkatan Kualitas Kamera

Penelitian selanjutnya disarankan menggunakan kamera dengan resolusi yang lebih tinggi serta dilengkapi fitur autofocus atau kualitas lensa yang lebih baik. Hal tersebut dapat menghasilkan citra yang lebih tajam sehingga objek hama berukuran kecil, seperti *whitefly* dan *winged aphid*, dapat dideteksi dengan lebih akurat serta mengurangi kemungkinan terjadinya false positive maupun false negative.

3. Pengembangan Sistem untuk implementasi dengan skala lebih luas

Sistem dapat dikembangkan agar mampu memantau area budidaya yang lebih luas dengan menambahkan jumlah lintasan gantry atau mengintegrasikan beberapa node Raspberry Pi dalam satu jaringan. Selain itu, penelitian selanjutnya dapat menambahkan fitur notifikasi otomatis dan analisis perkembangan populasi hama sebagai pendukung pengambilan keputusan dalam pengelolaan tanaman hidroponik.



DAFTAR PUSTAKA

- Adinda, D., Lubis, E.D.L.S., Harlin, F.I. dan Fevria, R., 2024. Budidaya Tanaman Bayam (*Amaranthus* spp.) Secara Hidroponik Menggunakan Sistem Nutrient Film Technique (NFT). *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, 3(2), pp. 1111–1119.
- Cantica, C., dkk., 2022. Sistem pemantauan dan kendali budidaya selada dalam ruangan pada media tanah berbasis Internet of Things. *Journal of Computing Engineering, System and Science*, 7(2), pp. 510–525.
- Carneiro, T., Da Nóbrega, R.V.M., Nepomuceno, T., Bian, G., De Albuquerque, V.H.C. dan Rebouças Filho, P.P., 2018. Performance analysis of Google Colaboratory as a tool for accelerating deep learning applications. *IEEE Access*, 6, pp. 61677–61685. doi: 10.1109/ACCESS.2018.2874767.
- Chen, C.J., Huang, Y.Y., Li, Y.S., Chang, C.Y. dan Huang, Y.M., 2020. An AIoT based smart agricultural system for pests detection. *IEEE Access*, 8, pp. 180750–180761. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3027471.
- Dai, M., Dorjoy, M.M.H., Miao, H. dan Zhang, S., 2023. A new pest detection method based on improved YOLOv5m. *Insects*, 14(1), p. 54. Tersedia di: <https://doi.org/10.3390/insects14010054>.
- Dinata, R., 2023. Implementasi algoritma YOLOv5 untuk deteksi hama belalang pada tanaman selada hidroponik. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, 8(2), pp. 101–110.
- Fandisyah, F., dkk., 2021. Deteksi Kapal di Laut Indonesia Menggunakan YOLOv3. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 10(1), pp. 45–52. doi: 10.12962/j23373520.v10i1.59312.
- Fecko, B., Vince, T. dan Darák, L., 2020. Design and realization of a feeder part of the automated production line. *Electromechanical and Energy Saving Systems*, 2(50), pp. 53–60. doi: 10.30929/2072-2052.2020.2.50.53-60.
- Goodfellow, I., Bengio, Y. dan Courville, A., 2016. *Deep Learning*. Cambridge: MIT Press.

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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

- Guo, Z., dkk., 2022. MSFT-YOLO: Improved YOLOv5 Based on Transformer for Detecting Defects of Steel Surface. *Sensors*, 22(9), p. 3467. doi: 10.3390/s22093467.
- Hakim, A., Srivastava, A.K., Hamza, A., Owais, M., Habib-ur-Rahman, M., Qadri, S., Qayyum, M.A., Khan, F.Z.A., Mahmood, M.T. dan Gaiser, T., 2025. Yolo-pest: an optimized YoloV8x for detection of small insect pests using smart traps. *Scientific Reports*, 15, art. 14029. doi: 10.1038/s41598-025-97825-3.
- Hidayanti, L. dan Kartika, T., 2019. Pengaruh Nutrisi AB Mix Terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L.) secara Hidroponik. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 16(2), pp. 166–175. doi: 10.31851/sainmatika.v16i2.3214.
- Jocher, G., Chaurasia, A. dan Qiu, J., 2023. *YOLO by Ultralytics (Version 8.0)* <https://github.com/ultralytics/ultralytics>.
- Kardinan, A., 2011. Penggunaan Pestisida Nabati Sebagai Kearifan Lokal Dalam Pengendalian Hama Tanaman Menuju Sistem Pertanian Organik. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 4(4), hlm. 262–278.
- Kartika, V.S., Aji, A.F., Kusumastuti, S., Rochmanto, R.A., Hidayat, S.N. dan Sadewa, A.P., 2025. Penerapan Smart Greenhouse Hidroponik Berbasis IoT Menggunakan EBT di Nuris Sunnah Farm. *ABSYARA: Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 6(1), pp. 52–60. doi: 10.29408/ab.v6i1.28692.
- Lazarevich, I., dkk., 2023. YOLOBench: Benchmarking Efficient Object Detectors on Embedded Systems. Dalam: *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV) Workshops*. Paris, Prancis, 2-6 Oktober 2023. New York: IEEE, pp. 1461-1470.
- Mahmud, M. dan Aprizal, Y., 2022. Penerapan Metode Rekayasa Sistem Jaringan Komputer dalam Merancang Blueprint Jaringan Komputer (Studi Kasus: Hotel Maxone Palembang). *Teknomatika*, 12(1), hlm. 13-22.
- Mubarok, S., dkk., 2021. Pertumbuhan dan hasil dua kultivar bayam pada sistem budidaya hidroponik untuk lahan sempit. *Jurnal Kultivasi*, 20(3), pp. 196-202. doi: 10.24198/kultivasi.v20i3.35123.



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

- Mureithi, D.M., Fiaboe, K.K.M., Ekesi, S. dan Meyhöfer, R., 2017. Important arthropod pests on leafy Amaranth (*Amaranthus viridis*, *A. tricolor* and *A. blitum*) and broad-leafed African nightshade (*Solanum scabrum*) with a special focus on host-plant ranges. *African Journal of Horticultural Science*, 11, pp. 1–17.
- Murshed, M.S., Murphy, C., Hou, D., Khan, N.A., Ananthanarayanan, G. dan Hussain, F., 2019. Machine Learning at the Network Edge: A Survey. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 54(8), hlm. 1-37. doi: 10.1145/3469029.
- Myers, G.J., Sandler, C. dan Badgett, T., 2011. *The Art of Software Testing*. Edisi ke-3. Hoboken: John Wiley & Sons.
- Nihui, 2017. *ncnn: A high-performance neural network inference computing framework optimized for mobile platforms*. <https://github.com/Tencent/ncnn>.
- Nugroho, B., Fajri, Pratama, B.M., dkk., 2025. Implementation of sparrow pest detection using YOLOv8 method on Raspberry Pi and Google Coral USB accelerator. *Sebatik*, 29(1), pp. 129–135. doi: 10.46984/sebatik.v29i1.2558.
- OmniVision Technologies, 2012. *OV5647 color CMOS 5-megapixel image sensor datasheet*. https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Dev/RaspberryPi/ov5647_full.pdf.
- Pallets Projects, 2024. *Flask documentation (3.1.x)*. <https://flask.palletsprojects.com/>.
- Parihar, Y., 2019. Internet of Things and Nodemcu: a Review of Use of Nodemcu ESP8266 in IoT Products. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (JETIR)*, 6(6), pp. 104-112. doi: 10.13140/RG.2.2.34456.75525.
- Parlika, R., Erayanti, A.E., Orissa, D.F., Ummam, M.A.I. dan Abrori, M.R., 2021. Studi Literatur Kaitan Antara Rekayasa Kebutuhan dan Rekayasa Sistem. *Jurnal Sistem Informasi dan Bisnis Cerdas (SIBC)*, 14(1), hlm. 37-44.



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

- Patterson, A.E., 2018. Nominal stiffness of GT-2 rubber-fiberglass timing belts for dynamic system modeling and design. *Robotics*, 7(4), p. 75. doi: 10.3390/robotics7040075.
- Prechelt, L., 2012. Early Stopping—But When?. Dalam: G. Montavon, G.B. Orr dan K.R. Müller, ed. *Neural Networks: Tricks of the Trade*. Edisi ke-2. Berlin: Springer, hal. 53–67.
- Raspberry Pi Ltd, 2024. *Camera hardware documentation*. <https://www.raspberrypi.com/documentation/accessories/camera.html>.
- Redmon, J. dan Farhadi, A., 2018. YOLOv3: An Incremental Improvement. *arXiv preprint arXiv:1804.02767*.
- Sakib, S., dkk., 2018. An Overview of Convolutional Neural Network: Its Architecture and Applications. *Preprints 2018*, 2018080116. doi: 10.20944/preprints201808.0116.v1.
- Sanders, J. dan Kandrot, E., 2010. *CUDA by Example: An Introduction to General-Purpose GPU Programming*. Boston: Addison-Wesley Professional.
- Sarwono, A.E. dan Handayani, A., 2021. *Metode Kuantitatif*. Surakarta: Unisri Press.
- Seni, A., 2018. Insect pests of amaranthus and their management. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 3(3), pp. 1100–1103. doi: 10.22161/ijeab/3.3.50.
- Setiawan, F.B., dkk., 2021. Pattern Recognition untuk Deteksi Posisi pada AGV Berbasis Raspberry Pi. *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi*, 10(1), pp. 76-83. doi: 10.22146/jnteti.v10i1.652.
- Shorten, C. dan Khoshgoftaar, T.M., 2019. A survey on Image Data Augmentation for Deep Learning. *Journal of Big Data*, 6(1), pp. 1-48. doi: 10.1186/s40537-019-0197-0.
- Terven, J., Córdova-Esparza, D. dan Romero-González, J.A., 2023. A Comprehensive Review of YOLO: From YOLOv1 to YOLOv8 and Beyond. *arXiv preprint arXiv:2304.00501*.
- Varghese, B., Wang, N., Barbhuiya, S., Kilpatrick, P. dan Nikolopoulos, D.S., 2019. Challenges and Opportunities in Edge Computing. Dalam: *2019*

IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP).
Washington, DC, USA, 12-15 Juni 2019. New York: IEEE, pp. 20-26.



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

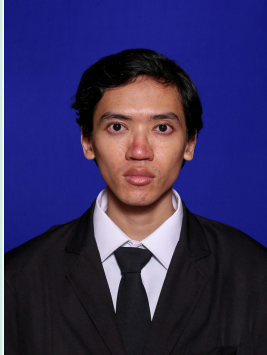


Hak Cipta :

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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Alfarizki Nurachman



Lahir pada tahun 2003 dan saat ini berdomisili di Jakarta. Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar (SD) pada tahun 2015, Sekolah Menengah Pertama (SMP) pada tahun 2018, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) pada tahun 2021. Pada tahun 2022, penulis berkesempatan untuk melanjutkan pendidikan Diploma IV pada Program Studi Teknik Multimedia dan Jaringan, Jurusan Teknik Informatika dan Komputer, Politeknik Negeri Jakarta. Selama menempuh pendidikan, penulis memiliki ketertarikan pada bidang *computer vision*, *artificial intelligence*, *Internet of Things* (IoT), dan pengembangan sistem berbasis *embedded system*.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Observasi dan Implementasi





© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 2. Dokumentasi Pengujian Model YOLOv8n dan YOLOv5s



Lampiran 3. Raw data pengujian reliabilitas

No	CPU Usage	RAM Usage	Suhu
1	82.6	22.3	44.8
2	82.9	22.4	44.8
3	84.8	22.5	44.3
4	85.7	22.5	45.8
5	85.4	22.3	44.8
6	83.9	22.2	44.3
7	85.6	22.3	44.8
8	84.4	22.1	44.8
9	84.8	22	45.8
10	84.5	22	45.3
11	85.8	21.8	46.3
12	83.7	21.9	46.7
13	84.9	21.8	45.3
14	80.9	21.7	46.3
15	83.7	21.8	46.3
16	84.1	21.7	45.3
17	84.3	21.7	46.3
18	85.5	21.7	46.7

© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

19	84.5	21.7	47.2
20	82.2	21.7	45.8
21	84	21.7	46.7
22	83.5	21.7	46.7
23	85.3	21.7	46.7
24	85.1	22.2	45.3
25	84.4	22.1	45.8
26	84.3	21.8	46.3
27	86.2	21.9	46.3
28	86.6	21.8	45.3
29	84.7	21.8	46.3
30	85	21.8	46.7
31	85.5	21.8	46.7
32	84.3	21.7	46.3
33	84.5	21.7	45.8
34	85.2	21.7	47.2
35	85	21.7	46.7
36	84.9	21.7	46.3
37	84.8	21.6	46.3
38	85.1	21.6	47.7
39	84.9	21.6	47.7



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

40	85.4	21.6	46.7
41	85	21.6	47.7
42	85.6	21.6	47.2
43	84.5	21.6	47.2
44	86	21.6	47.2
45	84.3	21.6	46.7
46	84.6	21.6	47.7
47	85.3	21.6	47.7
48	85.4	21.6	46.7
49	85.2	21.6	46.7
50	84.2	21.5	46.7
51	85.8	21.5	46.3
52	85.9	21.5	46.7
53	85.6	21.5	47.7
54	84.7	21.5	47.7
55	84.7	21.5	46.7
56	84.5	21.5	47.2
57	86.2	21.5	48.2
58	85.3	21.5	48.2
59	84.6	21.5	47.7
60	85.1	21.5	47.7



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

61	85.5	21.5	47.2
62	84.7	21.5	48.2
63	85.5	21.5	47.7
64	84	21.5	47.2
65	86.4	21.5	47.2
66	85.8	21.5	47.7
67	84.5	21.5	48.2
68	85.1	21.5	46.7
69	84.4	21.5	47.2
70	85.4	21.5	47.2
71	85.1	21.5	49.2
72	84.7	21.5	46.7
73	85.2	21.5	48.2
74	85.7	21.5	47.7
75	86	21.5	48.2
76	84.6	21.5	47.2
77	85.4	21.5	48.2
78	85.2	21.5	48.2
79	85.7	21.5	47.2
80	84.8	21.5	48.2
81	85.2	21.5	48.7



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

82	85	21.5	47.2
83	84.4	21.5	48.7
84	84.3	21.5	47.7
85	85.5	21.5	49.2
86	85.2	21.5	48.7
87	84.7	21.5	47.7
88	84.6	21.5	48.2
89	85	21.5	48.2
90	84.4	21.5	47.2
91	84.4	21.5	48.2
92	84.6	21.5	48.7
93	85.6	21.5	47.7
94	85.2	21.5	47.7
95	84.9	21.5	48.7
96	84.8	21.5	48.2
97	84.9	21.5	48.7
98	84.5	21.5	48.2
99	85.7	21.5	47.7
100	85.1	21.5	48.2



Lampiran 4. Pengujian Performa Perangkat dengan Model YOLOv8n 640

Timestamp	FPS	CPU Usage	RAM Usage	Suhu	Waktu Inferensi
2026-06-23 T11:59:44.1 70Z	1.43	82.6	22.3	44.8	0.7052
2026-06-23 T11:59:45.6 35Z	1.39	82.9	22.4	44.8	0.7011
2026-06-23 T11:59:47.0 22Z	1.37	84.8	22.5	44.3	0.6826
2026-06-23 T11:59:48.3 85Z	1.44	85.7	22.5	45.8	0.6603
2026-06-23 T11:59:49.7 56Z	1.47	85.4	22.3	44.8	0.673
2026-06-23 T11:59:51.1 51Z	1.45	83.9	22.2	44.3	0.6721
2026-06-23 T11:59:52.5 32Z	1.44	85.6	22.3	44.8	0.652
2026-06-23 T11:59:53.9 07Z	1.45	84.4	22.1	44.8	0.6763
2026-06-23 T11:59:55.2 69Z	1.45	84.8	22	45.8	0.6598
2026-06-23 T11:59:56.6	1.47	84.5	22	45.3	0.6724

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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

57Z					
2026-06-23 T11:59:58.0					
32Z	1.44	85.8	21.8	46.3	0.6602
2026-06-23 T11:59:59.4					
29Z	1.46	83.7	21.9	46.7	0.6598
2026-06-23 T12:00:00.7					
82Z	1.43	84.9	21.8	45.3	0.6647
2026-06-23 T12:00:02.2					
32Z	1.48	80.9	21.7	46.3	0.7185
2026-06-23 T12:00:03.6					
29Z	1.38	83.7	21.8	46.3	0.7029
2026-06-23 T12:00:05.0					
06Z	1.43	84.1	21.7	45.3	0.66
2026-06-23 T12:00:06.3					
83Z	1.46	84.3	21.7	46.3	0.6701
2026-06-23 T12:00:07.7					
31Z	1.45	85.5	21.7	46.7	0.6547
2026-06-23 T12:00:09.1					
17Z	1.48	84.5	21.7	47.2	0.6644
2026-06-23 T12:00:10.5					
15Z	1.44	82.2	21.7	45.8	0.6694



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

2026-06-23 T12:00:11.8 95Z	1.43	84	21.7	46.7	0.6776
2026-06-23 T12:00:13.3 06Z	1.45	83.5	21.7	46.7	0.6657
2026-06-23 T12:00:14.6 92Z	1.41	85.3	21.7	46.7	0.6709
2026-06-23 T12:01:47.1 65Z	1.46	85.1	22.2	45.3	0.6633
2026-06-23 T12:01:48.5 52Z	1.45	84.4	22.1	45.8	0.6778
2026-06-23 T12:01:49.9 23Z	1.44	84.3	21.8	46.3	0.671
2026-06-23 T12:01:51.2 79Z	1.48	86.2	21.9	46.3	0.657
2026-06-23 T12:01:52.6 29Z	1.47	86.6	21.8	45.3	0.6554
2026-06-23 T12:01:53.9 87Z	1.48	84.7	21.8	46.3	0.6612
2026-06-23 T12:01:55.3 55Z	1.48	85	21.8	46.7	0.6579
2026-06-23 T12:01:56.7	1.45	85.5	21.8	46.7	0.6664



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

15Z					
2026-06-23 T12:01:58.0					
80Z	1.48	84.3	21.7	46.3	0.6627
2026-06-23 T12:01:59.4					
57Z	1.47	84.5	21.7	45.8	0.653
2026-06-23 T12:02:00.8					
16Z	1.45	85.2	21.7	47.2	0.6587
2026-06-23 T12:02:02.1					
88Z	1.46	85	21.7	46.7	0.6718
2026-06-23 T12:02:03.5					
50Z	1.48	84.9	21.7	46.3	0.6503
2026-06-23 T12:02:04.9					
10Z	1.47	84.8	21.6	46.3	0.655
2026-06-23 T12:02:06.2					
79Z	1.46	85.1	21.6	47.7	0.6587
2026-06-23 T12:02:07.6					
47Z	1.45	84.9	21.6	47.7	0.6705
2026-06-23 T12:02:09.0					
02Z	1.48	85.4	21.6	46.7	0.6584
2026-06-23 T12:02:10.3					
69Z	1.46	85	21.6	47.7	0.6706



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

2026-06-23 T12:02:11.7 21Z	1.47	85.6	21.6	47.2	0.6615
2026-06-23 T12:02:13.1 03Z	1.46	84.5	21.6	47.2	0.6771
2026-06-23 T12:02:14.4 50Z	1.47	86	21.6	47.2	0.6515
2026-06-23 T12:02:15.8 14Z	1.46	84.3	21.6	46.7	0.6705
2026-06-23 T12:02:17.1 81Z	1.48	84.6	21.6	47.7	0.6608
2026-06-23 T12:02:18.5 51Z	1.47	85.3	21.6	47.7	0.6528
2026-06-23 T12:02:19.9 14Z	1.45	85.4	21.6	46.7	0.6628
2026-06-23 T12:02:21.2 65Z	1.48	85.2	21.6	46.7	0.6552
2026-06-23 T12:02:34.1 76Z	1.48	84.2	21.5	46.7	0.658

Lampiran 5. Pengujian Performa Perangkat dengan Model YOLOv8n 416

Timestamp	FPS	CPU Usage	RAM Usage	Suhu	Waktu Inferensi
2026-06-23 T13:00:15.9 07Z	2.91	79.6	20.8	46.7	0.3151
2026-06-23 T13:00:16.9 20Z	2.96	79.5	20.9	47.2	0.3185
2026-06-23 T13:00:17.9 52Z	2.95	78.6	20.9	47.7	0.3243
2026-06-23 T13:00:18.9 61Z	2.95	79.2	20.9	47.7	0.3166
2026-06-23 T13:00:19.9 88Z	2.96	79.3	20.9	47.2	0.3159
2026-06-23 T13:00:21.0 12Z	2.9	79.1	20.8	46.3	0.3261
2026-06-23 T13:00:22.0 30Z	2.96	80.1	20.8	47.2	0.3157
2026-06-23 T13:00:23.0 42Z	2.93	79.5	20.7	47.7	0.3218
2026-06-23 T13:00:24.0 52Z	2.98	79.7	20.6	47.7	0.3169
2026-06-23 T13:00:25.0 83Z	2.94	78.8	20.5	46.7	0.3212
2026-06-23 T13:00:26.0 91Z	2.96	79.5	20.5	46.7	0.3129
2026-06-23 T13:00:27.1 07Z	2.96	80	20.4	48.7	0.3188
2026-06-23	2.9	78.6	20.4	47.7	0.3186

© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

T13:00:28.1 39Z					
2026-06-23 T13:00:29.1 54Z	2.94	78	20.3	47.7	0.32
2026-06-23 T13:00:30.1 71Z	2.98	80.5	20.3	46.7	0.3141
2026-06-23 T13:00:31.1 82Z	2.96	80.4	20.3	46.7	0.3145
2026-06-23 T13:00:32.1 92Z	2.95	79.9	20.2	49.2	0.3182
2026-06-23 T13:00:33.2 11Z	2.95	78.7	20.2	46.7	0.3233
2026-06-23 T13:00:34.2 23Z	2.98	79.5	20.2	48.7	0.3154
2026-06-23 T13:00:35.2 38Z	2.95	80.5	20.2	47.7	0.3215
2026-06-23 T13:00:36.2 58Z	2.96	78.7	20.2	46.7	0.3205
2026-06-23 T13:00:37.2 79Z	2.9	78.6	20.2	47.2	0.3254
2026-06-23 T13:00:38.3 10Z	2.92	78.2	20.2	46.7	0.3214
2026-06-23 T13:00:39.3 20Z	2.96	79.8	20.2	48.2	0.3217
2026-06-23 T13:00:40.3 34Z	2.96	79.8	20.2	48.2	0.3242
2026-06-23 T13:00:41.3 39Z	3	80.1	20.1	48.2	0.3139



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

2026-06-23 T13:00:42.3 64Z	2.93	78.7	20.1	48.2	0.3282
2026-06-23 T13:00:43.3 76Z	2.96	80.1	20.1	48.2	0.3235
2026-06-23 T13:00:44.3 85Z	2.96	79.8	20.1	48.7	0.321
2026-06-23 T13:00:45.4 07Z	2.94	79.8	20.1	49.2	0.3237
2026-06-23 T13:00:46.4 20Z	2.97	79.5	20.1	47.2	0.3223
2026-06-23 T13:00:47.4 32Z	2.97	80.2	20.1	47.7	0.3181
2026-06-23 T13:00:48.4 56Z	2.93	79.1	20.1	48.7	0.3234
2026-06-23 T13:00:49.4 66Z	2.96	79.4	20.1	47.7	0.3189
2026-06-23 T13:00:50.4 77Z	2.97	79.6	20.1	47.7	0.3171
2026-06-23 T13:00:51.5 00Z	2.94	78.1	20.1	48.2	0.3284
2026-06-23 T13:00:52.5 13Z	2.95	79.1	20.1	48.2	0.3183
2026-06-23 T13:00:53.5 20Z	2.98	80.3	20.1	48.2	0.3171
2026-06-23 T13:00:54.5 44Z	2.98	77.9	20.1	48.2	0.3218
2026-06-23 T13:00:55.5	2.94	80.8	20.1	48.2	0.3173



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

53Z					
2026-06-23 T13:00:56.5					
66Z	2.97	79.2	20.1	48.2	0.3234
2026-06-23 T13:00:57.5					
97Z	2.94	78.4	20.1	48.2	0.3205
2026-06-23 T13:00:58.6					
04Z	2.93	79.6	20.1	47.7	0.3151
2026-06-23 T13:00:59.6					
20Z	2.96	79.5	20.1	49.2	0.3149
2026-06-23 T13:01:00.6					
33Z	2.97	79.4	20.1	47.7	0.3142
2026-06-23 T13:01:01.6					
44Z	2.95	79	20.1	48.7	0.3189
2026-06-23 T13:01:02.6					
58Z	2.96	79.7	20.1	49.2	0.3196
2026-06-23 T13:01:03.6					
68Z	2.97	79.7	20.1	47.7	0.3164
2026-06-23 T13:01:04.6					
83Z	2.96	79.5	20.1	48.2	0.3184
2026-06-23 T13:01:05.7					
04Z	2.95	80	20.1	47.7	0.3204

Lampiran 6. Pengujian Performa Perangkat dengan Model YOLOv8n 320

Timestamp	FPS	CPU Usage	RAM Usage	Suhu	Waktu Inferensi
2026-06-23 T15:01:50.5 68Z	4.38	75.3	20.5	45.3	0.2073
2026-06-23 T15:01:51.6 96Z	4.39	75.9	20.5	44.3	0.2039
2026-06-23 T15:01:52.8 19Z	4.45	76.1	20.6	44.8	0.2046
2026-06-23 T15:01:53.9 49Z	4.45	75.8	20.6	45.8	0.2051
2026-06-23 T15:01:55.1 02Z	4.43	75.1	20.6	45.3	0.2171
2026-06-23 T15:01:56.2 25Z	4.4	74.9	20.6	45.3	0.2147
2026-06-23 T15:01:57.3 39Z	4.42	77	20.5	45.3	0.2042
2026-06-23 T15:01:58.4 58Z	4.46	76.9	20.4	45.8	0.203
2026-06-23 T15:01:59.5 98Z	4.41	75.3	20.4	45.8	0.2047
2026-06-23 T15:02:00.7	4.43	76.7	20.4	46.3	0.2009

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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

18Z					
2026-06-23 T15:02:01.8					
40Z	4.47	75.5	20.3	44.8	0.203
2026-06-23 T15:02:02.9					
79Z	4.44	75.4	20.3	44.8	0.2057
2026-06-23 T15:02:04.1					
01Z	4.44	75.4	20.2	45.3	0.2059
2026-06-23 T15:02:05.2					
37Z	4.4	76.8	20.1	45.3	0.2101
2026-06-23 T15:02:06.3					
64Z	4.43	76	20.1	46.7	0.2035
2026-06-23 T15:02:07.4					
91Z	4.42	76	20	46.7	0.2032
2026-06-23 T15:02:08.6					
26Z	4.43	75	20	46.7	0.2037
2026-06-23 T15:02:09.7					
65Z	4.4	74.2	19.9	46.3	0.2017
2026-06-23 T15:02:10.8					
95Z	4.39	75.5	19.9	46.7	0.2026
2026-06-23 T15:02:12.0					
31Z	4.45	75.1	19.9	46.3	0.2045



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

2026-06-23 T15:02:13.1 55Z	4.43	75.2	19.9	44.8	0.2043
2026-06-23 T15:02:14.2 95Z	4.42	74.4	19.9	45.8	0.2061
2026-06-23 T15:02:15.4 45Z	4.38	75.7	19.9	45.3	0.2116
2026-06-23 T15:02:16.5 77Z	4.36	74.7	19.9	46.7	0.2093
2026-06-23 T15:02:17.7 03Z	4.46	75.8	19.9	46.3	0.2106
2026-06-23 T15:02:18.8 22Z	4.44	76.8	19.9	46.7	0.2072
2026-06-23 T15:02:19.9 46Z	4.48	75.9	19.9	46.3	0.2113
2026-06-23 T15:02:21.0 73Z	4.41	76.1	19.9	47.2	0.2037
2026-06-23 T15:02:22.2 21Z	4.38	74.4	19.9	46.3	0.2149
2026-06-23 T15:02:23.3 44Z	4.44	76.2	19.9	46.3	0.212
2026-06-23 T15:02:24.4	4.45	77.2	19.8	46.7	0.2072



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

58Z					
2026-06-23 T15:02:25.6					
04Z	4.39	74.7	19.9	46.3	0.2018
2026-06-23 T15:02:26.7					
37Z	4.38	75.2	19.8	46.7	0.2029
2026-06-23 T15:02:27.8					
64Z	4.44	75.2	19.8	46.3	0.201
2026-06-23 T15:02:28.9					
97Z	4.45	75.9	19.8	46.3	0.2031
2026-06-23 T15:02:30.1					
33Z	4.38	75.6	19.8	45.8	0.2081
2026-06-23 T15:02:41.4					
26Z	4.42	75	20.4	45.8	0.2003
2026-06-23 T15:02:42.5					
54Z	4.43	74.6	20.4	45.3	0.2042
2026-06-23 T15:02:43.6					
80Z	4.44	76.1	20.3	45.8	0.2055
2026-06-23 T15:02:44.8					
28Z	4.39	74.2	20.2	45.8	0.2194
2026-06-23 T15:02:45.9					
78Z	4.33	75.1	20.2	47.2	0.2092



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

2026-06-23 T15:02:47.1 12Z	4.42	75.1	20.1	46.3	0.2099
2026-06-23 T15:02:48.2 53Z	4.36	75	20.1	45.8	0.2149
2026-06-23 T15:02:49.3 73Z	4.46	76.2	20.1	45.8	0.2041
2026-06-23 T15:02:50.5 11Z	4.4	74.7	20	46.3	0.2062
2026-06-23 T15:02:51.6 54Z	4.36	75.5	20	47.2	0.2163
2026-06-23 T15:02:52.7 95Z	4.4	74.4	20	46.3	0.2047
2026-06-23 T15:02:53.9 17Z	4.44	75.5	20	46.7	0.2023
2026-06-23 T15:02:55.0 66Z	4.41	74.9	19.9	46.7	0.2102
2026-06-23 T15:02:56.2 04Z	4.35	75.9	19.9	46.3	0.2129



Lampiran 7. Pengujian Performa Perangkat dengan Model YOLOv5s 320

Timestamp	FPS	CPU Usage	RAM Usage	Suhu	Waktu Inferensi
2026-06-23T14:01:09.635Z	0.84	72	20.8	46.3	0.1158
2026-06-23T14:01:10.641Z	0.87	70.5	20.8	45.3	0.11272
2026-06-23T14:01:11.643Z	0.87	70.8	20.8	45.8	0.11272
2026-06-23T14:01:12.648Z	0.83	70.7	20.9	46.7	0.11795
2026-06-23T14:01:13.650Z	0.82	71.9	20.9	46.3	0.11975
2026-06-23T14:01:14.653Z	0.83	71.6	20.9	46.7	0.11827
2026-06-23T14:01:15.655Z	0.82	71.7	20.9	46.3	0.12013
2026-06-23T14:01:16.659Z	0.83	71	20.9	46.7	0.11832
2026-06-23T14:01:17.664Z	0.83	71.9	20.9	45.8	0.11832
2026-06-23T14:01:18.667Z	0.83	79.2	21.5	46.3	0.11919
2026-06-23T14:01:19.669Z	0.69	71.7	21.3	47.2	0.14299
2026-06-23T14:01:20.671Z	0.84	72.5	21.3	46.7	0.11693
2026-06-23T14:01:21.674Z	0.84	71.5	21.1	46.7	0.11693
2026-06-23T14:01:22.676Z	0.84	70.6	21	46.3	0.11739

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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

2026-06-23T1 4:01:23.679Z	0.83	72.4	20.9	46.7	0.11873
2026-06-23T1 4:01:24.681Z	0.83	72.6	20.6	46.7	0.11871
2026-06-23T1 4:01:25.683Z	0.83	71.5	20.4	46.7	0.11857
2026-06-23T1 4:01:26.686Z	0.84	71.8	20.6	46.3	0.11743
2026-06-23T1 4:01:27.689Z	0.84	70	20.4	46.7	0.11743
2026-06-23T1 4:01:28.696Z	0.83	70.7	20.5	46.3	0.11846
2026-06-23T1 4:01:29.698Z	0.85	71.6	20.7	47.7	0.11636
2026-06-23T1 4:01:30.708Z	0.84	72.8	20.5	47.7	0.11748
2026-06-23T1 4:01:31.712Z	0.86	72.3	20.4	46.7	0.11446
2026-06-23T1 4:01:32.718Z	0.85	70.8	20.3	47.7	0.116
2026-06-23T1 4:01:33.720Z	0.85	76.1	21.2	46.7	0.116
2026-06-23T1 4:01:34.722Z	0.76	68.7	21.2	47.7	0.12875
2026-06-23T1 4:01:35.725Z	0.82	71	21.2	47.2	0.12017
2026-06-23T1 4:01:36.730Z	0.83	69.9	21.2	47.2	0.1179
2026-06-23T1 4:01:37.732Z	0.83	70.6	21.2	46.7	0.11876
2026-06-23T1	0.86	70.8	20.9	48.2	0.11468



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

4:01:38.737Z					
2026-06-23T1					
4:01:39.743Z	0.94	65.8	20.8	47.2	0.10416
2026-06-23T1					
4:01:40.746Z	0.94	72.1	20.8	47.2	0.10416
2026-06-23T1					
4:01:41.748Z	0.85	69.7	20.8	47.2	0.11503
2026-06-23T1					
4:01:42.750Z	0.85	70.4	20.7	48.2	0.11557
2026-06-23T1					
4:01:43.753Z	0.86	70.9	20.7	47.2	0.11436
2026-06-23T1					
4:01:44.756Z	0.84	72.3	20.6	47.2	0.11721
2026-06-23T1					
4:01:45.758Z	0.83	69.2	20.8	45.8	0.11856
2026-06-23T1					
4:01:46.760Z	0.83	67.6	20.8	48.2	0.11835
2026-06-23T1					
4:01:47.765Z	0.83	70.7	20.8	46.7	0.11835
2026-06-23T1					
4:01:48.776Z	0.84	70.7	20.8	48.2	0.11621
2026-06-23T1					
4:01:49.779Z	0.85	70.7	20.6	46.7	0.11593
2026-06-23T1					
4:01:50.782Z	0.85	70.3	20.5	47.2	0.11505
2026-06-23T1					
4:01:51.787Z	0.83	69.9	20.6	46.7	0.11769
2026-06-23T1					
4:01:52.790Z	0.85	71.5	20.6	47.7	0.11591
2026-06-23T1					
4:01:53.798Z	0.85	70.1	20.7	47.2	0.11591



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

2026-06-23T1 4:01:54.802Z	0.82	69.8	20.8	47.2	0.11963
2026-06-23T1 4:01:55.804Z	0.83	69.8	20.6	46.3	0.11838
2026-06-23T1 4:01:56.812Z	0.82	70	20.9	47.2	0.11991
2026-06-23T1 4:02:09.842Z	0.84	68.7	20.2	46.3	0.11764
2026-06-23T1 4:02:10.849Z	0.84	69.4	20.6	47.2	0.11634

Lampiran 8. Source Code Skrip Raspberry Pi

```
import argparse
import base64
import cv2
import csv
import logging
import os
import threading
import time
import queue
import signal
import psutil
import socket

from datetime import datetime, timezone
from flask import Flask, Response
from picamera2 import Picamera2
from clients import create_protocol_client
from inference.processor import InferenceEngine
from hardware.serial_worker import esp8266_usb_worker

# ——— LOGGING CONFIGURATION

logging.basicConfig(
    level=logging.INFO,
    format="%(asctime)s [%(levelname)s] %(message)s",
    datefmt="%H:%M:%S",
)
```



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```
log = logging.getLogger("LokataniEdge")

app = Flask(__name__)

MODEL_REGISTRY = {
    "v8n_640": {"path": "models/best_v8n_ncnn_model",
    "imgsz": 640},
    "v8n_416": {"path": "models/yolov8n_best_416_ncnn_model",
    "imgsz": 416},
    "v8n_320": {"path": "models/yolov8n_best_320_ncnn_model",
    "imgsz": 320},
    "v5s_320": {"path": "models/yolov5s_best_320.pt",
    "imgsz": 320},
}

# ——— ARGUMENT PARSER

parser = argparse.ArgumentParser(description="Lokatani
Integrated Edge Stream & Cloud Gateway.")
parser.add_argument("--protocol", type=str, choices=["HTTP",
"WS", "MQTT"], default="HTTP", help="Protokol komunikasi
cloud")
parser.add_argument("--host", type=str, default="localhost",
help="IP/Hostname Cloud Backend")
parser.add_argument("--http-port", type=int, default=3000,
help="Port HTTP API")
parser.add_argument("--ws-port", type=int, default=8080,
help="Port WebSocket")
parser.add_argument("--broker", type=str, default=None,
help="MQTT Broker URL")
parser.add_argument("--api-key", type=str,
default="lokatani-edge-device-key", help="API Key autentikasi
device")
parser.add_argument("--serial-port", type=str,
default="/dev/ttyUSB0", help="Port USB Serial ESP8266")
parser.add_argument("--min-confidence", type=float,
default=0.25, help="Threshold minimum confidence YOLO")
parser.add_argument("--run-duration", type=int, default=0,
help="Durasi jalan dalam detik (0 = selamanya)")

parser.add_argument(
```



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

"--model",
choices=list(MODEL_REGISTRY.keys()),
default="v8n_320",
help="Pilih model yang dipakai untuk inferensi (default:
v8n_320) "
)

parser.add_argument(
    "--imgsz",
    type=int,
    default=None,
    help="Override ukuran input manual (opsional, default ikut
konfigurasi model) "
)

args, unknown = parser.parse_known_args()

model_cfg = MODEL_REGISTRY[args.model]
model_path = model_cfg["path"]
final_imgsz = args.imgsz if args.imgsz is not None else
model_cfg["imgsz"]

# — CONFIGURATION & STORAGE

RUN_TAG = args.model
BASE_OUTPUT_DIR = os.path.join("hasil_penguajian", RUN_TAG)
LOG_FILE = os.path.join(BASE_OUTPUT_DIR,
"hasil_penguajian_hama.csv")
IMAGE_SAVE_DIR = os.path.join(BASE_OUTPUT_DIR, "bukti_hama")
RAW_DATASET_DIR = os.path.join(BASE_OUTPUT_DIR, "raw_dataset")
PERF_LOG_FILE = os.path.join(BASE_OUTPUT_DIR,
"performa_sistem.csv")
ESP_CONNECT_TIMEOUT = 5

os.makedirs(IMAGE_SAVE_DIR, exist_ok=True)
os.makedirs(RAW_DATASET_DIR, exist_ok=True)

if not os.path.exists(LOG_FILE):
    with open(LOG_FILE, mode='w', newline='') as file:
        writer = csv.writer(file)
        writer.writerow([

```



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

        "Timestamp",
        "Session_ID",
        "File_Foto",
        "AI_Winged_Aphid",
        "AI_Whitefly",
        "Real_Winged_Aphid",
        "Real_Whitefly",
        "Waktu_Inferensi(s)",
        "Status_TP_FP_FN"
    ] )

# ——— DATA SHARE REPOSITORY (THREAD-SAFE CHANNELS)
# ———

global_frame_raw = None
global_frame_annotated = None

state_lock = threading.Lock()
frame_lock = threading.Lock()
shutdown_event = threading.Event()
_shutdown_in_progress = threading.Event()

io_queue = queue.Queue(maxsize=50)

shared_state = {
    "esp_hardware_ready": False,
    "esp_handshake_done": False,
    "is_scanning": False,
    "session_id":
f"LOCAL_BOOT_{datetime.now().strftime('%Y%m%d_%H%M%S')}",
    "internet_connected": False,
    "is_cloud_active": False,
    "last_inf_time": 0.0,
    "current_cpu_util": 0.0,
    "current_ram_util": 0.0,
    "current_cpu_temp": 25.0,
}

# ——— HARDWARE & MODEL INITIALIZATION
# ———

picam2 = Picamera2()
```



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

config = picam2.create_preview_configuration(main={"format":
"BGR888", "size": (1280, 960)})
picam2.configure(config)
picam2.set_controls({
    "AeConstraintMode": 1,
    "AeExposureMode": 0,
    "AwbMode": 0,
    "Saturation": 1.3,
    "Contrast": 1.2,
    "Sharpness": 2.0,
})
picam2.start()

engine = InferenceEngine(model_path, args.min_confidence,
imgsz=final_imgsz)
log.info(f"🚀 Model [{args.model}] dimuat | path={model_path}
| imgsz={final_imgsz}")

# — CORE CAMERA BACKGROUND WORKER

def camera_stream_worker():
    global global_frame_raw
    log.info("🚀 Background Camera Worker started.")
    while not shutdown_event.is_set():
        try:
            frame_rgb = picam2.capture_array()
            with frame_lock:
                global_frame_raw = frame_rgb
            time.sleep(0.03)
        except Exception as e:
            log.error(f"Error pada thread kamera: {e}")
            time.sleep(1)

def check_internet_connection(host="1.1.1.1", port=53,
timeout=3.0) -> bool:
    try:
        socket.setdefaulttimeout(timeout)
        with socket.create_connection((host, port),
timeout=timeout):
            return True
    except OSError:

```



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

        return False

def network_watchdog_worker():
    log.info("🌐 Network Access Watchdog Worker started.")
    last_state = False

    initial_check = check_internet_connection()
    with state_lock:
        shared_state["internet_connected"] = initial_check
    last_state = initial_check

    if initial_check:
        log.info("🌐 [Network Status]: Terkoneksi ke Internet Global.")
    else:
        log.warning("🌐 [Network Status]: Offline / Tidak ada akses internet.")

    while not shutdown_event.is_set():
        try:
            current_state =
check_internet_connection(host="1.1.1.1", port=53,
timeout=2.0)

            if current_state != last_state:
                with state_lock:
                    shared_state["internet_connected"] =
current_state

                if current_state:
                    log.info("🌐 [Network Event]: RPi BERHASIL TERKONEKSI KE INTERNET (Akses WAN Aktif).")
                else:
                    log.warning("🌐 [Network Event]: RPi KEHILANGAN AKSES INTERNET (Koneksi Terputus).")

            last_state = current_state

            time.sleep(3.0)
        except Exception as e:

```



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

log.error(f"Error pada Network Watchdog Worker:
{e}")

time.sleep(5)

# ——— STATS OVERLAY HELPERS
—————

_fps_counter = {"count": 0, "last_time": time.time(), "fps":
0.0}
_fps_lock = threading.Lock()

def update_fps():
    with _fps_lock:
        _fps_counter["count"] += 1
        now = time.time()
        elapsed = now - _fps_counter["last_time"]
        if elapsed >= 1.0:
            _fps_counter["fps"] = round(_fps_counter["count"]
/ elapsed, 2)
            _fps_counter["count"] = 0
            _fps_counter["last_time"] = now

def get_cpu_temp():
    try:
        with open("/sys/class/thermal/thermal_zone0/temp",
"r") as f:
            return round(int(f.read().strip()) / 1000, 1)
    except Exception:
        return None

# ——— PERFORMANCE LOGGER
—————

def perf_logger_worker():
    log.info("📊 Performance Logger Worker started.")
    with open(PERF_LOG_FILE, mode='a', newline='') as f:
        writer = csv.writer(f)
        while not shutdown_event.is_set():
            try:
                with _fps_lock:
                    fps = _fps_counter["fps"]

```



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

timestamp =
datetime.now(timezone.utc).strftime('%Y-%m-%dT%H:%M:%S.%f')[:-
3] + 'Z'

cpu = psutil.cpu_percent(interval=None)
ram = psutil.virtual_memory().percent
suhu = get_cpu_temp()

with state_lock:
    shared_state["current_cpu_util"] = cpu
    shared_state["current_ram_util"] = ram
    if suhu is not None:
        shared_state["current_cpu_temp"] =
suhu

        inf_time =
shared_state.get("last_inf_time", 0.0)

        writer.writerow([timestamp, fps, cpu, ram,
suhu if suhu is not None else "", f"{inf_time:.4f}"])
        f.flush()
        time.sleep(1.0)
    except Exception as e:
        log.error(f"Error pada Performance Logger:
{e}")

        time.sleep(1)

# — I/O & CLOUD WORKER (CONSUMER THREAD)

def io_worker(client):
    log.info("📦 Background I/O Worker started.")

    with open(LOG_FILE, mode='a', newline='') as file:
        writer = csv.writer(file)

        while True:
            try:
                data_paket = io_queue.get()

                if data_paket is None:
                    io_queue.task_done()
                    break

```



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

writer.writerow(data_paket['csv_row'])
file.flush()

if data_paket['image_to_save'] is not None:
    cv2.imwrite(data_paket['filepath'],
data_paket['image_to_save'], [cv2.IMWRITE_JPEG_QUALITY, 85])

if data_paket.get('raw_image_to_save') is not
None:
    cv2.imwrite(data_paket['raw_filepath'],
data_paket['raw_image_to_save'], [cv2.IMWRITE_JPEG_QUALITY,
85])

    with state_lock:
        is_network_up =
shared_state["internet_connected"]

        if data_paket['send_to_cloud'] and client and
is_network_up:
            try:
                img_to_encode =
data_paket['image_to_save'] if data_paket['image_to_save'] is
not None else data_paket['fallback_raw_image']
                ret, jpeg_buf = cv2.imencode('.jpg',
img_to_encode, [cv2.IMWRITE_JPEG_QUALITY, 85])

                if ret:
                    b64_str =
base64.b64encode(jpeg_buf.tobytes()).decode("utf-8")
                    payload_data = {
                        "scan_session_id":
data_paket['session_id'],
                        "timestamp":
data_paket['timestamp'],
                        "image_base64":
f"data:image/jpeg;base64,{b64_str}",
                        "detections":
data_paket['detections'],
                        "min_confidence":
args.min_confidence
                    }

```



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

client.send_detection(data_paket['session_id'], payload_data)
    log.info(f"🔥 Cloud: Data dikirim
[{{data_paket['filename']}}]")
    except Exception as e:
        log.error(f"⚠️ Gagal mengirim data ke
cloud: {e}")

    io_queue.task_done()

    except Exception as e:
        log.error(f"Error pada I/O Worker: {e}")

def esp_watchdog(client):
    log.info(f"⌚ ESP Watchdog aktif – menunggu handshake maks
{ESP_CONNECT_TIMEOUT} detik...")
    deadline = time.time() + ESP_CONNECT_TIMEOUT

    while time.time() < deadline:
        with state_lock:
            if shared_state["esp_handshake_done"]:
                log.info("✅ ESP terdeteksi – mode:
ESP-Controlled.")
                return
            time.sleep(0.5)

    new_session = None
    if client:
        try:
            new_session = client.start_session()
        except Exception as e:
            log.error(f"⚠️ Gagal inisialisasi sesi cloud saat
boot (Server offline/RTO): {e}")

    with state_lock:
        if not shared_state["esp_handshake_done"]:
            shared_state["is_scanning"] = True
            if new_session:
                shared_state["session_id"] = new_session
                shared_state["is_cloud_active"] = True

```



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

log.info(f"☁ [STANDALONE CLOUD] Sesi server
aktif: #{new_session}")
    else:
        shared_state["session_id"] =
f"STANDALONE_{datetime.now().strftime('%Y%m%d_%H%M%S')}"
        shared_state["is_cloud_active"] = False
        log.warning("☁ [STANDALONE LOCAL] Cloud
tidak tersedia, simpan lokal.")
        log.warning("⚠ ESP tidak terdeteksi → STANDALONE MODE
aktif, scanning berjalan otomatis.")

# — PIPELINE ENGINE: INFERENCE & DATA PACKAGING WORKER

def ai_inference_worker():
    global global_frame_annotated
    log.info("🚀 Background AI Inference Worker started.")
    last_save_time = 0
    last_sent_time = 0
    SAVE_INTERVAL = 5.0
    SEND_INTERVAL = 3.0

    while not shutdown_event.is_set():
        try:
            with state_lock:
                current_scanning = shared_state["is_scanning"]
                current_session_id =
shared_state["session_id"]
                current_cloud_active =
shared_state["is_cloud_active"]

                if not current_scanning:
                    time.sleep(0.1)
                    continue

            with frame_lock:
                if global_frame_raw is None:
                    time.sleep(0.01)
                    continue
                local_raw = global_frame_raw.copy()

```



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

annotated_img, detections, counts, inf_time,
cropped_raw = engine.detect_and_process(local_raw)
update_fps()

with frame_lock:
    global_frame_annotated = annotated_img.copy()

count_winged_aphids = counts.get("winged_aphid",
0)

count_whitefly = counts.get("whitefly", 0)

with state_lock:
    shared_state["last_inf_time"] = inf_time

timestamp_sekarang =
datetime.now(timezone.utc).strftime('%Y-%m-%dT%H:%M:%S.%f')[:-
3] + 'Z'

current_time = time.time()
hama_detected = (count_winged_aphids > 0 or
count_whitefly > 0)

should_send = (current_time - last_sent_time >=
SEND_INTERVAL)

filename = "-"
if hama_detected or (current_time - last_save_time
>= SAVE_INTERVAL):
    waktu_detail =
datetime.now().strftime("%Y%m%d-%H%M%S_%f")[:-3]
    if hama_detected:
        filename =
f"hama_{waktu_detail}_A{count_winged_aphids}_K{count_whitefly}
.jpg"
    else:
        filename = f"negatif_{waktu_detail}.jpg"

if current_scanning:
    img_save_payload = annotated_img.copy() if
filename != "-" else None
    raw_save_payload = cropped_raw.copy() if
filename != "-" else None

```



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

        fallback_payload = annotated_img.copy() if
(should_send and current_cloud_active and filename == "-")
    else None

    paket = {
        'csv_row': [
            timestamp_sekarang,
            current_session_id,
            filename,
            count_winged_aphids,
            count_whitefly,
            "",
            "",
            f"{inf_time:.4f}",
            ""
        ],
        'image_to_save': img_save_payload,
        'raw_image_to_save': raw_save_payload,
        'fallback_raw_image': fallback_payload,
        'filepath': os.path.join(IMAGE_SAVE_DIR,
filename) if filename != "-" else "",
        'raw_filepath':
os.path.join(RAW_DATASET_DIR, filename.replace('.jpg',
'_raw.jpg')) if filename != "-" else "",
        'send_to_cloud': should_send and
current_cloud_active,
        'session_id': current_session_id,
        'timestamp': timestamp_sekarang,
        'detections': detections,
        'filename': filename
    }

    try:
        io_queue.put(paket, timeout=0.1)
    except queue.Full:
        log.warning("⚠ Antrean I/O Penuh!
Melewati frame ini biar AI gak ngelag.")

    if filename != "-":
        last_save_time = current_time
    if should_send:

```



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

        last_sent_time = current_time

        time.sleep(0.01)

    except Exception as e:
        log.error(f"Error pada thread AI Inference Worker:
        {e}")

        time.sleep(1)

# — FLASK STREAMING GENERATOR

def gen_frames():
    log.info("📺 Client baru terhubung ke Flask Live Stream.")
    while True:
        with frame_lock:
            if global_frame_annotated is None:
                time.sleep(0.04)
                continue

            frame_bgr = global_frame_annotated.copy()

        with state_lock:
            scanning = shared_state.get("is_scanning", False)
            cloud = shared_state.get("is_cloud_active", False)
            cpu = shared_state.get("current_cpu_util", 0.0)
            ram = shared_state.get("current_ram_util", 0.0)
            suhu = shared_state.get("current_cpu_temp", 25.0)

        with _fps_lock:
            fps = _fps_counter["fps"]

        overlay_lines = [
            f"FPS: {fps:.1f}",
            f"CPU: {cpu:.1f}% RAM: {ram:.1f}%",
            f"Suhu: {suhu:.1f}C",
            f"Scan: {'ON' if scanning else 'OFF'} Cloud:
            {'ON' if cloud else 'OFF'}",
        ]

        y = 20
        for line in overlay_lines:
            cv2.putText(frame_bgr, line, (10, y),

```



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.55, (0, 0,
0), 3)

cv2.putText(frame_bgr, line, (10, y),
cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX, 0.55, (0,
255, 0), 1)
y += 22

ret, buffer = cv2.imencode('.jpg', frame_bgr,
[cv2.IMWRITE_JPEG_QUALITY, 70])
if not ret:
    time.sleep(0.04)
    continue

yield (b'--frame\r\n'
      b'Content-Type: image/jpeg\r\n\r\n' +
buffer.tobytes() + b'\r\n')

time.sleep(0.04)

shutdown_lock = threading.Lock()

def graceful_shutdown(signum=None, frame=None):
    if not shutdown_lock.acquire(blocking=False):
        return

    if shutdown_event.is_set():
        return

    log.warning(f"🛑 Sinyal shutdown ({signum}) diterima -
memicu event stop ke semua thread...")

    shutdown_event.set()

    try:
        io_queue.put(None, timeout=1.0)
    except queue.Full:
        log.warning("⚠️ Antrean penuh, poison pill terpaksa
dilewati.")

    log.info("🕒 Menunggu io_worker mengosongkan sisa buffer
ke SD Card...")

```



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

timeout_deadline = time.time() + 5.0
while not io_queue.empty() and time.time() <
timeout_deadline:
    time.sleep(0.1)

    if not io_queue.empty():
        log.warning("⚠️ Batas waktu habis! Sisa antrean
terpaksa di-drop demi stabilitas sistem.")

    try:
        picam2.stop()
        log.info("📷 Perangkat keras kamera berhasil
dilepaskan.")
    except Exception as e:
        log.error(f"Gagal menghentikan kamera: {e}")

    if cloud_client and hasattr(cloud_client, "close"):
        try:
            cloud_client.close()
            log.info("🔌 Soket komunikasi cloud berhasil
ditutup.")
        except Exception as e:
            log.error(f"Gagal menutup client cloud secara
bersih: {e}")

    log.info("✅ Semua resource selesai dibersihkan. Keluar.")
    os._exit(0)

@app.route('/')
def index():
    return Response(gen_frames(),
mimetype='multipart/x-mixed-replace; boundary=frame')

# ——— MAIN ENTRY POINT ———

if __name__ == '__main__':

    log.info("=====
=====")

```



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

log.info("  Lokatani Edge Runtime - Raspberry Pi
Initialization  ")

log.info("=====
==")

cloud_client = create_protocol_client(
    protocol_type=args.protocol,
    host=args.host,
    http_port=args.http_port,
    ws_port=args.ws_port,
    broker=args.broker,
    api_key=args.api_key
)

signal.signal(signal.SIGTERM, graceful_shutdown)
signal.signal(signal.SIGINT, graceful_shutdown)

threads = [
    threading.Thread(target=camera_stream_worker,
daemon=True),
    threading.Thread(target=ai_inference_worker,
daemon=True),
    threading.Thread(target=perf_logger_worker,
daemon=True),
    threading.Thread(target=io_worker,
args=(cloud_client,), daemon=True),
    threading.Thread(target=esp8266_usb_worker,
args=(args, state_lock, shared_state, cloud_client, log),
daemon=True),
    threading.Thread(target=esp_watchdog,
args=(cloud_client,), daemon=True),
    threading.Thread(target=network_watchdog_worker,
daemon=True)
]

for t in threads:
    t.start()

if args.run_duration > 0:
    def auto_shutdown():

```



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

time.sleep(args.run_duration)
log.info(f"🕒 Durasi {args.run_duration} detik
selesai – sistem mati otomatis.")
os.kill(os.getpid(), signal.SIGTERM)
threading.Thread(target=auto_shutdown,
daemon=True).start()
log.info(f"🕒 Auto-shutdown aktif dalam
{args.run_duration} detik.")

app.run(host='0.0.0.0', port=5000, threaded=True,
debug=False)

```

Lampiran 9. Source Code Skrip Raspberry Pi Lanjutan

```

import cv2
import time
import logging
import os
os.environ["OMP_NUM_THREADS"] = "3"
from ultralytics import YOLO

log = logging.getLogger("LokataniEdge.Inference")

class InferenceEngine:
    def __init__(self, model_path, min_conf=0.25, imgsz=320):
        log.info(f"🔄 Menginisialisasi YOLO Engine menggunakan
model: {model_path}")
        self.model = YOLO(model_path)
        self.min_conf = min_conf
        self.imgsz = imgsz

        if not self.model.names:
            log.warning("⚠️ Metadata kelas tidak ditemukan
pada file Mengaktifkan fallback mapping.")
            self.class_mapping = {
                0: "whitefly",
                1: "winged_aphid"
            }
        else:
            self.class_mapping = self.model.names

```



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

log.info(f"✅ Pemetaan Kelas Terkonfigurasi:
{self.class_mapping}")

def detect_and_process(self, frame_rgb):
    img_bgr = cv2.cvtColor(frame_rgb, cv2.COLOR_RGB2BGR)

    h, w = img_bgr.shape[:2]
    cy1, cy2 = h//4, 3*h//4
    cx1, cx2 = w//4, 3*w//4
    cropped_frame = img_bgr[cy1:cy2, cx1:cx2]

    t_input = time.time()
    results = self.model(
        cropped_frame,
        imgsz=self.imgsz,
        conf=self.min_conf,
        verbose=False,
        workers=0
    )
    inference_time = time.time() - t_input

    detected_boxes = results[0].boxes
    payload = []
    counts = {"whitefly": 0, "winged_aphid": 0}

    for box in detected_boxes:
        conf = float(box.conf[0])
        cls_id = int(box.cls[0])

        cls_name = self.class_mapping.get(cls_id,
f"class_{cls_id}")

        if cls_name in counts:
            counts[cls_name] += 1

    bx1, by1, bx2, by2 = box.xyxy[0].tolist()

    payload.append({
        "class_name": cls_name,
        "confidence": round(conf, 4),
        "bbox": [

```



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

        round(bx1, 1),
        round(by1, 1),
        round(bx2 - bx1, 1),
        round(by2 - by1, 1)

    ],
    })

    annotated_img = results[0].plot()

    return annotated_img, payload, counts, inference_time,
cropped_frame

```

Lampiran 10. Source Code Skrip Raspberry Pi Lanjutan

```

import time
import serial
import logging
from datetime import datetime

def esp8266_usb_worker(args, state_lock, shared_state, client,
log=None):
    if log is None:
        log = logging.getLogger("LokataniEdge.Serial")

    ser = None
    last_ping_time = 0
    last_direction = b'1'

    while True:
        try:
            if ser is None or not ser.is_open:
                try:
                    ser = serial.Serial()
                    ser.port = args.serial_port
                    ser.baudrate = 115200
                    ser.timeout = 0.1

                    ser.dtr = False
                    ser.rts = False
                    ser.open()

```



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

log.info("⌚ Port terbuka. Memberikan jeda
2 detik untuk inisialisasi hardware ESP...")
time.sleep(2)

ser.reset_input_buffer()
ser.reset_output_buffer()

with state_lock:
    shared_state["esp_hardware_ready"] =
True

log.info(f"🔌 Koneksi Fisik Terbuka di
port {args.serial_port}. Menunggu sinkronisasi...")
except Exception as e:
    ser = None
    with state_lock:
        shared_state["esp_hardware_ready"] =
False

        shared_state["esp_handshake_done"] =
False

    time.sleep(5)
    continue

now = time.time()

if now - last_ping_time > 1.5:
    if ser and ser.is_open:
        try:
            with state_lock:
                is_handshaked =
shared_state["esp_handshake_done"]

            if not is_handshaked:
                log.info("👋 Mengirim interupsi
jabat tangan 'P\\n' ke ESP8266...")

                ser.write(b'P\\n')
                ser.flush()
                last_ping_time = now
        except (serial.SerialException, OSError)
as e:

```



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

log.error(f"Koneksi terputus saat
ping: {e}")

ser.close()
ser = None

else:
    ser = None

if ser.in_waiting > 0:
    try:
        raw_data = ser.read_until(b'\n')
        if not raw_data:
            continue
        trigger = raw_data.decode("utf-8",
errors='ignore').strip().upper()

        if trigger.startswith("ERROR_"):
            log.warning(f"⚠ [ESP ERROR]
{trigger}")

            with state_lock:
                if
shared_state["esp_handshake_done"] :
                    shared_state["is_scanning"] =
False

shared_state["is_cloud_active"] = False

        last_direction = b'2' if
last_direction == b'1' else b'1'
        arah_label = "MAJU" if last_direction
== b'1' else "MUNDUR"

        log.warning(f"🔄 Recovery: retry ke
arah {arah_label} dalam 3 detik...")

        time.sleep(3)

    try:
        ser.write(last_direction)
        ser.flush()
        log.info(f"📡 Recovery dikirim:
'{last_direction.decode()}'")
    except Exception as e:

```



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

log.error(f"Gagal recovery: {e}")

        continue

        if trigger not in ["SYSTEM_READY",
"START", "END", "PAUSED", "RESUMED"]:
            log.debug(f"ESP Debug: {trigger}")
            continue
    except Exception as e:
        log.error(f"Error membaca serial: {e}")
        ser.close()
        ser = None
        continue

    if trigger == "SYSTEM_READY":
        with state_lock:
            is_already_ready =
shared_state["esp_handshake_done"]

            if not is_already_ready:
                log.info("📦 [HANDSHAKE SUCCESS]
ESP8266 Merespon Sinyal Kesiapan Awal.")
                ser.write(b'1')
                last_direction = b'1'
                log.info("📦 Instruksi '1' (MAJU)
dikirim ke Driver Motor.")
                with state_lock:
                    shared_state["esp_handshake_done"]
= True

                    shared_state["is_scanning"] = True
            else:
                pass

        elif trigger == "START":
            last_direction = b'2' if last_direction ==
b'1' else b'1'

            log.info("🟢 Perintah START Diterima dari
Gantry. Membuka Sesi Baru.")
            new_session = None
            if client:
                new_session = client.start_session()

```



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

with state_lock:
    shared_state["is_scanning"] = True
    if new_session:
        shared_state["session_id"] =
new_session

        shared_state["is_cloud_active"] =
True

        log.info(f"      [CLOUD CONNECTED] ID
Sesi Server: #{new_session}")
    else:
        local_id =
f"LOCAL_{datetime.now().strftime('%Y%m%d_%H%M%S')}"
        shared_state["session_id"] =
local_id

        shared_state["is_cloud_active"] =
False

        log.warning(f"      [OFFLINE MODE]
Sesi Dialihkan ke Penyimpanan Lokal: {local_id}")

    elif trigger == "END":
        log.info(f"● Perintah END Diterima.
Menghentikan Pengambilan Gambar Sementara.")
        with state_lock:
            active_session =
shared_state["session_id"]
            was_cloud_active =
shared_state["is_cloud_active"]
            shared_state["is_scanning"] = False
            shared_state["is_cloud_active"] =
False

            shared_state["session_id"] =
f"LOCAL_IDLE_{datetime.now().strftime('%Y%m%d_%H%M%S')}"

        if was_cloud_active and client:
            try:
                client.end_session(active_session)
            except Exception:
                pass

    elif trigger in ["PAUSED", "RESUMED"]:
```



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

        with state_lock:
            shared_state["is_scanning"] = (trigger
            == "RESUMED")

            log.info(f"i Status Mekanik Rel Berubah:
            {trigger}")

            time.sleep(0.02)

    except Exception as e:
        log.error(f"Kesalahan Fatal pada Worker: {e}")
        with state_lock:
            shared_state["esp_hardware_ready"] = False
            shared_state["esp_handshake_done"] = False

        if ser:
            ser.close()
            ser = None
        time.sleep(2)

```

Lampiran 11. Source Code Skrip Raspberry Pi Lanjutan

```

import json
import logging
import threading
import time
from clients.base import BaseCloudClient

log = logging.getLogger("LokataniEdge.MQTT")

class MQTTClient(BaseCloudClient):
    def __init__(self, host, broker_url_arg, api_key):
        import paho.mqtt.client as paho_mqtt
        self._paho = paho_mqtt
        self.api_key = api_key

        broker_url = broker_url_arg or f"mqtt://{host}:1883"
        clean_url = broker_url.replace("mqtt://", "")
        broker_host = clean_url.split(":")[0]
        broker_port = int(clean_url.split(":")[-1]) if ":" in
        clean_url else 1883

        self._client = paho_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 mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

        client_id=f"lokatani-rpiw-{int(time.time())}",
        protocol=paho_mqtt.MQTTv311,
    )
    self._responses = {}
    self._events = {}
    self._lock = threading.Lock()

    self._client.on_connect = self._on_connect
    self._client.on_disconnect = self._on_disconnect
    self._client.on_message = self._on_message

    self._client.connect(broker_host, broker_port, 60)
    self._client.loop_start()

    def _on_connect(self, client, userdata, flags, rc):
        if rc == 0:
            log.info(f"👉 [MQTT Connected] Berhasil
terhubung/reconnect ke broker.")
            self._client.subscribe([
                ("lokatani/detect/down", 0),
                ("lokatani/session/ack", 1),
            ])
        else:
            log.error(f"❌ [MQTT Connect Error] Gagal
terhubung, kode hasil: {rc}")

    def _on_disconnect(self, client, userdata, rc):
        if rc != 0:
            log.warning(f"⚠️ [MQTT Disconnected] Koneksi
terputus tak wajar. Auto-reconnect aktif...")
        else:
            log.info(f"👉 [MQTT Disconnected] Klien ditutup
secara normal.")

    def _on_message(self, client, userdata, msg):
        try:
            payload = json.loads(msg.payload.decode())
            action = payload.get("action", msg.topic)
            with self._lock:
                self._responses[action] = payload
                if action in self._events:

```



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

        self._events[action].set()
    except Exception as e:
        log.error(f"⚠️ [MQTT Parse Error] Gagal memetakan
payload masuk: {e}")

    def _wait_for(self, action, timeout=10):
        event = threading.Event()
        with self._lock:
            self._events[action] = event
        if not event.wait(timeout):
            raise TimeoutError(f"⌚ [MQTT Timeout] Menunggu
ACK untuk aksi: {action}")
        with self._lock:
            return self._responses.pop(action, None)

    def start_session(self) -> str:
        try:
            if not self._client.is_connected():
                raise ConnectionError("Broker sedang luring
(Offline).")
            payload = {"api_key": self.api_key, "protokol":
"MQTT"}
            self._client.publish("lokotani/session/start",
json.dumps(payload), qos=1)
            resp = self._wait_for("session_started")
            return resp["data"]["sessionId"]
        except Exception as e:
            log.error(f"❌ [MQTT Session] Gagal
mempublikasikan start session: {e}")
            return None

    def send_detection(self, session_id: str, payload_data:
dict) -> dict:
        try:
            if not self._client.is_connected():
                raise ConnectionError("MQTT Broker Offline
(Menunggu pemulihan otomatis...)")

            payload = {
                "api_key": self.api_key,
                "timestamp": payload_data.get("timestamp"),

```



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

        "image_base64": payload_data["image_base64"],
        "detections": payload_data["detections"],
        "scan_session_id": session_id,
        "min_confidence":
payload_data.get("min_confidence", 0.25),
    }

    msg_info =
self._client.publish("lokatani/detect/up",
json.dumps(payload), qos=0)
    if msg_info.rc != self._paho.MQTT_ERR_SUCCESS:
        raise RuntimeError(f"Paho MQTT Internal Error
Code: {msg_info.rc}")

    return {"latency_ms": "N/A (QoS 0)"}
except Exception as e:
    raise Exception(f"✗ [MQTT Detect] {e}")

def end_session(self, session_id: str) -> dict:
    try:
        if not self._client.is_connected():
            raise ConnectionError("Broker sedang luring
(Offline).")
        payload = {"api_key": self.api_key, "session_id":
session_id}
        self._client.publish("lokatani/session/end",
json.dumps(payload), qos=1)
        resp = self._wait_for("session_ended")
        return resp.get("data", {})
    except Exception as e:
        log.error(f"✗ [MQTT Session] Gagal
mempublikasikan end session: {e}")
        return None

def close(self):
    self._client.loop_stop()
    self._client.disconnect()

```



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 12. Source Code Skrip ESP8266

```
const int pinStep      = 12;
const int pinDir       = 13;

const int pinLimitMaju  = 5;
const int pinLimitMundur = 4;

const int JEDA_SPEED_MOTOR = 6000;
const unsigned long TIMEOUT_S_REL = 90000;
const unsigned long TIMEOUT_RASPI = 5000;
unsigned long waktuKomunikasiTerakhir = 0;

bool sistemAktif = false;
bool statusPause = false;
char arahSiklus = '1';

unsigned long waktuMulaiSiklus = 0;
unsigned long waktuTerpause = 0;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  delay(500);
  Serial.flush();
  while (!Serial) { ; }

  pinMode(pinStep, OUTPUT);
  pinMode(pinDir, OUTPUT);

  pinMode(pinLimitMaju, INPUT_PULLUP);
  pinMode(pinLimitMundur, INPUT_PULLUP);
  waktuKomunikasiTerakhir = millis();

  Serial.println("\nSYSTEM_READY");
  Serial.flush();
}

void loop() {
  if (Serial.available() > 0) {
    waktuKomunikasiTerakhir = millis();
    char inputUser = Serial.read();
    if (inputUser == '\n' || inputUser == '\r') return;
  }
}
```



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

if (inputUser == 'P') {
    Serial.println("SYSTEM_READY");
    Serial.flush();
}
else if ((inputUser == '1' || inputUser == '2') &&
!sistemAktif && !statusPause) {
    arahSiklus = inputUser;
    waktuKomunikasiTerakhir = millis();

    Serial.println("START");
    Serial.flush();

    bool cekMaju = (arahSiklus == '1' &&
digitalRead(pinLimitMaju) == LOW);
    bool cekMundur = (arahSiklus == '2' &&
digitalRead(pinLimitMundur) == LOW);

    if (cekMaju || cekMundur) {
        Serial.println("END");
        Serial.flush();

        delay(2000);

        arahSiklus = (arahSiklus == '1') ? '2' : '1';
        waktuKomunikasiTerakhir = millis();

        Serial.println("START");
        Serial.flush();
    }

    sistemAktif = true;
    waktuMulaiSiklus = millis();
}
else if (inputUser == '3' && sistemAktif && !statusPause)
{
    sistemAktif = false;
    statusPause = true;
    waktuTerpause = millis() - waktuMulaiSiklus;
    Serial.println("PAUSED");
    Serial.flush();
}

```



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

    }
    else if (inputUser == '4' && !sistemAktif && statusPause)
    {
        statusPause = false;
        sistemAktif = true;
        waktuMulaiSiklus = millis() - waktuTerpause;
        waktuKomunikasiTerakhir = millis();

        Serial.println("RESUMED");
        Serial.flush();
    }

    while(Serial.available() > 0) { Serial.read(); }

    if (sistemAktif) {

        if (arahSiklus == '1') {
            digitalWrite(pinDir, HIGH);
        } else if (arahSiklus == '2') {
            digitalWrite(pinDir, LOW);
        }

        while (true) {
            if (millis() - waktuMulaiSiklus > TIMEOUT_S_REL) {
                sistemAktif = false;
                statusPause = false;
                Serial.println("ERROR_LIMIT_SWITCH_TIMEOUT");
                Serial.flush();
                break;
            }

            if (millis() - waktuKomunikasiTerakhir > TIMEOUT_RASPI)
            {

                sistemAktif = false;
                statusPause = false;
                Serial.println("ERROR_RASPI_DISCONNECTED_WATCHDOG");
                Serial.flush();
                break;
            }

```



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

    bool tabrakanMaju    = (arahSiklus == '1' &&
digitalRead(pinLimitMaju) == LOW);
    bool tabrakanMundur = (arahSiklus == '2' &&
digitalRead(pinLimitMundur) == LOW);

    if (tabrakanMaju || tabrakanMundur) {
        Serial.println("END");
        Serial.flush();

        for (int d = 0; d < 70; d++) {
            delay(100);
            if (Serial.available() > 0 && Serial.peek() == 'P')

                Serial.read();
                waktuKomunikasiTerakhir = millis();
                Serial.println("SYSTEM_READY");
                Serial.flush();
            }
        }

        waktuKomunikasiTerakhir = millis();

        arahSiklus = (arahSiklus == '1') ? '2' : '1';
        digitalWrite(pinDir, (arahSiklus == '1') ? HIGH :
LOW);

        delayMicroseconds(10);

        for (int i = 0; i < 200; i++) {
            digitalWrite(pinStep, HIGH);
            delayMicroseconds(JEDA_SPEED_MOTOR);
            digitalWrite(pinStep, LOW);
            delayMicroseconds(JEDA_SPEED_MOTOR);
            waktuKomunikasiTerakhir = millis();
            yield();
        }

        Serial.println("START");
        Serial.flush();

        waktuMulaiSiklus = millis();
        break;

```



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 dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

```

    }
    if (Serial.available() > 0) {
        char peekChar = Serial.peek();
        if (peekChar == '3') {
            Serial.read();
            sistemAktif = false;
            statusPause = true;
            waktuTerpause = millis() - waktuMulaiSiklus;
            Serial.println("PAUSED");
            Serial.flush();
            break;
        }
        else if (peekChar == 'P') {
            Serial.read();
            waktuKomunikasiTerakhir = millis();
            Serial.println("SYSTEM_READY");
            Serial.flush();
        }
        else {
            Serial.read();
        }
    }

    digitalWrite(pinStep, HIGH);
    delayMicroseconds(JEDA_SPEED_MOTOR);
    digitalWrite(pinStep, LOW);
    delayMicroseconds(JEDA_SPEED_MOTOR);

    yield();
  }
}

```

Lampiran 13. Dokumentasi Hasil Inferensi Model YOLO



© Hak Cipta milik Jurusan TIK 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 mengumukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

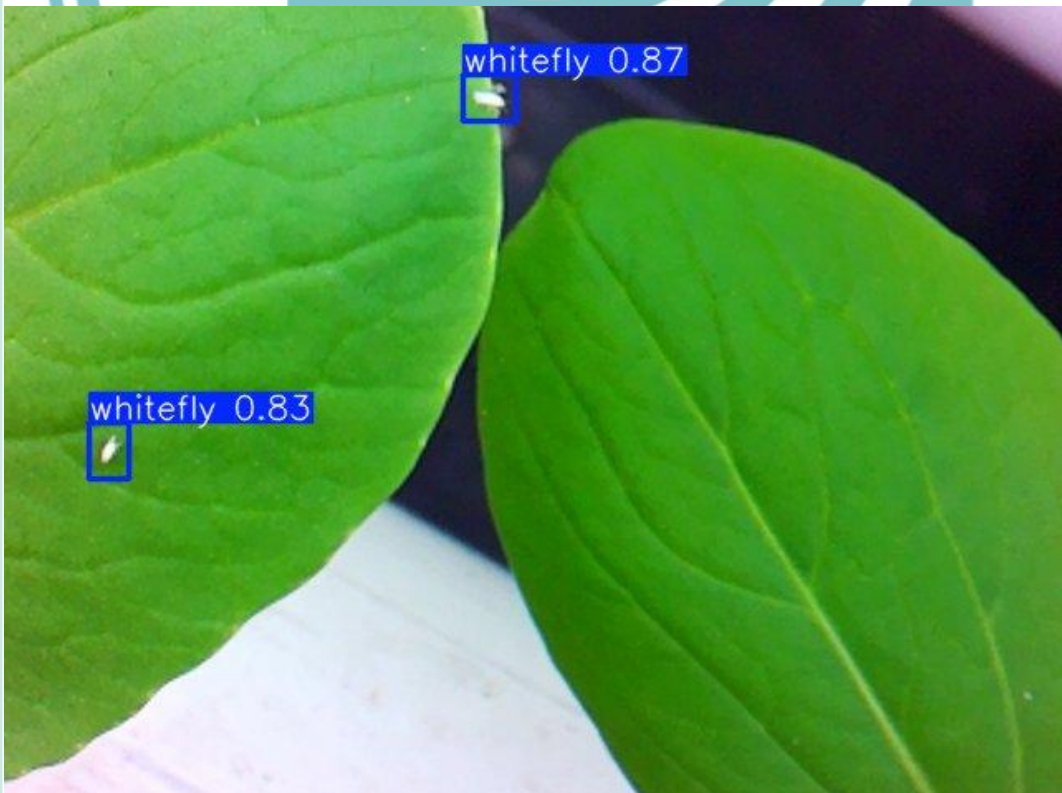




© Hak Cipta milik Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta

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 mengumpulkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin dari Jurusan TIK Politeknik Negeri Jakarta



DigiSigner Document ID: 0c9c7c0f-d703-4caa-90cd-d56f0e8ac92f

Signer

Email: alfarizki.nurachman.tik22@mhsw.pnj.ac.id
IP Address: 118.99.112.63

Signature



Event	User	Time	IP Address
Upload document	alfarizkin9286@gmail.com	07/24/2026 8:16:44PM EDT	118.99.112.63
Send for signing	alfarizkin9286@gmail.com	07/24/2026 8:16:51PM EDT	118.99.112.63
Open document	alfarizki.nurachman.tik22@mhsw.pnj.ac.id	07/24/2026 8:17:03PM EDT	118.99.112.63
Sign document	alfarizki.nurachman.tik22@mhsw.pnj.ac.id	07/24/2026 8:17:20PM EDT	118.99.112.63
Close document	alfarizki.nurachman.tik22@mhsw.pnj.ac.id	07/24/2026 8:17:20PM EDT	118.99.112.63

DigiSigner Document ID: 462d379f-f262-478e-acf3-a8cdf1211ca0

Signer

IP Address: 103.36.14.70

Signature



Event	User	Time	IP Address
Upload document	alfarizkin9286@gmail.com	07/21/2026 12:24:48AM EDT	118.99.112.63
Send for signing	alfarizkin9286@gmail.com	07/21/2026 12:25:16AM EDT	118.99.112.63
Open document	unknown	07/21/2026 2:18:19AM EDT	103.36.14.70
Sign document	unknown	07/21/2026 2:18:41AM EDT	103.36.14.70
Close document	unknown	07/21/2026 2:18:41AM EDT	103.36.14.70
Open document	alfarizkin9286@gmail.com	07/21/2026 8:07:24AM EDT	118.99.112.63
Close document	alfarizkin9286@gmail.com	07/21/2026 8:07:29AM EDT	118.99.112.63
Download document	alfarizkin9286@gmail.com	07/21/2026 11:57:21PM EDT	182.0.207.42