



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



**RANCANG BANGUN SISTEM KLASIFIKASI KELAYAKAN
SAYUR SAWI PASCA-PASAR BERDASARKAN VISUAL WARNA
DAN GAS VOLATIL MENGGUNAKAN METODE RANDOM
FOREST**

SUB JUDUL:

**PENERAPAN METODE RANDOM FOREST UNTUK
KLASIFIKASI KELAYAKAN SAYUR SAWI PASCA PASAR
BERDASARKAN FITUR WARNA HSV DAN DATA GAS
VOLATIL**

SKRIPSI

Fadillah Yaseer

2203431045

**PROGRAM STUDI INSTRUMENTASI DAN KONTROL
INDUSTRI**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



**RANCANG BANGUN SISTEM KLASIFIKASI KELAYAKAN
SAYUR SAWI PASCA-PASAR BERDASARKAN VISUAL
WARNA DAN GAS VOLATIL MENGGUNAKAN
METODE RANDOM FOREST**

SUB JUDUL:

**PENERAPAN METODE RANDOM FOREST UNTUK
KLASIFIKASI KELAYAKAN SAYUR SAWI PASCA PASAR
BERDASARKAN FITUR WARNA HSV DAN DATA GAS
VOLATIL**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan

**Fadillah Yaseer
2203431045**

**PROGRAM STUDI INSTRUMENTASI DAN KONTROL
INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIN NEGERI JAKARTA
2026**



Hak Cipta :

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

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Fadillah Yaseer

NIM : 2203431045

Tanda Tangan :

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Tanggal : 8 Juni 2026



Hak Cipta :

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

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Tugas Akhir diajukan oleh

Nama : Fadillah Yaseer

NIM : 2203431045

Program Studi : Instrumentasi dan Kontrol Industri

Judul Tugas Akhir : PENERAPAN METODE RANDOM FOREST
UNTUK KLASIFIKASI KELAYAKAN SAYUR
SAWI PASCA PASAR BERDASARKAN FITUR
WARNA HSV DAN DATA GAS VOLATIL

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas pada 15 Juni 2026 dan dinyatakan

LULUS.

Pembimbing : Sulis Setiowati, S.Pd., M.Eng (.....)
NIP. 199302232019032027

Depok, 10 Juli 2026

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



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

NIP. 197803312003122002



Hak Cipta :

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

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT / Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat rahmat, hidayah, serta karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Penerapan Metode Random Forest Untuk Klarifikasi Kelayakan Sayur Sawi Pasca Pasar Berdasarkan Fitur Warna HSV dan Data Gas Volatil” dengan baik dan tepat pada waktunya. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat akademis untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa keberhasilan dalam melakukan penelitian hingga menyelesaikan penyusunan laporan tugas ini tidak lepas dari bimbingan, petunjuk, bantuan, serta motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Dr. Murie Dwiyaniti, S.T., M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta.
2. Ibu Sulis Setiowati, S.pd., M. Eng, selaku Ketua Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri yang telah banyak mempermudah urusan administrasi akademik penulis dan selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan, arahan, serta saran yang sangat berharga, konstruktif serta motivasi selama penyusunan skripsi ini.
3. Bapak/Ibu Dosen serta seluruh Staf Karyawan Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri yang telah membekali ilmu pengetahuan yang bermanfaat bagi penulis selama masa perkuliahan.
4. Rekan Penelitian Jaka Elsa Prasetya yang membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Kedua Orang Tua tercinta dan keluarga besar, yang tiada henti memberikan doa, limpahan kasih sayang, dukungan moral maupun finansial, serta menjadi pilar kekuatan terbesar bagi penulis dalam menuntut ilmu.



Hak Cipta :

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

6. Rekan-rekan seperjuangan angkatan 2022 di Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri, terima kasih atas dukungan, bantuan, ruang diskusi yang hangat, serta kebersamaan yang tak akan terlupakan.
7. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan baik secara langsung maupun tidak langsung demi kelancaran penyusunan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan dikarenakan keterbatasan pengetahuan dan pengalaman yang dimiliki. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan segala bentuk kritik dan saran yang membangun dari pembaca untuk perbaikan dan pengembangan riset ini ke depan. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat nyata bagi institusi, masyarakat luas, serta perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya di bidang kecerdasan buatan.

New Taipei, 10 Juni 2026

Fadillah Yaseer

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

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

Penerapan Metode Random Forest Untuk Klarifikasi Kelayakan Sayur Sawi Pasca Pasar
Berdasarkan Fitur Warna HSV dan Data Gas Volatil

ABSTRAK

Kehilangan pangan pada sayuran pasca-pasar sering terjadi akibat tidak adanya alat penilai kelayakan objektif bagi pedagang setelah jam operasional pasar berakhir. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sebuah sistem klasifikasi kelayakan dan kesegaran sawi hijau (*Brassica juncea* L.) secara non-destruktif berbasis fusi sensor multimodal dengan menggunakan algoritma Random Forest. Sistem ini mengintegrasikan fitur visual berupa nilai rata-rata Hue pada ruang warna HSV dari citra daun, serta data kimiawi kadar gas volatil tanaman melalui sensor MQ136 (hidrogen sulfida) dan MQ137 (amonia). Implementasi sistem dibangun pada Raspberry Pi 5 dan Arduino Uno di dalam chamber bervolume 5 liter. Pada tahap pra-pemrosesan, fluktuasi data sensor dihaluskan dengan Exponential Moving Average (EMA) lalu distandarisasi menggunakan Z-Score Scaling. Pengujian sistem dilakukan secara real-time terhadap 30 sampel (15 segar, 15 layu). Hasilnya membuktikan bahwa model Random Forest memberikan performa optimal dengan capaian akurasi 93,33%, presisi 100%, recall 86,67%, spesifisitas 100%, dan F1-Score 92,86%. Algoritma ini dipilih karena terbukti lebih tahan overfitting dan lebih interpretatif dibandingkan Support Vector Machine (SVM). Analisis Feature Importance menunjukkan parameter sensor gas berkontribusi dominan sebesar 63,14% dibandingkan fitur visual yang berkontribusi 36,84%, dengan nilai EMA MQ136 sebagai indikator tunggal terkuat mencapai 47,36%.

Kata Kunci: Fusi Multimodal, Hue, Random Forest, Sawi Hijau, Sensor Gas, Z-Score Scaling.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

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

*Application of the Random Forest Method for Post-Market Mustard Greens Feasibility
Classification Based on HSV Color Features and Volatile Gas Data*

ABSTRACT

*Post-market food loss and waste in vegetables frequently occurs due to the lack of objective assessment tools for vendors to evaluate vegetable freshness after market hours. This study aims to design a non-destructive classification system for the feasibility and freshness of mustard greens (*Brassica juncea* L.) based on multimodal sensor fusion using the Random Forest algorithm. This system integrates visual features, specifically the average Hue value in the HSV color space extracted from leaf images, with chemical data representing plant volatile gas emissions via MQ136 (hydrogen sulfide) and MQ137 (ammonia) sensors. The system is implemented on embedded platforms, Raspberry Pi 5 and Arduino Uno, integrated within a 5-liter chamber. During pre-processing, sensor data fluctuations are smoothed using the Exponential Moving Average (EMA) and standardized via Z-Score Scaling before classification. Real-time testing was conducted on 30 samples (15 fresh, 15 wilted). The results demonstrate that the Random Forest model provides optimal performance, achieving 93.33% accuracy, 100% precision, 86.67% recall, 100% specificity, and a 92.86% F1-Score. Compared to the Support Vector Machine (SVM), Random Forest was selected for its robustness against overfitting and higher interpretability. Feature Importance analysis reveals that gas sensor parameters contribute more dominantly at 63.14% compared to visual features at 36.84%, with the EMA value of MQ136 acting as the strongest single indicator at 47.36%.*

Key words: Gas Sensors, Hue, Mustard Greens, Multimodal Fusion, Random Forest, Z-Score Scaling.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

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

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
BAB II Tinjauan Pustaka	6
2.1 State of Art Penelitian	6
2.2 Sawi Hijau.....	9
2.2.1 Karakteristik Biologis Sawi Hijau	9
2.2.2 Pembusukan Sawi Hijau	11
2.3 Sensor Gas.....	12
2.3.1 MQ136	12
2.3.2 MQ137	13
2.3.3 Hubungan Sawi Hijau dengan MQ136 dan MQ137	15
2.4 Sistem Perangkat Keras.....	16
2.4.1 Raspberry Pi 5	16
2.4.2 Arduino Uno	17
2.4.3 Raspberry Cam.....	19
2.4.4. Modul LED RGB (NeoPixel WS2812).....	20
2.5 EMA Exponensial Mean Average	21
2.6 Pengolahan Citra Digital dan Ruang Warna HSV	23



Hak Cipta :

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

2.6.1 Konsep Dasar Pengolahan Citra Digital	23
2.6.2 Keterbatasan Ruang Warna RGB (<i>Red, Green, Blue</i>).....	23
2.6.3 Anatomi dan Karakteristik Ruang Warna HSV.....	24
2.6.4 Formulasi Matematika Konversi RGB ke HSV	25
2.7 Machine Learning	28
2.8 Random Forest Classifier.....	30
2.9 Standarisasi Data (Z-Score / StandardScaler).....	32
2.10 Matriks Kebingungan (<i>Confusion Matrix</i>).....	32
BAB III Perancangan dan Realisasi.....	36
3.1 Rancangan Alat	36
3.1.1 Deskripsi Alat.....	36
3.1.2 Cara Kerja Alat.....	37
3.1.3 Spesifikasi Alat	38
3.1.4 Diagram Blok Sistem.....	39
3.2 Flowchat Perancangan Alat.....	41
3.3 Perancangan Perangkat Keras	44
3.3.1 Rancangan Alat	44
3.3.2 Realisasi Alat.....	45
3.4 Perluasan Ruang Warna HSV untuk Segmentasi Objek	47
3.5 Protokol Pengondisian Sinyal dan Penyelarasan Waktu	48
3.6 Perancangan Struktur Database / Penyimpanan Dataset Lokal	49
3.7 Perancangan Sistem Klasifikasi dan Pre-processing.....	52
3.7.1 Rekayasa Fitur Visual (Segmentasi & Ekstraksi Nilai <i>Hue</i>).....	52
3.7.2 Perancangan Pra-pemrosesan Data Numerik (Penskalaan Fitur).....	53
3.7.3 Konfigurasi Parameter Pelatihan Data	55
3.7.4 <i>Pre-processing</i> Data Numerik (Penskalaan Fitur)	56
3.7.5 Arsitektur dan Pipeline Pelatihan Model Machine Learning	57
3.7.6 Protokol Pengumpulan Dataset dan Pelabelan (<i>Ground Truth</i>)	57
3.8 Algoritma Inferensi Real-Time Sistem Multimodal.....	59
BAB IV Hasil dan Pembahasan	61
4.1 Prosedur Pengujian	61
4.1.1 Peralatan Uji.....	61



Hak Cipta :

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

4.1.2 Langkah Pengujian.....	61
4.2 Analisis Karakteristik <i>Preheating</i> Sensor	62
4.2 Pengujian dan Analisis Performa Model Machine Learning Random Forest	63
4.2.1 Proses Pengambilan Data.....	63
4.2.2 Proses Training Model	70
4.2.3 Analisis Hasil Pra-pemrosesan Data (<i>Z-Score Scaling</i>).....	71
4.2.4 Analisis Akurasi Klasifikasi	76
4.2.5 Analisis <i>Confusion Matrix</i> dan Metrik Evaluasi	77
4.2.6 Analisis Kontribusi Sensor.....	81
4.2.7 Evaluasi Tingkat Kepentingan Fitur (<i>Feature Importance</i>).....	83
4.3 Pengujian dan Analisis Performa Model Berdasarkan Skenario Sensor.....	85
4.4 Pengujian dan Analisis Performa Model Alternatif SVM.....	88
4.4.1 Analisis dan Metrik Evaluasi	88
4.4.2 Komparasi metode Random Forest dengan SVM.....	89
4.5 Pengujian Sistem Secara Realtime.....	90
4.5.1 Skenario Pengujian.....	90
4.5.2 Hasil Pengujian Sawi Segar	91
4.5.3 Tabel Ringkasan dan Evaluasi Performa.....	96
4.5.4 Analisis Pembeda Fitur	97
BAB V Kesimpulan dan Saran.....	99
5.1 Kesimpulan	99
5.2 Saran.....	100
Daftar Pustaka	102
Lampiran	105



Hak Cipta :

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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sawi Hijau	10
Gambar 2.2 Sawi Layu.....	11
Gambar 2.3 Sensor MQ136.....	12
Gambar 2.4 Sensor MQ137.....	14
Gambar 2.5 Raspberry Pi 5	17
Gambar 2.6 Arduino Uno	19
Gambar 2.7 Raspberry Pi Cam	20
Gambar 2.8 Modul Led NeoPixel WS2812	21
Gambar 2.9 Visualiasi Tree Random Forest	31
Gambar 3.1 Gambar Diagram Blok Sistem	39
Gambar 3.2 Flowchart Perancangan Alat.....	41
Gambar 3.3 Desain Alat Tampak Depan.....	45
Gambar 3.4 Desain Alat Tampak Samping	45
Gambar 3.5 Desain 3D Alat	45
Gambar 3.6 Gambar Wiring Sistem.....	46
Gambar 3.7 Desain Aktual Alat	46
Gambar 4.1 Kode Program Python StandarScaler	76

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian oleh (Yeni Minarti, 2023)	6
Tabel 2.2 Penelitian oleh (Xuexi Wang & Jun Liu, 2024)	7
Tabel 2.3 Penelitian oleh (Wieczorek & Jeleń (2019))	7
Tabel 2.4 Penelitian oleh (Amni, dkk. 2023)	8
Tabel 2.5 Penelitian oleh (Murad, dkk. 2022).....	8
Tabel 2.6 Spesifikasi MQ136.....	12
Tabel 2.7 Tabel Spesifikasi MQ137	14
Tabel 3.0.1 Tabel Struktur Kolom dan Tipe Data pada Basis Data.....	50
Tabel 4.1 Peralatan Uji.....	61
Tabel 4.2 Perbandingan Waktu dengan Pembacaan Sensor	62
Tabel 4.3 Sampel Pengambilan Data Sawi Segar	66
Tabel 4.4 Sampel Pengambilan Data Sawi Layu	67
Tabel 4.5 Tabel Pengambilan Data.....	68
Tabel 4.6 Tabel Sawi Segar	71
Tabel 4.7 Tabel Sawi Layu.....	71
Tabel 4.8 Matriks Hasil Standarisasi Data (Z-Score).....	74
Tabel 4.9 Nilai akurasi, presisi, recall pada model	76
Tabel 4.10 Matrik Kebingungan (Confusion Matrix) Data Uji.....	78
Tabel 4.11 Tingkat Kontribusi Fitur (Feature Importance)	82
Tabel 4.12 Nilai Koefisien Kepentingan Fitur (Feature Importance)	84
Tabel 4.13 Perbandingan Performa Model Random Forest Antar Skenario Sensor	85
Tabel 4.14 Koefisien Kepentingan Fitur (Feature Importance) Antar Skenario ...	87
Tabel 4.15 Matrix Evaluasi SVM.....	88
Tabel 4.16 Tabel Perbandingan Matrik Evaluasi Random Forest dan SVM.....	89
Tabel 4.17 Hasil Pengujian Sawi Segar	91
Tabel 4.18 Hasil Pengujian Sawi Layu	93
Tabel 4.19 Ringkasan Hasil Pegujian Real-Time.....	96
Tabel 4.20 Confusion Matrix	96
Tabel 4.21 Metrik Evaluasi	96
Tabel 4.22 Rata-Rata Nilai Sensor per Kondisi	97

Hak Cipta :

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

Hak Cipta :

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

BAB I

Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Sektor pertanian sayuran merupakan salah satu pilar utama dalam sistem pangan nasional Indonesia, mengingat perannya yang tidak tergantikan dalam memenuhi kebutuhan gizi masyarakat sehari-hari. Sayuran menyediakan berbagai mikronutrien esensial, serat pangan, serta vitamin yang tidak dapat diperoleh secara optimal dari kelompok pangan lainnya. Namun di balik kontribusi strategisnya, komoditas sayuran menghadapi permasalahan struktural yang serius dalam rantai pasoknya, yakni tingginya angka kehilangan dan pemborosan pangan atau yang dikenal dengan istilah *food loss and waste* (FLW). Permasalahan ini tidak hanya berdampak pada aspek ekonomi bagi para petani dan pedagang, tetapi juga memiliki implikasi ekologis yang signifikan akibat timbunan sampah organik yang terus meningkat. Berdasarkan hasil kajian Bappenas yang dikutip dalam Badan Gizi Nasional, pada tahun 2021, Indonesia tercatat mengalami susut pangan yang mencapai 23 juta ton hingga 48 juta ton makanan setiap tahunnya, sebuah angka yang setara dengan 115–184 kg per kapita per tahun. Lebih jauh lagi, laporan dari Badan Pangan Nasional memproyeksikan bahwa pada tahun 2025, timbunan sampah makanan di Indonesia dapat mencapai angka yang mengkhawatirkan apabila tidak segera ditangani secara efisien dan sistematis.

Kehilangan pangan tidak terjadi secara merata di seluruh rantai pasok, melainkan terkonsentrasi pada titik-titik tertentu yang memerlukan intervensi lebih serius. Salah satu titik kritis yang kerap luput dari perhatian adalah fase pasca-pasar, yaitu kondisi saat sayuran yang tidak terjual harus diputuskan nasibnya oleh pedagang setelah jam operasional pasar berakhir. Pada fase ini, sayuran sisa pasar seringkali berakhir menjadi limbah bukan semata karena kondisinya sudah tidak layak konsumsi, melainkan karena penurunan kualitas visual yang membuat konsumen enggan membeli. Tanpa adanya alat ukur yang objektif untuk menentukan kelayakan konsumsi, banyak pedagang terpaksa membuang seluruh stok sisa mereka tanpa mampu memilah mana yang



Hak Cipta :

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

sesungguhnya masih dapat dikonsumsi dan mana yang memang sudah rusak. Kondisi ini menciptakan pemborosan yang sebenarnya dapat dicegah apabila tersedia sistem deteksi kesegaran yang andal, cepat, dan mudah digunakan.

Di antara berbagai jenis sayuran yang beredar di pasar tradisional Indonesia, sawi hijau merupakan salah satu komoditas yang paling rentan terhadap penurunan kualitas pasca-panen. Sawi hijau termasuk dalam kelompok sayuran daun dari famili Brassicaceae yang memiliki laju respirasi tinggi, sehingga proses penuaan dan kerusakan jaringannya berlangsung relatif cepat dibandingkan jenis sayuran lain. Penurunan mutu sawi hijau dapat diamati secara visual melalui sejumlah indikator morfologis, antara lain perubahan warna daun dari hijau segar menjadi kekuningan atau kecoklatan, pelayuan akibat kehilangan turgor sel, munculnya bercak-bercak abnormal pada permukaan daun, serta penurunan tekstur akibat degradasi struktur sel yang progresif.

Namun demikian, perubahan visual hanyalah sebagian dari gambaran keseluruhan proses kerusakan yang terjadi di dalam jaringan sayuran. Selain perubahan visual tersebut, proses kerusakan jaringan pada sayuran famili Brassicaceae juga disertai dengan perubahan profil senyawa organik volatil atau *Volatile Organic Compounds* (VOCs) (Liu dkk., 2018). Sawi hijau mengandung senyawa glukosinolat yang kaya akan belerang atau sulfur, dan pada fase awal degradasi atau saat jaringan mengalami stres, enzim mirosinase bereaksi dengan glukosinolat dan melepaskan gas volatil sulfur, seperti hidrogen sulfida (H_2S) atau metilsulfida (Liu dkk., 2018). Seiring berjalannya pembusukan ke tahap lanjut di mana protein mulai terurai oleh aktivitas mikroorganisme dekomposer, terjadi lonjakan emisi gas amoniak (NH_3) yang menghasilkan bau menyengat khas sebagai penanda kerusakan lanjut. Temuan ini diperkuat oleh studi analisis volatil yang dilakukan oleh Wieczorek dan Jeleń (2019), yang menunjukkan bahwa sayuran Brassica menghasilkan berbagai senyawa volatil seperti alkohol, aldehida, *sulfur compounds*, dan turunan isothiocyanate yang berperan dalam karakteristik aroma sekaligus mencerminkan kondisi fisiologis jaringan. Perubahan komposisi VOC tersebut terdeteksi meningkat secara signifikan ketika jaringan mengalami stres mekanis, pemotongan, maupun penyimpanan dalam durasi tertentu. Emisi gas-gas volatil ini berpotensi menjadi indikator yang akurat dan objektif dalam

Hak Cipta :

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

menentukan tingkat kesegaran sayuran tanpa merusak sampel (*non-destructive*).

Selama ini, proses pemilahan kelayakan sayuran di tingkat pedagang maupun industri masih dilakukan secara manual berdasarkan subjektivitas manusia yang memiliki keterbatasan inheren dalam hal konsistensi dan akurasi. Metode inspeksi visual konvensional tidak hanya bergantung pada pengalaman dan kondisi fisik inspektur, tetapi juga sering kali terlambat mendeteksi kerusakan internal yang sudah mulai terjadi di dalam jaringan meskipun secara kasat mata sayuran tampak masih segar. Seiring perkembangan teknologi, integrasi antara pengolahan citra digital untuk mendeteksi fitur warna dan morfologi batang dengan teknologi larik sensor gas memberikan peluang untuk membangun sistem klasifikasi yang jauh lebih presisi. Penggunaan sensor gas yang sensitif, seperti MQ-136 untuk mendeteksi senyawa sulfur dan MQ-137 untuk gas amoniak, memungkinkan pemantauan kualitas sayuran secara *real-time* tanpa perlu merusak sampel yang diperiksa. Fitur visual seperti derajat kekuningan maupun kecoklatan pada helaian daun dapat dikombinasikan dengan data kadar gas volatil untuk menghasilkan representasi kondisi sayuran yang lebih komprehensif dan multidimensional.

Dalam konteks pemodelan klasifikasi berbasis data multimodal seperti ini, metode *Random Forest* dipilih karena kemampuannya yang telah terbukti dalam menangani data dari berbagai jenis fitur sekaligus dan menghasilkan performa klasifikasi yang stabil serta tahan terhadap overfitting. Dengan mengintegrasikan data citra digital dan data sensor gas ke dalam satu kerangka model klasifikasi, sistem yang dibangun diharapkan mampu membedakan tingkat kelayakan konsumsi sawi hijau secara lebih objektif, konsisten, dan dapat direplikasi. Pendekatan ini secara langsung berpotensi menekan angka pemborosan sayuran pasca-pasar dengan memastikan bahwa produk yang sesungguhnya masih layak konsumsi tidak ikut terbuang hanya karena tidak adanya mekanisme seleksi yang memadai.

Hak Cipta :

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

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, rumusan masalah dalam penelitian ini disusun sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan merealisasikan sistem akuisisi data multimodal terintegrasi (*embedded system*) untuk menangkap fitur visual ruang warna HSV dan emisi gas volatil (MQ136 dan MQ137) pada sawi hijau pasca-pasar?
2. Bagaimana kinerja dan efektivitas algoritma *Random Forest Classifier* dalam mengklasifikasikan tingkat kelayakan sawi hijau menjadi kategori biner ("Segar" dan "Layu") menggunakan pendekatan fusi data tingkat awal (*early feature fusion*)?
3. Bagaimana tingkat kontribusi dan kepentingan masing-masing fitur (*Feature Importance*) lintas domain (fitur visual *Mean Hue* vs gas sulfur dan amonia) dalam memengaruhi akurasi keputusan klasifikasi model?
4. Bagaimana perbandingan performa algoritma *Random Forest Classifier* dengan algoritma alternatif *Support Vector Machine* (SVM) untuk menentukan model klasifikasi terbaik yang aman dari risiko *overfitting* serta mendukung aspek transparansi ilmiah?

1.3 Tujuan

Tujuan dari penyusunan laporan berdasarkan kajian materi ini adalah :

1. Merancang dan mengimplementasikan sistem perangkat keras dan perangkat lunak berbasis Raspberry Pi 5 dan Arduino Uno untuk mengakuisisi serta menyelaraskan data visual citra digital dan kadar gas volatil sawi hijau secara simultan.
2. Menganalisis dan mengevaluasi performa model *Random Forest Classifier* (berdasarkan metrik akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-score*) dalam mengklasifikasikan kelayakan sawi hijau memanfaatkan matriks fusi data multimodal.
3. Memetakan koefisien kepentingan fitur (*Feature Importance*) dari



Hak Cipta :

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

parameter *Mean Hue*, sensor MQ136, dan sensor MQ137 untuk mengetahui fitur yang paling dominan dalam proses klasifikasi kelayakan tanaman *Brassica*.

4. Melakukan uji komparasi performa antara model utama *Random Forest* dan model alternatif *Support Vector Machine* (SVM) guna menganalisis keandalan generalisasi model serta memvalidasi keunggulan fitur.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Sayuran yang digunakan adalah Sawi Hijau
2. Data suhu dan kelembapan tidak dimasukan kedalam data pelatihan dan klasifikasi
3. Akurasi minimal yang perlu dicapai model adalah 80%
4. Sawi yang digunakan saat pengambilan data training dan data uji adalah 1 persampel

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

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

BAB V

Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan terhadap sistem multimodal klasifikasi kelayakan sawi hijau (*Brassica juncea* L.) berbasis fusi fitur visual dan gas menggunakan algoritma *Random Forest Classifier* pada ruang uji kotak dengan volume 5L, maka dapat ditarik beberapa kesimpulan akademis sebagai berikut:

1. Sistem multimodal yang mengintegrasikan pemrosesan citra digital roda warna *Mean Hue H* dari kamera dengan respon multi-sensor kimiawi (*Exponential Moving Average* dari sensor MQ136 dan MQ137) berhasil dibangun dan diimplementasikan pada platform *edge computing* Raspberry Pi 5 dan Arduino Uno.
2. Algoritma *Random Forest Classifier*, pada fase pengujian *Real-Time* 30 sampel (15 sawi segar dan 15 sawi layu) terbukti menunjukkan akurasi sistem sebesar 93,33%, dengan nilai presisi 100%, recall 86,67%, spesifisitas 100%, dan F1-Score 92,86%.
3. Berdasarkan analisis *Feature Importance* dengan metode *Mean Decrease in Impurity* (MDI), parameter kimiawi EMA_MQ136 (Gas Sulfida) bertindak sebagai indikator keputusan primer dengan bobot kontribusi dominan sebesar 47,36%. Tingginya signifikansi sensor gas ini membuktikan bahwa deteksi dini senyawa volatil sulfida yang dilepaskan akibat degradasi biokimia internal tanaman jauh lebih sensitif bagi algoritma dalam memisahkan kelas segar dan layu. Sementara itu, sektor domain visual yang diwakili oleh *Mean Hue (H)* menempati posisi kedua dengan bobot pengaruh sebesar 36,84%, diikuti oleh Sensor EMA_MQ137 (Gas Amonia) sebesar 15,78%. Secara akumulatif, fusi multi-sensor kimiawi menyumbang bobot mayoritas sebesar 63,14% (47,36% + 15,78%). Kombinasi ini membuktikan pola fusi multimodal yang sangat ideal, di mana pembusukan jaringan awal sayur (*early rotting stage*) yang dicatat secara responsif oleh

Hak Cipta :

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

sensor gas, divalidasi dan diperkuat sebagai fitur komplementer (*back-up feature*) oleh pergeseran nilai derajat *Hue* pada visual daun sawi.

4. Analisis fitur menunjukkan bahwa sensor MQ136 dan nilai Mean_H citra merupakan fitur yang paling membedakan antara kondisi segar dan layu. Sawi layu memiliki nilai MQ136 rata-rata hampir dua kali lipat dibandingkan sawi segar, serta nilai Mean_H yang lebih rendah yang mencerminkan perubahan warna daun.
5. Berdasarkan hasil uji komparasi dengan model alternatif, *Random Forest* (RF) dipilih sebagai model arsitektur terbaik dibandingkan *Support Vector Machine* (SVM). Meskipun model SVM mencatatkan metrik angka yang sedikit lebih tinggi pada data uji (Akurasi 99,17%), nilai tersebut mengindikasikan adanya kerentanan *overfitting* pada dataset yang terbatas. Selain itu, SVM bersifat *black-box* (tidak menyediakan analisis kepentingan fitur), sedangkan *Random Forest* memberikan penyediaan data *Feature Importance* yang krusial untuk membedah kontribusi fisis tiap sensor.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan terhadap sistem multimodal klasifikasi kelayakan sawi hijau (*Brassica juncea L.*) berbasis fusi fitur visual dan gas menggunakan algoritma *Random Forest Classifier*, maka dapat ditarik beberapa saran sebagai berikut:

1. Pengendalian Lingkungan Pengujian dan Kamar Uji (*Environmental Control*): Karakteristik fisis dari sensor gas semikonduktor oksida logam seperti MQ136 dan MQ137 memiliki kerentanan alami terhadap sifat sensitivitas silang (*cross-sensitivity*). Sensor-sensor ini sangat peka terhadap keberadaan senyawa volatil non-target di udara bebas, seperti uap alkohol, cairan pembersih (*cleaning agents*), parfum, atau asap eksternal, yang dapat memicu fluktuasi nilai tegangan keluaran secara semu. Oleh karena itu, disarankan agar proses pengujian dan akuisisi data di masa depan dilakukan di dalam ruang tertutup (*isolated testing chamber*) yang benar-bener steril, memiliki sirkulasi udara terkontrol (*proper venting system*), serta jauh dari paparan gas kontaminan lain guna menjamin kemurnian data pembusukan

Hak Cipta :

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

objek, serta kondisi pencahayaan saat pengambilan citra perlu distandarisasi lebih ketat, karena fluktuasi cahaya dapat mempengaruhi nilai Mean_H dan berkontribusi pada kesalahan klasifikasi..

2. Peningkatan Variasi dan Skala Dataset: Penelitian selanjutnya dapat memperluas cakupan dataset dengan menambahkan variasi jenis sayuran hijau komersial lainnya, pengujian pada skenario suhu penyimpanan yang berbeda (misalnya suhu ruang *versus* suhu lemari pendingin), serta memperbanyak jumlah objek fisik yang direkam guna meningkatkan kemampuan generalisasi model terhadap variansi anomali hayati sayuran.
3. Optimasi Algoritma dan Komparasi Model: Perlu dilakukan eksplorasi lanjutan terhadap proses pencarian parameter terbaik (*hyperparameter tuning*) seperti menggunakan metode *Grid Search* atau *Randomized Search* pada *Random Forest*, serta melakukan studi komparatif dengan algoritma klasifikasi atau *machine learning* lain (seperti *Gradient Boosting*) guna menganalisis efisiensi komputasi dan meminimalkan galat *False Negative* yang masih tersisa pada sistem.
4. Untuk meningkatkan nilai recall dari 86,67% menjadi lebih tinggi, disarankan agar data pelatihan diperbanyak dengan variasi kondisi sawi segar yang lebih beragam, terutama sampel dengan karakteristik sensor yang mendekati batas keputusan antara segar dan layu

Hak Cipta :

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

Daftar Pustaka

- Al Latif Ramadhani Said, Firmansyah, & Ihsan, M. (2023). Analisa teknikal dengan menggunakan indikator Exponential Moving Average pada mata uang EUR/USD di pasar valuta asing. *Jurnal Dinamika Manajemen*, 11(4), 193. (ISSN: 2338-123X)
- Amalia, A., Rahayu, A. E., Putra, E. S., & Ni'matuzzahroh, L. (2025). Evaluasi ketahanan electronic nose berbasis MOS terhadap kontaminasi silang senyawa volatil dalam identifikasi kualitas daging sapi. *Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)*, 4(4), 5137–5147. (P-ISSN: 2963-9298)
- Amni, Amni, dkk. (2023). Deteksi tingkat kematangan buah srikaya (*Annona squamosa* L.) berdasarkan sifat fisik dan kimia pada penyimpanan suhu ruang menggunakan algoritma K-Nearest Neighbor (K-NN) dan Random Forest.
- Atamba, I. K. (2023). *Classification of vegetable images using texture and color features* [Master's thesis]. Eastern Mediterranean University.
- Ayuningsih, K., Sari, Y. A., & Adikara, P. P. (2019). Klasifikasi citra makanan menggunakan HSV color moment dan local binary pattern dengan Naïve Bayes Classifier. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 3(4), 3166–3173. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5–32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- Cahya, F. N., Pebrianto, R., & M, T. A. (2021). Klasifikasi buah segar dan busuk menggunakan ekstraksi fitur Hu-Moment, Haralick dan Histogram. *IJCIT (Indonesian Journal on Computer and Information Technology)*, 6(1), 57–62. <http://ejournal.bsi.ac.id/ejurnal/index.php/ijcit>
- Düntsche, I., & Gediga, G. (2019). Confusion matrices and rough set data analysis. *Journal of Physics: Conference Series*, 1229, 012055. <https://arxiv.org/abs/1902.01487>



Hak Cipta :

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

- Kurniati, F. T., & Pramana, D. (2023). Identifikasi objek menggunakan Random Forest dan multi-fitur. *Jurnal Sistem dan Informatika (JSI)*. (p-ISSN: 1858-473X)
- Minarti, Y. (2023). *Klasifikasi kesegaran sayur sawi berdasarkan citra HSV menggunakan metode K-Nearest Neighbor* [Tugas Akhir]. Universitas Mataram.
- Muzakir, A., Adi, K., & Kusumaningrum, R. (2024). *Penerapan konsep machine learning dan deep learning: Pendekatan ekspansi semantik untuk klasifikasi ujaran kebencian*. Undip Press.
- Oriana, L., Wati, A. D. S., Ramahdani, A. P., Safira, N. N., & Ismanto, E. (2025). Peningkatan Kinerja Model Random Forest untuk Deteksi Kecurangan Kartu Kredit Menggunakan RandomizedSearchCV. *Jurnal Fasilkom*, 15(2), 229-237.
- Palumbo, M., Attolico, G., Capozzi, V., Cozzolino, R., Corvino, A., de Chiara, M. L. V., Pace, B., Pelosi, S., Ricci, I., Romaniello, R., & Cefola, M. (2022). Emerging postharvest technologies to enhance the shelf-life of fruit and vegetables: An overview. *Foods*, 11(23), 3925. <https://doi.org/10.3390/foods11233925>
- Pracaya. (2011). *Bertanam sayur organik*. Penebar Swadaya.
- Putra, J. W. G. (2020). *Pengenalan konsep pembelajaran mesin dan deep learning* (Edisi 1.4). Diterbitkan mandiri. <https://wiragotama.github.io/resources/ebook/intro-to-ml-secured.pdf>
- Sathyanarayanan, S., & Tantri, B. R. (2024). Confusion matrix-based performance evaluation metrics. *African Journal of Biomedical Research*, 27(4s), 4023–4031. <https://doi.org/10.53555/AJBR.v27i4S.4345>
- Seilov, S., Baydeldinov, M., Abildinov, D., Zhursinbek, B., Shingissov, D., & Ayub, M. S. (2025). Electronic nose and neural network-based monitoring of vegetable freshness in storage conditions. *Journal of Robotics and Control*, 6(6), 2834. <https://doi.org/10.18196/jrc.v6i6.28505>



Hak Cipta :

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

- Seilov, S., Abildinov, D., Sutula, M. Y., Nurzhaubayev, A., Baydeldinov, M., & Ayub, M. S. (2025). Smart innovations in food spoilage detection: A focus on electronic nose, machine learning and IoT for perishable foods. *Journal of Robotics and Control*, 6(3), 1142. <https://doi.org/10.18196/jrc.v6i3.25792>
- Fahrudin, F. (2009). *Respon tanaman sawi (Brassica juncea L.) terhadap pemberian pupuk kompos limbah solid kelapa sawit (Elaeis guineensis Jacq)* [Skripsi]. Universitas Medan Area.
- Liu, Y., Zhang, H., Umashankar, S., Liang, X., Lee, H. S., Swarup, S., & Ong, C. N. (2018). Characterization of plant volatiles reveals distinct metabolic profiles and pathways among 12 Brassicaceae vegetables. *Metabolites*, 8(4), Article 94. <https://doi.org/10.3390/metabo8040094>
- Microchip Technology Inc. (2018). *ATmega328P datasheet*. <https://www.microchip.com/>
- Murad, Sukmawati, Ansar, Sabani, R., & Hidayat, S. (2022). Sistem pendeteksi kerusakan buah mangga menggunakan sensor gas dengan metode DCS-LCA. *Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, 3(4), 186-194.
- Raspberry Pi Foundation. (2026). *Raspberry Pi 5 product brief*. <https://www.raspberrypi.com/>
- Sunarjono, H. (2004). *Bertanam sawi dan selada*. Penebar Swadaya.
- Wang, X., & Liu, J. (2024). Vegetable disease detection using an improved YOLOv8 algorithm in the greenhouse plant environment. *Scientific Reports*, 14, 4261. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54540-9>
- Wieczorek, M. N., & Jeleń, H. H. (2019). Volatile compounds of selected raw and cooked *Brassica* vegetables. *Molecules*, 24(3), 391. <https://doi.org/10.3390/molecules24030391>

Hak Cipta :

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

Lampiran

Lampiran 1. Daftar Riwayat Hidup



Fadillah Yaseer

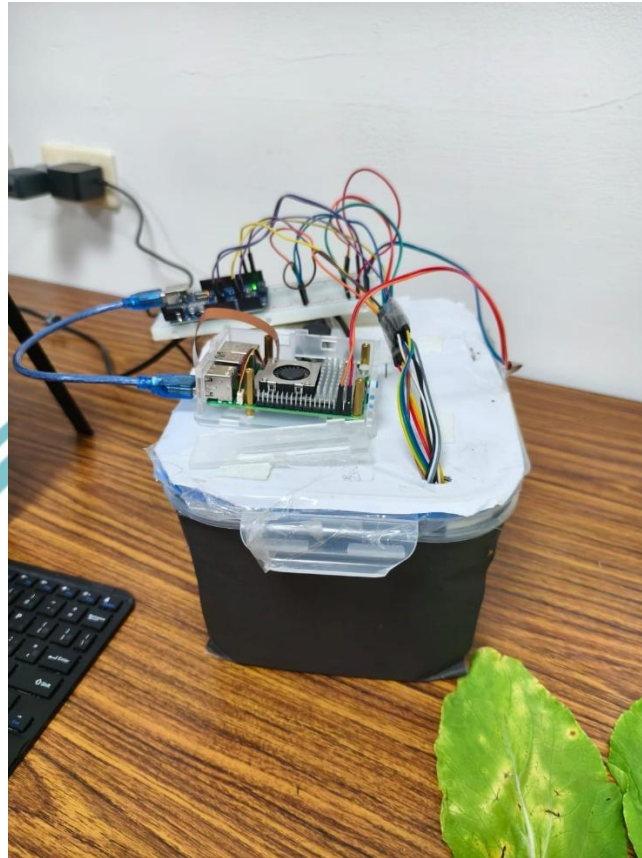
Lulus dari SDIT Nurul Fajri pada tahun 2015, lulus dari SMPN 1 Cikarang Barat pada tahun 2018, dan lulus dari SMK Mitra Industri MM2100 pada tahun 2021. Lalu melanjutkan pendidikan di Politeknik Negeri Jakarta pada tahun 2022 jurusan Teknik Elektro, Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri. Saat ini penulis mengikuti program *Double Degree* 3+1 pada Universitas St. John bidang *Smart Construction* di Taiwan.

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA

Hak Cipta :

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

Lampiran 2. Gambar Pengambilan Data



Lampiran 3. Kode Program Arduino

```
#include <DHT.h>
#include <Adafruit_NeoPixel.h>
#include <math.h>

// ===== DHT =====
#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT11
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

// ===== LED =====
#define PIN_LED 4
#define JUMLAH_LED 8
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```
Adafruit_NeoPixel strip(JUMLAH_LED, PIN_LED, NEO_GRB +  
NEO_KHZ800);
```

```
// ===== MQ-136 (H2S) =====
```

```
#define MQ136_PIN A1
```

```
#define RL_136 1.0
```

```
#define Ro_136 4.793
```

```
#define m_136 -0.271
```

```
#define b_136 0.402
```

```
// ===== MQ-137 (NH3) =====
```

```
#define MQ137_PIN A0
```

```
#define RL_137 10.0
```

```
#define Ro_137 9.102
```

```
#define m_137 -0.243
```

```
#define b_137 0.323
```

```
// ===== SMOOTHING =====
```

```
const int numReadings = 10;
```

```
float readings136[numReadings];
```

```
float readings137[numReadings];
```

```
int readIndex = 0;
```

```
float total136 = 0, total137 = 0;
```

```
void setup() {
```

```
  Serial.begin(115200);
```

```
  dht.begin();
```

Hak Cipta :

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

```
strip.begin();
strip.show();

// ===== LED PUTIH SELALU NYALA =====
for (int i = 0; i < JUMLAH_LED; i++) {
    strip.setPixelColor(i, strip.Color(255, 255, 255));
}
strip.show();

// init buffer smoothing
for (int i = 0; i < numReadings; i++) {
    readings136[i] = 0;
    readings137[i] = 0;
}

Serial.println("System Ready (AUTO STREAM MODE)");
}

void loop() {

    // ===== MQ136 =====

    float vrl136 = analogRead(MQ136_PIN) * (5.0 / 1023.0);

    if (vrl136 <= 0) vrl136 = 0.01;

    if (vrl136 >= 4.95) vrl136 = 4.95; // PENGAMAN 1: Batasi agar VRL tidak murni
    5V (mencegah RS = 0)

    float rs136 = ((5.0 / vrl136) - 1.0) * RL_136;
```

Hak Cipta :

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

```

float ratio136 = rs136 / Ro_136;

if (ratio136 <= 0) ratio136 = 0.001; // PENGAMAN 2: Cegah nilai <= 0 sebelum
di-log10

float ppm136 = pow(10, ((log10(ratio136) - b_136) / m_136));

// PENGAMAN 3: Jika hasilnya nan atau inf karena error hardware, paksa jadi 0
atau nilai aman

if (isnan(ppm136) || isinf(ppm136)) {
    ppm136 = 0.0;
}

// ===== MQ137 =====
float vrl137 = analogRead(MQ137_PIN) * (5.0 / 1023.0);
if (vrl137 <= 0) vrl137 = 0.01;
if (vrl137 >= 4.95) vrl137 = 4.95; // PENGAMAN 1

float rs137 = ((5.0 / vrl137) - 1.0) * RL_137;
float ratio137 = rs137 / Ro_137;
if (ratio137 <= 0) ratio137 = 0.001; // PENGAMAN 2

float ppm137 = pow(10, ((log10(ratio137) - b_137) / m_137));

// PENGAMAN 3

if (isnan(ppm137) || isinf(ppm137)) {
    ppm137 = 0.0;
}

// ===== SMOOTHING =====

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```
total136 -= readings136[readIndex];
total137 -= readings137[readIndex];

readings136[readIndex] = ppm136;
readings137[readIndex] = ppm137;

total136 += readings136[readIndex];
total137 += readings137[readIndex];

readIndex = (readIndex + 1) % numReadings;

float avg136 = total136 / numReadings;
float avg137 = total137 / numReadings;

// ===== DHT =====
float temperature = dht.readTemperature();
float humidity = dht.readHumidity();

if (isnan(temperature)) temperature = -1;
if (isnan(humidity)) humidity = -1;

unsigned long ts = millis();

// ===== AUTO STREAM OUTPUT =====
Serial.print(ts);
Serial.print(",");
Serial.print(avg136, 2);
Serial.print(",");
```



Hak Cipta :

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

```
Serial.print(avg137, 2);  
Serial.print(",");  
Serial.print(temperature, 1);  
Serial.print(",");  
Serial.println(humidity, 1);
```

```
delay(1000); // 1 detik sampling  
}
```

Lampiran 4. Kode Program Ambil Data di Python

```
import cv2  
import numpy as np  
import serial  
import time  
import os  
import warnings  
import threading  
import csv  
from datetime import datetime  
  
warnings.filterwarnings("ignore", category=UserWarning)  
  
# =====  
# INITIAL CONFIGURATION  
# =====  
  
SERIAL_PORT = "/dev/ttyUSB0"  
  
BAUDRATE = 115200  
  
EMA_ALPHA = 0.3  
  
IMAGE_FOLDER = "saved_images"
```

Hak Cipta :

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

```

LOG_CSV_PATH = "data_log_sawi.csv"

if not os.path.exists(IMAGE_FOLDER):
    os.makedirs(IMAGE_FOLDER)

TEMP_IMAGE_PATH = "temp_frame.jpg"

latest_sensor_data = None
ema = {"136": 0.0, "137": 0.0}

is_first_run = True
running = True

# =====
# SERIAL INITIALIZATION
# =====

def init_serial(port, baud):
    print(f'Connecting to serial port ({port})...')
    try:
        ser = serial.Serial(port, baud, timeout=0.1)
        time.sleep(2)
        ser.flushInput()
        print("â€¦ Serial connected successfully!")
        return ser
    except Exception as e:
        print(f'â€œ Failed serial connection: {e}')
        exit()

# =====

# CSV LOG INITIALIZATION
# =====

def init_csv_log(file_path):
    if not os.path.exists(file_path):
        with open(file_path, mode='w', newline="", encoding='utf-8') as f:

```

Hak Cipta :

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

```
writer = csv.writer(f, delimiter=';')

writer.writerow([

    "Realtime",

    "Arduino Timestamp",

    "MQ136 Raw",

    "MQ136 EMA",

    "MQ137 Raw",

    "MQ137 EMA",

    "Mean H",

    "Mean S",

    "Mean V",

    "Image Filename"

])

print(f' CSV created: {file_path} ")

# =====
# SERIAL THREAD
# =====

def serial_reader_thread(ser):

    global latest_sensor_data, ema, is_first_run, running

    while running:

        try:

            if ser.in_waiting > 0:

                line = ser.readline().decode(errors='ignore').strip()

                if not line:

                    continue

            parts = line.split(",")

            if len(parts) == 5:
```

Hak Cipta :

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

```

try:
    latest_sensor_data = {
        "timestamp": int(parts[0]),
        "mq136": float(parts[1]),
        "mq137": float(parts[2]),
        "temperature": float(parts[3]),
        "humidity": float(parts[4])
    }
    # EMA
    if is_first_run:
        ema["136"] = latest_sensor_data["mq136"]
        ema["137"] = latest_sensor_data["mq137"]
        is_first_run = False
    else:
        ema["136"] = (
            EMA_ALPHA * latest_sensor_data["mq136"]
        ) + ((1 - EMA_ALPHA) * ema["136"])
        ema["137"] = (
            EMA_ALPHA * latest_sensor_data["mq137"]
        ) + ((1 - EMA_ALPHA) * ema["137"])
except:
    pass

time.sleep(0.01)
except Exception as e:
    print(f'â€” Serial Thread Error: {e}')
    time.sleep(1)

```

=====

Hak Cipta :

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

CAMERA PROCESS

=====

```
def capture_and_process_frame(save_image=True):

    cmd = (

        f"LIBCAMERA_LOG_LEVELS=3 rpicas-still -o {TEMP_IMAGE_PATH}

        f"--width 2592 --height 1944 -t 50 --nopreview > /dev/null 2>&1"

    )

    ret_code = os.system(cmd)

    if ret_code != 0 or not os.path.exists(TEMP_IMAGE_PATH):

        print(" Camera error")

        return 0, 0, 0, None

    full_frame = cv2.imread(TEMP_IMAGE_PATH)

    if os.path.exists(TEMP_IMAGE_PATH):

        os.remove(TEMP_IMAGE_PATH)

    if full_frame is None:

        return 0, 0, 0, None

    frame = cv2.resize(full_frame, (640, 480))

    timestamp_str = datetime.now().strftime("%Y%m%d_%H%M%S")

    filename = f"sawi_{timestamp_str}.jpg"

    # Simpan foto hanya jika save_image=True

    if save_image:

        save_path = os.path.join(IMAGE_FOLDER, filename)

        cv2.imwrite(save_path, frame)

    else:

        filename = None

    # ROI

    h_img, w_img = frame.shape[:2]
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```
x1, x2 = int(w_img * 0.1), int(w_img * 0.9)
y1, y2 = int(h_img * 0.1), int(h_img * 0.9)

roi = frame[y1:y2, x1:x2]
hsv = cv2.cvtColor(roi, cv2.COLOR_BGR2HSV)
lower_green = np.array([35, 50, 50])
upper_green = np.array([85, 255, 255])
mask = cv2.inRange(hsv, lower_green, upper_green)
green_pixels = hsv[mask > 0]
if green_pixels.size > 0:
    mean_h = float(np.mean(green_pixels[:, 0]))
    mean_s = float(np.mean(green_pixels[:, 1]))
    mean_v = float(np.mean(green_pixels[:, 2]))
else:
    mean_h, mean_s, mean_v = 0, 0, 0
return mean_h, mean_s, mean_v, filename
# =====
# SAVE CSV
# =====
def save_to_csv(data, ema_val, m_h, m_s, m_v, filename):
    now_str = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")

    with open(LOG_CSV_PATH, mode='a', newline="", encoding='utf-8') as f:
        writer = csv.writer(f, delimiter=';')
        writer.writerow([
            now_str,
            data['timestamp'],
            data['mq136'],
```

Hak Cipta :

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

```

ema_val['136'],
data['mq137'],
ema_val['137'],
data['temperature'],
data['humidity'],
f'{m_h:.2f}',
f'{m_s:.2f}',
f'{m_v:.2f}',
filename
    )
# =====
# TERMINAL LOG
# =====
def log_to_terminal(data, ema_val, m_h, m_s, m_v, filename=None):
    print("\n=====")
    print(f"Timestamp : {data['timestamp']} ms")
    if filename:
        print(f"Image : {filename}")
    print("\n=== GAS SENSOR ===")
    print(f"MQ136 : {data['mq136']:.2f} -> EMA {ema_val['136']:.2f}")
    print(f"MQ137 : {data['mq137']:.2f} -> EMA {ema_val['137']:.2f}")
    print("\n=== ENVIRONMENT ===")
    print(f"Temperature : {data['temperature']:.1f} Â°C")
    print(f"Humidity : {data['humidity']:.1f} %")
    print("\n=== HSV FEATURES ===")
    print(f"H : {m_h:.2f}")
    print(f"S : {m_s:.2f}")
    print(f"V : {m_v:.2f}")

```

Hak Cipta :

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

```

print("=====")
# =====
# MAIN
# =====

def main():
    global latest_sensor_data, ema, running
    ser = init_serial(SERIAL_PORT, BAUDRATE)

    init_csv_log(LOG_CSV_PATH)
    t = threading.Thread(
        target=serial_reader_thread,
        args=(ser,),
        daemon=True
    )
    t.start()
    print("System Ready")
    print("Ketik '/' untuk capture & simpan, 'o' untuk cek saja ('exit' untuk keluar)")
    while True:
        try:
            user_input = input(
                "\nKetik '/' untuk capture & simpan, 'o' untuk cek saja ('exit' untuk
keluar): "
            ).strip()
            if user_input.lower() == 'exit':
                break

            # === CEK PARAMETER TANPA RECORD MAUPUN FOTO ===

            if user_input == 'o':

```

Hak Cipta :

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

```
if latest_sensor_data is None:
    print("Data sensor belum tersedia")
    continue

print("Cek parameter saja (tanpa simpan CSV)...")
snap_sensor = latest_sensor_data.copy()
snap_ema = ema.copy()
mean_h, mean_s, mean_v, _ = capture_and_process_frame(
    save_image=False
)
log_to_terminal(
    snap_sensor,
    snap_ema,
    mean_h,
    mean_s,
    mean_v,
    None
)
print("HSV + GAS dicek (tidak disimpan)")
if user_input == 'o':
    if latest_sensor_data is None:
        print("Data sensor belum tersedia")
        continue

print("Cek parameter saja (tanpa foto, tanpa CSV)...")
snap_sensor = latest_sensor_data.copy()
snap_ema = ema.copy()
# TIDAK ambil foto
mean_h, mean_s, mean_v = 0, 0, 0
```

Hak Cipta :

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

```
filename = None
# Hanya log di terminal
log_to_terminal(
    snap_sensor,
    snap_ema,
    mean_h,
    mean_s,
    mean_v,
    filename
)

print("Parameter ditampilkan (tidak disimpan ke CSV maupun foto)")
# === CAPTURE & RECORD ===
if user_input == '/':
    if latest_sensor_data is None:
        print(" Data sensor belum tersedia")
        continue
    print(" Processing & saving...")
    snap_sensor = latest_sensor_data.copy()
    snap_ema = ema.copy()
    m_h, m_s, m_v, filename = capture_and_process_frame()
    if filename is None:
        print("âœŒ Gagal capture gambar")
        continue
    save_to_csv(
        snap_sensor,
        snap_ema,
        m_h,
        m_s,
```

Hak Cipta :

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

```
m_v,
filename
)
log_to_terminal(
    snap_sensor,
    snap_ema,
    m_h,
    m_s,
    m_v,
    filename
)
print("âœ… Data tersimpan ke CSV")
except KeyboardInterrupt:
    break
except Exception as e:
    print(f" Error: {e}")
running = False
time.sleep(0.2)
ser.close()
print(" Program terminated")
if __name__ == "__main__":
    main()
```

Lampiran 5. Kode Program Training Dataset di Python

```
import os
import joblib
import csv
import numpy as np
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```
import pandas as pd
import seaborn as sns
import matplotlib.pyplot as plt

from sklearn.model_selection import train_test_split
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier
from sklearn.metrics import (
    accuracy_score,
    precision_score,
    recall_score,
    f1_score,
    roc_auc_score,
    confusion_matrix,
    roc_curve,
)
import sys

sys.stdout.reconfigure(encoding='utf-8')
# =====
# 1. LOAD, CLEAN, & MERGE DATASET REVISI
# =====

FILE_SEGAR = "segar_data_log_sawi_REVISI.csv"
FILE_LAYU = "layu_data_log_sawi_REVISI.csv"

print(" Memuat dan menyatukan dataset...")

if not os.path.exists(FILE_SEGAR) or not os.path.exists(FILE_LAYU):
```



Hak Cipta :

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

```
print(" Error: Pastikan file 'segar_data_log_sawi_REVISI.csv' dan  
'layu_data_log_sawi_REVISI.csv' ada di folder ini!")
```

```
exit()
```

```
df_segar = pd.read_csv(FILE_SEGAR, delimiter=";")
```

```
df_layu = pd.read_csv(FILE_LAYU, delimiter=";")
```

```
df_segar.columns = [c.strip() for c in df_segar.columns]
```

```
df_layu.columns = [c.strip() for c in df_layu.columns]
```

```
df_segar = df_segar[df_segar["Mean_H"] > 0]
```

```
df_layu = df_layu[df_layu["Mean_H"] > 0]
```

```
df_segar["kesegaran"] = 1
```

```
df_layu["kesegaran"] = 0
```

```
df_all = pd.concat([df_segar, df_layu], ignore_index=True)
```

```
X = df_all[["MQ136 EMA", "MQ137 EMA", "Mean_H"]].copy()
```

```
X.columns = ["EMA_MQ136", "EMA_MQ137", "H"]
```

```
y = df_all["kesegaran"]
```

```
print(f' Dataset Berhasil Disatukan & Dibersihkan!')
```

```
print(f' - Total Sawi Segar (Label 1): {len(df_segar)} sampel')
```

```
print(f' - Total Sawi Layu (Label 0): {len(df_layu)} sampel')
```

```
print(f' - Total Keseluruhan Data : {len(df_all)} sampel')
```

```
# =====
```

Hak Cipta :

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

2. SPLITTING DATA (TRAIN=60%, VAL=20%, TEST=20%)

=====

```
X_temp, X_test, y_temp, y_test = train_test_split(
    X, y, test_size=0.20, random_state=42, stratify=y
)
```

```
X_train, X_val, y_train, y_val = train_test_split(
    X_temp, y_temp, test_size=0.25, random_state=42, stratify=y_temp
)
```

```
print(f"\n Distribusi Pembagian Data:")
print(f" - Data Train    : {len(X_train)} sampel (60%)")
print(f" - Data Validation: {len(X_val)} sampel (20%)")
print(f" - Data Test      : {len(X_test)} sampel (20%)")
```

=====

3. SCALING DATA

=====

```
scaler = StandardScaler()
X_train_scaled = scaler.fit_transform(X_train)
X_val_scaled = scaler.transform(X_val)
X_test_scaled = scaler.transform(X_test)
```

```
joblib.dump(scaler, "scaler_gas.pkl")
print("\n Scaler standardisasi berhasil disimpan sebagai 'scaler_gas.pkl'")
```

=====

4. FUNGSI EVALUASI & PLOTTING METRIK GANDA

Hak Cipta :

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

```
# =====

def evaluasi_lengkap(model, X_data, y_data, nama_model, tipe_data):

    y_pred = model.predict(X_data)

    if hasattr(model, "predict_proba"):
        y_prob = model.predict_proba(X_data)[: , 1]
    else:
        y_prob = model.decision_function(X_data)

    acc = accuracy_score(y_data, y_pred)
    prec = precision_score(y_data, y_pred, zero_division=0)
    rec = recall_score(y_data, y_pred, zero_division=0)
    f1 = f1_score(y_data, y_pred, zero_division=0)
    roc_auc = roc_auc_score(y_data, y_prob)

    print(f"\n[{tipe_data}] DATA PERFORMANCE - {nama_model}")
    print(f" Accuracy : {acc:.4f} | Precision : {prec:.4f}")
    print(f" Recall   : {rec:.4f} | F1-Score : {f1:.4f}")
    print(f" ROC AUC  : {roc_auc:.4f}")

    cm = confusion_matrix(y_data, y_pred)

    return cm, y_prob

def plot_metrik(cm_val, y_prob_val, cm_test, y_prob_test, y_val_gt, y_test_gt,
nama_model):

    fig, ax = plt.subplots(2, 2, figsize=(12, 10))

    sns.heatmap(cm_val, annot=True, fmt="d", cmap="Blues", ax=ax[0, 0],
```

Hak Cipta :

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

```

xticklabels=["Layu (0)", "Segar (1)"], yticklabels=["Layu (0)", "Segar
(1)"])
ax[0, 0].set_title(f'CM Validation - {nama_model}')
ax[0, 0].set_ylabel("Aktual")
ax[0, 0].set_xlabel("Prediksi")

sns.heatmap(cm_test, annot=True, fmt="d", cmap="Greens", ax=ax[0, 1],
            xticklabels=["Layu (0)", "Segar (1)"], yticklabels=["Layu (0)", "Segar
(1)"])
ax[0, 1].set_title(f'CM Test - {nama_model}')
ax[0, 1].set_ylabel("Aktual")
ax[0, 1].set_xlabel("Prediksi")

fpr_v, tpr_v, _ = roc_curve(y_val_gt, y_prob_val)
ax[1, 0].plot(fpr_v, tpr_v, color="orange", label=f'Val AUC =
{roc_auc_score(y_val_gt, y_prob_val):.4f}')
ax[1, 0].plot([0, 1], [0, 1], "k--")
ax[1, 0].set_title(f'ROC Validation - {nama_model}')
ax[1, 0].set_xlabel("False Positive Rate")
ax[1, 0].set_ylabel("True Positive Rate")
ax[1, 0].legend(loc="lower right")

fpr_t, tpr_t, _ = roc_curve(y_test_gt, y_prob_test)
ax[1, 1].plot(fpr_t, tpr_t, color="red", label=f'Test AUC =
{roc_auc_score(y_test_gt, y_prob_test):.4f}')
ax[1, 1].plot([0, 1], [0, 1], "k--")
ax[1, 1].set_title(f'ROC Test - {nama_model}')
ax[1, 1].set_xlabel("False Positive Rate")
ax[1, 1].set_ylabel("True Positive Rate")

```

Hak Cipta :

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

```
ax[1, 1].legend(loc="lower right")

plt.suptitle(f'EVALUASI AKHIR MODEL: {nama_model.upper()}',
fontsize=16, fontweight='bold')

plt.tight_layout()

plt.show()

# =====
# 5. RANDOM FOREST TRAINING & EVALUATION
# =====

print("\n" + "="*25 + " RANDOM FOREST TRAINING " + "="*25)
rf_model = RandomForestClassifier(n_estimators=100, random_state=42)
rf_model.fit(X_train_scaled, y_train)

cm_rf_val, prob_rf_val = evaluasi_lengkap(rf_model, X_val_scaled, y_val,
"Random Forest", "VALIDATION")

cm_rf_test, prob_rf_test = evaluasi_lengkap(rf_model, X_test_scaled, y_test,
"Random Forest", "TEST")

plot_metrik(cm_rf_val, prob_rf_val, cm_rf_test, prob_rf_test, y_val, y_test,
"Random Forest")

importances = rf_model.feature_importances_

df_importance = pd.DataFrame({"Fitur": X.columns, "Importance Coefficient":
importances})

df_importance = df_importance.sort_values(by="Importance Coefficient",
ascending=False).reset_index(drop=True)

print("\n--- Feature Importance (Kontribusi Sensor ke Random Forest) ---")

print(df_importance)
```

Hak Cipta :

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

```
joblib.dump(rf_model, "model_rf_gas.pkl")
```

```
print(" File Model 'model_rf_gas.pkl' sukses disimpan.")
```

```
print("\n Seluruh rangkaian pelatihan model selesai dengan sukses!")
```

Lampiran 6. Kode Program Uji Model di Python

```
import cv2
```

```
import numpy as np
```

```
import serial
```

```
import time
```

```
import os
```

```
import warnings
```

```
import threading
```

```
import csv
```

```
import joblib # Tambahan untuk load model Machine Learning
```

```
from datetime import datetime
```

```
warnings.filterwarnings("ignore", category=UserWarning)
```

```
# =====
```

```
# INITIAL CONFIGURATION
```

```
# =====
```

```
SERIAL_PORT = "/dev/ttyUSB0"
```

```
BAUDRATE = 115200
```

```
EMA_ALPHA = 0.3
```

```
IMAGE_FOLDER = "saved_images"
```

Hak Cipta :

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

```
LOG_CSV_PATH = "data_log_sawi.csv"
```

```
if not os.path.exists(IMAGE_FOLDER):
```

```
    os.makedirs(IMAGE_FOLDER)
```

```
TEMP_IMAGE_PATH = "temp_frame.jpg"
```

```
latest_sensor_data = None
```

```
ema = {"136": 0.0, "137": 0.0}
```

```
is_first_run = True
```

```
running = True
```

```
# =====
```

```
# LOAD MACHINE LEARNING MODEL
```

```
# =====
```

```
print(" Memuat Model AI...")
```

```
try:
```

```
    scaler = joblib.load("scaler_gas.pkl")
```

```
    rf_model = joblib.load("model_rf_gas.pkl")
```

```
    print(" Model Random Forest dan Scaler berhasil dimuat!")
```

```
except Exception as e:
```

```
    print(f" Gagal memuat model AI: {e}")
```

```
    print("Pastikan file 'scaler_gas.pkl' dan 'model_rf_gas.pkl' ada di folder ini!")
```

```
    exit()
```

```
# =====
```

```
# SERIAL INITIALIZATION
```

```
# =====
```

Hak Cipta :

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

```
def init_serial(port, baud):
    print(f" Connecting to serial port ({port})...")
    try:
        ser = serial.Serial(port, baud, timeout=0.1)
        time.sleep(2)
        ser.flushInput()
        print(" Serial connected successfully!")
        return ser
    except Exception as e:
        print(f" Failed serial connection: {e}")
        exit()

# =====
# CSV LOG INITIALIZATION (Sudah Ditambah Kolom Prediksi)
# =====

def init_csv_log(file_path):
    if not os.path.exists(file_path):
        with open(file_path, mode='w', newline='') as f:
            writer = csv.writer(f, delimiter=';')
            writer.writerow([
                "Realtime", "Arduino Timestamp",
                "MQ136 Raw", "MQ136 EMA",
                "MQ137 Raw", "MQ137 EMA",
                "Temp", "Hum",
                "Mean_H", "Mean_S", "Mean_V",
                "Image_File", "Prediksi_Label", "Status" # <-- REVISI: Tambah kolom
            ])
    print(f" Created new log file: {file_path}")
```

Hak Cipta :

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

```
# =====  
#  
# =====  
  
def capture_and_process_frame():  
    os.system(f'rpicam-still -o {TEMP_IMAGE_PATH} -t 1 --nopreview --width  
1080 --height 900")  
  
    frame = cv2.imread(TEMP_IMAGE_PATH)  
    if frame is None:  
        print(" Gagal membaca gambar dari kamera")  
        return None, None, None, None  
  
    frame = cv2.resize(frame, (1080, 900))  
    frame_blur = cv2.GaussianBlur(frame, (5, 5), 0)  
    hsv = cv2.cvtColor(frame_blur, cv2.COLOR_BGR2HSV)  
    h, s, v = cv2.split(hsv)  
  
    # Rentang warna HSV untuk daun hijau (Sesuai eksperimenmu)  
    lower_green = np.array([35, 50, 50])  
    upper_green = np.array([85, 255, 255])  
  
    mask = cv2.inRange(hsv, lower_green, upper_green)  
  
    pixel_daun = cv2.countNonZero(mask)  
    if pixel_daun == 0:  
        print("Tidak ada area daun terdeteksi (Masking gagal)")  
        mean_h, mean_s, mean_v = 0.0, 0.0, 0.0
```

Hak Cipta :

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

else:

```
mean_h = cv2.mean(h, mask=mask)[0]
```

```
mean_s = cv2.mean(s, mask=mask)[0]
```

```
mean_v = cv2.mean(v, mask=mask)[0]
```

```
timestamp = datetime.now().strftime("%Y%m%d_%H%M%S")
```

```
filename = f"sawi_{timestamp}.jpg"
```

```
filepath = os.path.join(IMAGE_FOLDER, filename)
```

```
cv2.imwrite(filepath, frame)
```

```
return round(mean_h, 2), round(mean_s, 2), round(mean_v, 2), filename
```

```
# =====
```

```
# THREAD: BACA SERIAL ARDUINO TERUS MENERUS
```

```
# =====
```

```
def read_serial_data(ser):
```

```
    global latest_sensor_data, ema, is_first_run, running
```

```
    while running:
```

```
        if ser.in_waiting > 0:
```

```
            try:
```

```
                line = ser.readline().decode('utf-8').strip()
```

```
                if not line or "System Ready" in line:
```

```
                    continue
```

```
                parts = line.split(';')
```

```
                if len(parts) == 7:
```

```
                    ard_ts = parts[0]
```

Hak Cipta :

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

```

raw_136 = float(parts[1])
raw_137 = float(parts[3])
temp = float(parts[5])
hum = float(parts[6])

if is_first_run:
    ema["136"] = raw_136
    ema["137"] = raw_137
    is_first_run = False
else:
    ema["136"] = (EMA_ALPHA * raw_136) + ((1 - EMA_ALPHA) *
ema["136"])
    ema["137"] = (EMA_ALPHA * raw_137) + ((1 - EMA_ALPHA) *
ema["137"])

latest_sensor_data = {
    "ts": ard_ts,
    "raw136": raw_136,
    "raw137": raw_137,
    "temp": temp,
    "hum": hum
}

except Exception as e:
    pass

time.sleep(0.05)

# =====
# SAVE TO CSV (Sudah Direvisi Untuk Menyimpan Hasil AI)
# =====

```

Hak Cipta :

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

```
def save_to_csv(sensor, snap_ema, m_h, m_s, m_v, filename, prediksi, status):
    now_str = datetime.now().strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")
    row = [
        now_str, sensor["ts"],
        sensor["raw136"], snap_ema["136"],
        sensor["raw137"], snap_ema["137"],
        sensor["temp"], sensor["hum"],
        m_h, m_s, m_v, filename,
        prediksi, status # <-- REVISI: Masukkan hasil prediksi ke row CSV
    ]
    with open(LOG_CSV_PATH, mode='a', newline='') as f:
        writer = csv.writer(f, delimiter=';')
        writer.writerow(row)

# =====
# MAIN PROGRAM
# =====

def main():
    global running, latest_sensor_data, ema

    init_csv_log(LOG_CSV_PATH)
    ser = init_serial(SERIAL_PORT, BAUDRATE)

    t = threading.Thread(target=read_serial_data, args=(ser,), daemon=True)
    t.start()

    print("\n System Ready - AI Engine Active")
```

Hak Cipta :

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

```
while True:
    try:
        user_input = input("\n Ketik 'R' untuk uji sawi ('exit' untuk keluar):
        ").strip().upper()

        if user_input == 'EXIT':
            break

        if user_input == 'R':
            if latest_sensor_data is None:
                print(" Data sensor gas dari Arduino belum tersedia, tunggu sebentar...")
                continue

            print(" Mengambil gambar dan menganalisis...")

            snap_sensor = latest_sensor_data.copy()
            snap_ema = ema.copy()

            m_h, m_s, m_v, filename = capture_and_process_frame()

            if filename is None or m_h == 0.0:
                print(" Analisis dibatalkan karena gambar gagal diproses atau daun
                tidak terdeteksi.")
                continue

            # =====

            # INFERENSI MACHINE LEARNING (URUTAN SUDAH
            DIPERBAIKI SIKRON TRAINING)

            # =====
```

Hak Cipta :

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

REVISI URUTAN: H, EMA_MQ136, EMA_MQ137 (Sesuai model akurasi 98.33%)

=====

INFERENSI MACHINE LEARNING (URUTAN SUDAH DISINKRONKAN DENGAN TRAINING)

=====

FIX: Harus urutan MQ136, MQ137, baru m_h (Sesuai dengan bentukan data di Train.py)

fitur_multimodal = np.array([[snap_ema["136"], snap_ema["137"], m_h]])

1. Standardisasi data pakai Scaler

fitur_scaled = scaler.transform(fitur_multimodal)

2. Prediksi pakai Random Forest

prediksi = rf_model.predict(fitur_scaled)[0]

status = "Segar" if prediksi == 1 else "Layu"

3. Tampilkan Hasil Super Keren ke Terminal

print("\n" + "="*45)

print(" HASIL ANALISIS SENSOR & AI")

print("="*45)

print(f" H2S (MQ136) : {snap_ema['136']:.4f} PPM")

print(f" NH3 (MQ137) : {snap_ema['137']:.4f} PPM")

print(f" Visual (Hue): {m_h:.2f}")

print("-" * 45)

print(f" KESIMPULAN : [SAWI {status.upper()}]")

print("="*45 + "\n")



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```
# REVISI: Sekarang save_to_csv ikut mengirim data prediksi dan status
save_to_csv(snap_sensor, snap_ema, m_h, m_s, m_v, filename, prediksi,
status)

print(f' Data tersimpan ke {LOG_CSV_PATH} dan gambar
{filename}\n")

except KeyboardInterrupt:
    break
except Exception as e:
    print(f' Error: {e}')

running = False
time.sleep(0.2)
ser.close()
print(" Program dihentikan.")

if __name__ == "__main__":
    main()
```