



© 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 :

**Perancangan Sistem Akuisi Data Visual dan Gas Volatil Pada
Sistem Kelayakan Sayur Sawi Pasca Pasar Berbasis Raspberry pi**

SKRIPSI

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Jaka Elsa Praselia

2203431002

**PROGRAM STUDI INSTRUMENTASI DAN KONTROL
INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK 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 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 :

**Perancangan Sistem Akuisi Data Visual dan Gas Volatil Pada
Sistem Kelayakan Sayur Sawi Pasca Pasar Berbasis Raspberry pi**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana
Terapan**

Jaka Elsa Praselia

2203431002

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



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

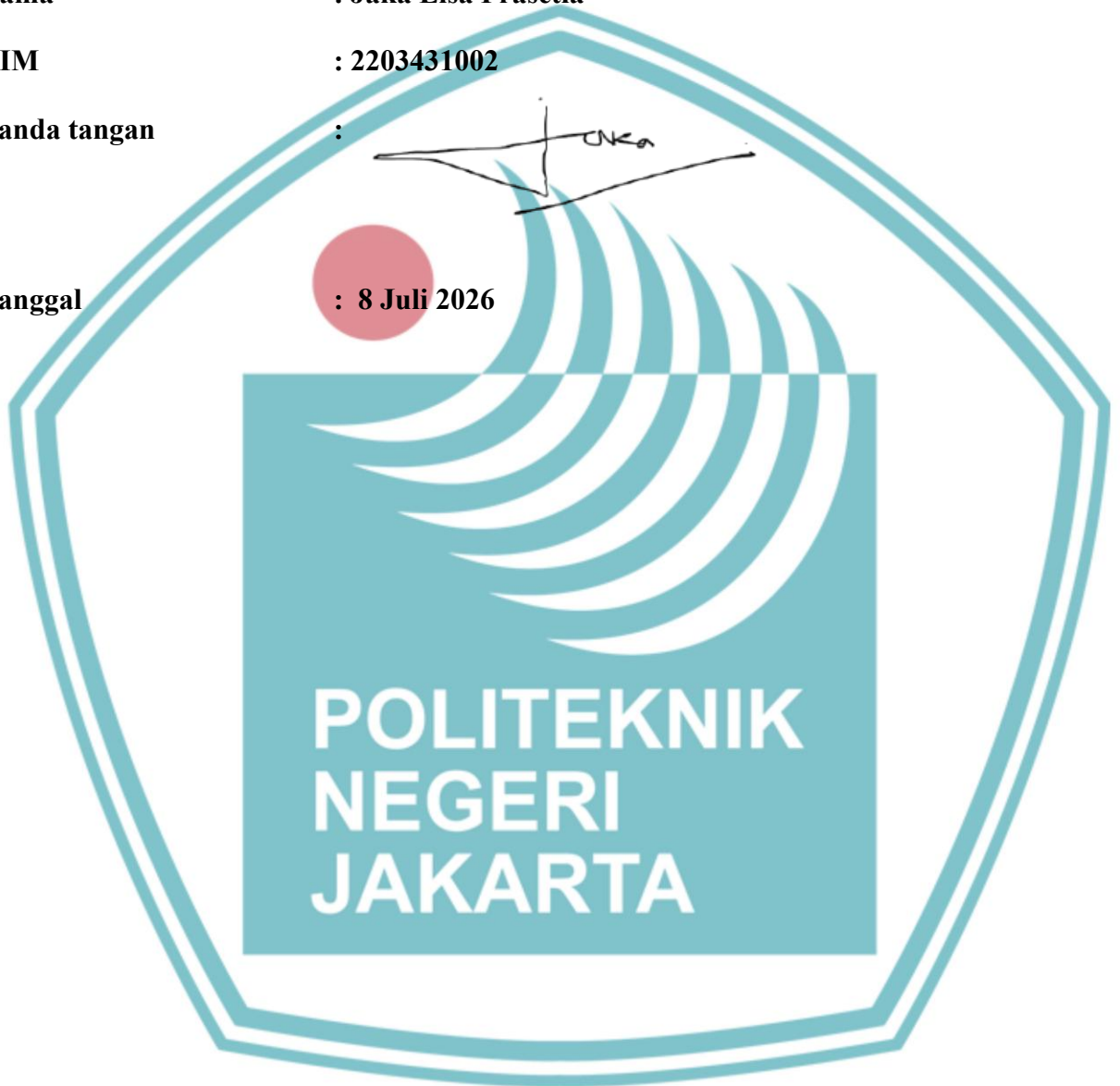
Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Jaka Elsa Praselia

NIM : 2203431002

Tanda tangan : 

Tanggal : 8 Juli 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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Tugas Akhir diajukan oleh :

Nama : Jaka Elsa Prasetya

NIM : 2203431002

Program Studi : Instrumentasi dan Kontrol Industri

Judul Tugas Akhir : Perancangan Sistem Akuisi Data Visual dan Gas Volatil
Pada Sistem Kelayakan Sayur Sawi Pasca Pasar Berbasis
Raspberry pi

Telah diuji oleh tim penguji dalam sidang tugas akhir pada 15 Juni 2026 dan
dinyatakan **LULUS**

Pembimbing I

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. 19780331200322002

**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



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

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah Azza wa Jalla atas segala limpahan rahmat dan karunia, serta petunjuk-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini sampai dengan selesai. Skripsi yang berjudul “Perancangan Sistem Akuisi Data Visual dan Gas Volatil Pada Sistem Kelayakan Sayur Sawi Pasca Pasar Berbasis Raspberry pi” ini disusun sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Terapan di Politeknik. Penulis menyadari bahwa pencapaian ini tentu bukan hasil usaha pribadi semata, melainkan berkat dukungan, arahan, dan bantuan dari banyak pihak sejak masa perkuliahan hingga proses penyusunan skripsi ini. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Murie Dwiyanti, S.T., M.T, selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro;
2. Sulis Setiowati, S.pd., M. Eng, selaku Ketua Program Studi Teknik Instrumentasi dan Kontrol Industri sekaligus Dosen Pembimbing penulis;
3. Rekan penelitian Fadillah Yaseer yang membantu saya, dan teman lain yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan di masa yang akan datang.

New Taipei, 8 Juli 2026

Jaka Elsa Prasetya



ABSTRAK

Sayur sawi hijau (*Brassica juncea L*) rentan mengalami degradasi kualitas biokimia pasca-pasar akibat respirasi seluler. Penelitian ini merancang sistem akuisisi data multivariabel berbasis Raspberry Pi 5 untuk memantau kelayakan sawi melalui parameter gas volatil dan visual. Perangkat keras berupa larik sensor MQ-136, MQ-137, dan Raspberry Pi Camera diintegrasikan ke dalam wadah pengujian kedap udara. Kalibrasi sensor menggunakan metode regresi logaritmik untuk mengonversi rasio resistansi R_s/R_o menjadi satuan *Parts Per Million* (PPM). Pada pengolahan citra, segmentasi ruang warna *Hue, Saturation, Value* (HSV) diterapkan untuk mengisolasi helai daun dengan mengunci batas bawah [35, 50, 50] and batas atas [85, 255, 255]. Hasil pengujian kalibrasi menunjukkan akurasi dengan rata-rata galat komparatif sebesar 4,29% untuk sensor MQ-136 H_2S dan 9,49% untuk sensor MQ-137 NH_3 terhadap referensi *datasheet*. Pada pengujian komparatif kesegaran, sawi segar dicirikan oleh emisi gas sulfur yang minimum (rata-rata 0,21 PPM), amoniak statis (0,01 PPM), serta nilai rata-rata *Hue* klorofil yang tinggi sebesar 70,45. Sebaliknya, pada kondisi layu, kadar gas sulfur meningkat tajam menjadi rata-rata 1,02 PPM sementara nilai *Hue* menukik turun menjadi 42,99, diikuti kenaikan parameter *Saturation* (109,99) dan *Value* (190,89) akibat dehidrasi tekstur daun. Delta sebaran data yang terklaster secara konsisten ini membuktikan sistem yang dirancang memiliki validitas tinggi untuk menyediakan basis data fitur masukan bagi algoritma klasifikasi *Random Forest* dalam menentukan klasifikasi sawi hijau pasca-pasar.

Kata Kunci: Sawi Hijau, Raspberry Pi, Sensor MQ-136, Sensor MQ-137, Ruang Warna HSV, Regresi Logaritmik.

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



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

ABSTRACT

Mustard greens (*Brassica juncea L*) is highly susceptible to post-market quality degradation driven by cellular respiration. This research designs a Raspberry Pi 5-based multivariate data acquisition system to monitor choy sum viability through volatile gas and visual parameters. Hardware components consisting of MQ-136, MQ-137 sensors, and a Raspberry Pi Camera are integrated into an airtight test chamber. Sensor calibration applies a logarithmic regression method to translate the resistance ratio R_s/R_o into Parts Per Million (PPM). In image processing, *Hue*, *Saturation*, *Value* (HSV) color space segmentation is used to isolate leaf blades by locking a lower threshold of [35, 50, 50] and an upper threshold of [85, 255, 255]. Calibration results demonstrate accuracy, yielding an average comparative error of 4.29% for the MQ-136 (H_2S) sensor and 9.49% for the MQ-137 (NH_3) sensor against datasheet references. In comparative freshness testing, fresh samples are characterized by minimal sulfur emissions (averaging 0.21 PPM), static ammonia levels (0.01 PPM), and a high average *Hue* value of 70.45. Conversely, under wilted conditions, sulfur gas rises sharply to an average of 1.02 PPM, while the *Hue* value drops significantly to 42.99, accompanied by an expansion in *Saturation* (109.99) and *Value* (190.89) due to leaf dehydration. This consistently clustered dataset distribution proves that the designed system possesses high validity in providing input feature databases for the *Random Forest* classification algorithm to determine the post-market viability grade of Mustard greens.

Keywords: Mustard greens, Raspberry Pi, MQ-136 Sensor, MQ-137 Sensor, HSV Color Space, Logarithmic Regression.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Luaran.....	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 <i>State of Art</i>	5
2.2 Karakteristik Sawi Hijau (<i>Brassica juncea L.</i>).....	9
2.2.1 Klasifikasi dan Morfologi Sawi.....	9
2.2.2 Proses Dekomposisi dan Senyawa Volatil.....	10
2.2.3 Pengujian Non-destructive	12
2.3 Ruang Warna HSV	13
2.4 Kalibrasi Sensor	15
2.5 Regresi Logaritmik	15
2.6 Perangkat Keras.....	18
2.6.1 Arduino Uno	18
2.6.2 Single Board Computer (SBC) Raspberry Pi 5.....	19
2.6.3 Raspberry pi camera 5.....	19
2.6.4 Sensor MQ136	20
2.6.5 Sensor MQ137	22
2.7 Pemrograman python	24
2.7.1 Python	24

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

2.7.2	OpenCv	25
BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI		27
3.1	Perancangan Alat	27
3.1.1	Deskripsi Alat	28
3.1.2	Cara Kerja Alat.....	30
3.1.3	Diagram Alir Akuisisi Data.....	31
3.1.4	Spesifikasi Alat	33
3.1.5	Blok Diagram.....	35
3.1.6	Flowchart Kalibrasi	36
3.2	Realisasi Alat	37
3.3	Realisasi Program	40
3.3.1	Inisialisai Sistem	40
3.3.2	Pembacaan Data Sensor	42
3.3.3	Ekstraksi Nilai HSV	44
3.3.4	Pengiriman data serial Arduino Uno ke Raspberry Pi	45
3.3.5	Penyimpanan data CSV.....	46
3.4	Metode Kalibrasi.....	46
BAB IV PEMBAHASAN.....		48
4.1	Pengujian Nilai Ro Sensor MQ136 dan MQ137	48
4.1.1	Deskripsi Pengujian	48
4.1.2	Daftar peralatan	48
4.1.3	Prosedur pengujian.....	49
4.1.4	Data pengujian	49
4.1.5	Analisis Data	50
4.2	Kalibrasi dan Evaluasi.....	51
4.2.1	Deskripsi Pengujian	52
4.2.2	Daftar alat pengujian.....	52
4.2.3	Prosedur pengujian.....	53
4.2.4	Kalibrasi Sensor	53
4.2.5	Data Hasil Pengujian	54
4.2.6	Analisis	55
4.3	Preheating sensor.....	61
4.4	Pengujian HSV	63
4.4.1	Pengujian Pengaruh Cahaya.....	68
4.5	Pengujian Keseluruhan Sistem.....	70
4.5.1	Pengujian pada sayur sawi segar.....	70



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

4.5.2	Pengujian pada sayur sawi kuning-layu	71
4.5.3	Analisis data pengujian	72
BAB V PENUTUP		76
5.1	Kesimpulan	76
5.2	Saran	76
DAFTAR PUSTAKA		78
LAMPIRAN		82





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	9
Gambar 2.2 Arduino Uno	18
Gambar 2.3 SBC Raspberry Pi 5	19
Gambar 2.4 Raspberry pi camera 5	20
Gambar 2.5 Sensor MQ136.....	20
Gambar 2.6 Grafik karakteristik sensitivitas MQ136	22
Gambar 2.7 Sensor MQ137.....	22
Gambar 2.8 Kurva karakteristik sensitivitas MQ137	24
Gambar 3.1 Flowchart Sistem.....	28
Gambar 3.2 Flowchart Cara Kerja Alat	30
Gambar 3.3 Diagram Alir Akuisisi Data	31
Gambar 3.4 Blok Diagram	35
Gambar 3.5 Flowchart Kalibrasi	36
Gambar 3.6 Realisasi alat (a) Desain 3D (b) Hardware alat	38
Gambar 3.7 Runag Komponen.....	39
Gambar 3.8 Ruang Uji Chamber (a) ruang uji (b) sensor	39
Gambar 4.1 Grafik Nilai Ro	50
Gambar 4.2 Grafik perbandingan pengujian MQ136	57
Gambar 4.3 Grafik perbandingan pengujian MQ137	60
Gambar 4.4 Respon tren perubahan gas.....	74
Gambar 4.5 Respon trens perubahan nilai HSV	75

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>State Of Art</i>	5
Tabel 2.2 Spesifikasi MQ136.....	21
Tabel 2.3 Spesifikasi Sensor MQ137.....	23
Tabel 3.1 Spesifikasi Alat	33
Tabel 3.2 Keterangan Gambar Alat	38
Tabel 3.3 Keterangan Gambar Ruang komponen dan Ruang Uji.....	40
Tabel 4.1 Pengujian Ro Udara Bersih.....	49
Tabel 4.2 Data karakteristik datasheet sensor	53
Tabel 4.3 Pengujian sensor MQ136	55
Tabel 4.4 Pengujian sensor MQ137	55
Tabel 4.5 Hasil Pengujian MQ136.....	56
Tabel 4.6 Hasil pengujian MQ137.....	58
Tabel 4.7 Pengujian <i>preheat</i> sensor	62
Tabel 4.8 Proses <i>color filtering</i> pada daun saw hijau	63
Tabel 4.9 Perubahan Nilai H_low dan H_max	64
Tabel 4.10 Perubahan nilai S_low dan V_low.....	65
Tabel 4.11 Nilai batas atas dan bawah HSV	67
Tabel 4.12 Hasil Pengujian Pencahayaannya Terhadap Sawi Segar	68
Tabel 4.13 Hasil Pengujian Pencahayaannya Terhadap Sawi Layu	68
Tabel 4.14 Hasil pengujian sistem pada sawi segar.....	70
Tabel 4.15 Hasil pengujian sistem pada sawi layu	71
Tabel 4.16 Analisis data sawi segar	72
Tabel 4.17 Analisis data sawi layu.....	72

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

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 I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara agraris sangat bergantung pada sektor pertanian, khususnya subsektor hortikultura, untuk memperkuat ketahanan pangan dan menggerakkan roda ekonomi nasional. Seiring dengan meningkatnya populasi dan kesadaran masyarakat akan pola makan sehat, kebutuhan terhadap komoditas sayuran terus mengalami tren peningkatan yang signifikan (Syah dkk., 2025). Di antara berbagai jenis sayuran daun yang dibudidayakan secara masif, sawi hijau *Brassica juncea* L. atau *Brassica rapa* L merupakan salah satu komoditas unggulan karena memiliki siklus tanam yang pendek, adaptabilitas yang tinggi, serta tingkat konsumsi masyarakat yang sangat luas (Hermansyah dkk., 2021). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2023), produksi sawi nasional mencapai angka 686,87 ribu ton, yang mencerminkan ketergantungan pasar yang tinggi terhadap ketersediaan sayuran segar ini.

Namun, besarnya volume produksi ini berbanding lurus dengan tantangan besar di sisi hilir, yakni tingginya angka *food loss* dan *food waste* (FLW) di sepanjang rantai pasok. Kajian Bappenas mencatat bahwa Indonesia mengalami susut pangan mencapai 23 juta hingga 48 juta ton setiap tahunnya, atau setara dengan 115–184 kg/kapita/tahun. Salah satu titik kritis terjadinya *food loss* adalah pada fase pasca-pasar, di mana sayuran sisa pasar seringkali berakhir menjadi limbah karena penurunan kualitas visual yang membuat menurunnya minat beli konsumen. Banyak pedagang terpaksa membuang stok sayuran mereka segera setelah jam operasional pasar berakhir karena tidak adanya alat ukur objektif untuk menentukan kelayakan konsumsi.

Tantangan utama dalam rantai pasok sawi hijau terletak pada karakteristik biologisnya yang masuk dalam kategori *highly perishable* atau sangat mudah rusak (Thapa dkk., 2019). Sawi hijau memiliki laju respirasi dan transpirasi yang sangat tinggi setelah dipanen. Karena memiliki rasio luas permukaan terhadap volume yang besar, sawi hijau sangat rentan terhadap kehilangan air atau kelembapan yang menyebabkan jaringan menjadi layu secara cepat (Shezi dkk., 2024). Selain itu,



© 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

penurunan mutu ditandai dengan degradasi klorofil yang menyebabkan perubahan warna daun dari hijau tua yang segar menjadi menguning atau *yellowing* (Harnanik, 2018). Proses ini sering kali dibarengi dengan pelunakan tekstur akibat degradasi dinding sel oleh enzim selulase dan pektinase.

Selain perubahan visual, proses kerusakan jaringan pada sayuran famili *Brassicaceae* juga disertai dengan perubahan profil senyawa organik volatil atau *Volatile Organic Compounds* VOCs (Liu dkk., 2018). Studi analisis volatil oleh (Wieczorek dan Jeleń, 2019) menunjukkan bahwa sayuran Brassica menghasilkan berbagai senyawa volatil seperti alkohol, aldehida, sulfur compounds, dan turunan isothiocyanate yang berperan dalam karakteristik aroma dan kondisi fisiologis jaringan. Sawi hijau mengandung senyawa glukosinolat yang kaya akan belerang atau sulfur. 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 *smell odor* yang khas. Emisi gas-gas volatil ini dapat menjadi indikator akurat dan objektif dalam 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 dalam hal konsistensi dan akurasi. Metode inspeksi visual konvensional sering kali terlambat mendeteksi kerusakan internal yang sudah mulai terjadi di dalam jaringan. Seiring perkembangan teknologi, integrasi antara pengolahan citra digital untuk mendeteksi fitur warna dan bentuk batang dengan teknologi larik sensor gas memberikan peluang untuk membangun sistem klasifikasi yang lebih presisi. Penggunaan sensor gas yang sensitif, seperti MQ-136 untuk senyawa sulfur dan MQ-137 untuk gas amoniak, memungkinkan pemantauan kualitas secara *real-time*.

Dengan memanfaatkan metode machine learning, dalam penenilitan ini menggunakan metode Random Forest, sistem dapat menangani data multimodal yang menggabungkan fitur visual warna HSV daun dengan data kadar gas volatil



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

untuk menghasilkan model klasifikasi kelayakan yang stabil dan akurat. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi instrumentasi yang efisien dalam menjaga kualitas pangan, memberikan standarisasi objektif bagi pedagang, dan pada akhirnya menekan tingkat pembuangan sayuran di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan sistem akuisis data sensor MQ-136, MQ-137, dan Raspberry Pi Camera ke dalam sebuah wadah pengujian (*test chamber*) yang optimal?
2. Bagaimana mengkalibrasi sensor MQ-136 dan MQ-137 menggunakan persamaan regresi logaritmik rasio R_s/R_o untuk dapat dikonversi menjadi satuan konsentrasi gas ppm?
3. Bagaimana mengimplementasikan segmentasi citra pada Raspberry Pi untuk mengekstrak fitur warna Hue, Saturation, Value (HSV) dari daun sawi hijau?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengintegrasikan perangkat keras larik sensor gas (MQ-136 dan MQ-137) serta Raspberry Pi Camera ke dalam wadah pengujian (*test chamber*) kedap udara yang mendukung akumulasi gas secara optimal
2. Melakukan kalibrasi pada sensor MQ-136 dan MQ-137 menggunakan metode regresi logaritmik untuk mengubah rasio R_s/R_o menjadi satuan ppm (*parts per million*)
3. Mengembangkan program pengolahan citra digital pada Raspberry Pi untuk mengekstrak nilai parameter warna Hue, Saturation, Value (HSV) dari sampel sawi hijau sebagai representasi kondisi fisik sayuran.

1.4 Luaran

1. Satu unit alat sistem klasifikasi mutu sayuran yang terintegrasi
2. Laporan tugas akhir



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

1.5 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tetap terfokus dan tidak meluas ke pembahasan lain, penulis menetapkan batasan masalah sebagai berikut:

1. Objek penelitian difokuskan pada sayuran sawi hijau pasca-pasar.
2. Sensor gas yang digunakan terbatas pada sensor MQ136 dan MQ137
3. Parameter visual yang dianalisis dibatasi pada fitur warna dalam ruang warna HSV.
4. Klasifikasi sayuran dibatasi menjadi dua kategori, yaitu segar dan layu
5. Pengujian dilakukan dalam ruang uji tertutup dengan pencahayaan yang terkontrol.



Hak Cipta :

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

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pengujian, dan analisis yang telah dilakukan pada subsistem instrumentasi dan akuisisi data kelayakan sawi hijau, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. **Sistem mekanik dan perangkat keras** wadah pengujian (*test chamber*) telah berhasil direkayasa dan diintegrasikan dengan larik sensor gas (MQ-136 dan MQ-137) serta Raspberry Pi Camera. Desain wadah terbukti mampu mempertahankan kondisi kedap udara secara optimal, sehingga akumulasi emisi gas volatil dari sampel sawi hijau dapat terkonsentrasi tepat pada kepala sensor tanpa interferensi udara luar.
2. **Proses kalibrasi sensor gas** menggunakan metode regresi logaritmik berhasil diimplementasikan pada Arduino Uno. Sistem mampu mengonversi rasio R_s/R_o menjadi satuan konsentrasi ppm secara presisi dengan tingkat akurasi tinggi, ditunjukkan oleh nilai rata-rata persentase kesalahan (*error*) yang rendah, yaitu sebesar 4,29% untuk sensor MQ-136 dan 9,49% untuk sensor MQ-137.
3. **Segmentasi pengolahan citra digital** pada Raspberry Pi telah berhasil mengekstraksi fitur warna daun sawi hijau menggunakan ruang warna *Hue, Saturation, Value* (HSV). Pengujian menunjukkan bahwa nilai parameter *Hue* (H) memiliki sensitivitas yang sangat baik dan stabil dalam merekam degradasi fisik warna daun, di mana terjadi penurunan nilai *Hue* yang signifikan saat sampel sawi mengalami transisi dari fase segar (hijau) menuju fase busuk (kuning).

5.2 Saran

Untuk pengembangan dan penyempurnaan sistem instrumentasi pada penelitian selanjutnya, disarankan beberapa hal sebagai berikut:

1. **Penambahan kompensasi nilai Sensor Suhu dan Kelembapan:** Perlu diintegrasikan sensor lingkungan (seperti DHT22) di dalam *test chamber*,



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

karena karakteristik sensor gas tipe MQ sangat sensitif terhadap fluktuasi suhu dan kelembapan sekitar yang dapat memengaruhi resistansi dasar R_0 .

2. **Optimasi Waktu *Pre-Heating*:** Mengembangkan sistem manajemen daya otomatis untuk mengefisiensikan fase pemanasan awal (*pre-heating*) sensor agar tidak memakan waktu terlalu lama (30 menit) sebelum pengujian dimulai.
3. **Variasi Komoditas Sayuran:** Menguji sistem instrumen dan akuisisi data ini pada jenis sayuran daun hortikultura lainnya (*e.g.*, pakcoy atau bayam) guna menguji fleksibilitas dan keandalan sistem dalam mengenali karakteristik dekomposisi yang berbeda.





Hak Cipta :

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

DAFTAR PUSTAKA

- Al Atho, A. W., & Nazori, A. Z. (2021). Identifikasi tanaman pakcoy siap panen menggunakan pengolahan citra. *Jurnal Maestro*, 4(2), 223–232
- Akter, T., Bhattacharya, T., Kim, J.-H., Kim, M. S., Baek, I., Chan, D. E., & Cho, B.-K. (2024). A comprehensive review of external quality measurements of fruits and vegetables using nondestructive sensing technologies. *Journal of Agriculture and Food Research*, 15, 101068. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101068>
- Arifani, E. N., Purnama, S. I., Afandi, M. A., Kurnianto, D., & Latifasari, N. (2025). Freshness analysis of color, NH₃, H₂S, and pH on salmon spoilage using the PCA method. *E3S Web of Conferences*, 655, 01021. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202565501021>
- Arora, R., & Rani, H. (2020). Design and implementation of PWM based servo motor control system using PCA9685 for robotic applications. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 9(6), 1–4.
- Ayuningsih, dkk. (2019). Transformasi ruang warna RGB ke HSV pada pengolahan citra digital.
- Badan Pangan Nasional. (2023). Grasp 2030, NFA Ajak Semua Pihak Kolaborasi Tekan Food Loss and Waste (FLW). Diakses dari <https://badanpangan.go.id/blog/post/grasp-2030-nfa-ajak-semua-pihak-kolaborasi-tekan-food-loss-and-waste-flw>
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Produksi tanaman sayuran*. <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/NjEjMg==/produksi-tanaman-sayuran.html>
- Fitriyani, A. (2024, Agustus 8). Problem Sampah Makanan di Indonesia: Akar Masalah dan Solusinya. *CNBC Indonesia*. Diakses dari <https://www.cnbcindonesia.com/opini/20240808095618-14-561308/problem-sampah-makanan-di-indonesia-akar-masalah-dan-solusinya>
- Harnanik, S. (2018). Kajian perubahan karakteristik mutu sawi segar selama penyimpanan dengan pencucian air berozon pada suhu dan kemasan



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

berbeda. *Prosiding Seminar Nasional I Hasil Litbangyasa Industri Palembang*, 74–82.

- Hartati, E. (2020). Penggunaan klasifikasi sayur segar dan sayur busuk menggunakan algoritma support vector machine. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 7(3), 678–687
- Hermansyah, D., Patiung, M., & Wisnujati, N. S. (2021). Analisis trend dan prediksi produksi dan konsumsi komoditas sayuran sawi (*Brassica juncea* L) di Indonesia tahun 2020 s/d 2029. *Jurnal Ilmiah Sosio Agribis*, 21(2), 34–46
- Jayan, H., Zhou, R., Sun, C., Wang, C., Yin, L., Zou, X., & Guo, Z. (2025). Intelligent gas sensors for food safety and quality monitoring: Advances, applications, and future directions. *Foods*, 14(15), 2706. <https://doi.org/10.3390/foods14152706>
- Khaidir, Al'Safinat, R. B., Fadhlurrahman, A. M. F., Tompong, B. T. A. N. K. J., & Lapendy, J. C. (2024). Klasifikasi tingkat kesegaran sayur bayam berdasarkan tekstur daunnya berbasis citra digital. *DECODING: Journal of Deep Learning, Computer Vision, and Digital Image Processing*, 4(1), 88–99. <https://journal.diginus.id/index.php/decoding>
- Liu, Y., Zhang, H., Umashankar, S., Liang, X., Lee, H. W., Swarup, S., & Ong, C. N. (2018). Characterization of plant volatiles reveals distinct metabolic profiles and pathways among 12 Brassicaceae vegetables. *Metabolites*, 8(4), 94. <https://doi.org/10.3390/metabo8040094>
- Minarti, Y. (2023). Klasifikasi Kesegaran Sayur Sawi Berdasarkan Citra HSV Menggunakan KNN.
- Murad, Sukmawaty, Ansar, Sabani, R., & Hidayat, S. (2022). Sistem Pendeteksi Kerusakan Buah Mangga Menggunakan Sensor Gas Dengan Metode DCS - LCA. *JTIM: Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, 3(4), 186-194.
- Nastiti, P. W., Bintoro, N., Karyadi, J. N. W., Rahayoe, S., & Nugroho, D. A. (2022). Classification of freshness levels and prediction of changes in evolution of NH₃ and H₂S gases from chicken meat during storage at room temperature. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 11(1), 90–98. <http://dx.doi.org/10.23960/jtep-l.v11i1.90-98>



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

- Pasaribu, H. (2023). *Respon tanaman sawi (Brassica juncea L.) terhadap pemberian pupuk kompos limbah solid kelapa sawit (Elaeis guineensis Jacq)* [Skripsi tidak dipublikasikan]. Universitas Medan Area.
- Pramudya, L., Kumara, I. N. S., & Divayana, Y. (2024). Peranan Kalibrasi Pada Alat Ukur : Literature Review. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, 23(1), 37. <https://doi.org/10.24843/mite.2024.v23i01.p05>
- Rahmawati, L., Hakimuddin, A. M., & Umami, I. (2021). Implementasi sensor gas MQ-136 dan MQ-137 untuk mendeteksi kesegaran daging sapi menggunakan metode neural network. *JURNAL INTAKE: Jurnal Penelitian Ilmu Teknik dan Terapan*, 11(2), 26–36
- Raspberry Pi Foundation. (2019). Raspberry Pi 5 Specifications. Raspberry Pi Trading Ltd. <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-5/>
- Sabu, A., Awasthi, K., Pandey, K., & Pandey, H. (2026). Real-time spoilage monitoring markers transversely through the food supply chain. *Journal of Agriculture and Food Research*, 26, 102750. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2026.102750>
- Shezi, S., Ngcobo, M. E. K., Khanyile, N., & Ncama, K. (2024). Physio-metabolic mechanisms behind postharvest quality deterioration in broccoli (*Brassica oleracea* var. Italica) and Swiss chard (*Beta vulgaris* L. var. Cicla): A review. *Plants*, 13(22), 3174. <https://doi.org/10.3390/plants13223174>
- Syah, M. A., Sari, P. N., & Azizah, B. (2025). Kepedulian dan kesadaran konsumen mengonsumsi produk sayur/buah organik di pasar modern, Surabaya. *Jurnal Agrosains: Karya Kreatif dan Inovatif*, 10(1), 137–155. <https://doi.org/10.31102/agrosains.2025.10.1>
- Thapa N, Panta R, Khanal A. Effect of modified atmosphere packaging on post-harvest quality of broad leaf mustard (BLM) under different storage condition. *Horticult Int J*. 2019;3(5):224?228. DOI: [10.15406/hij.2019.03.00136](https://doi.org/10.15406/hij.2019.03.00136)
- Ubis, S., Rawung, H., Kairupan, S., & Wullur, H. (2014). Penyimpanan dingin sayur sawi hijau (*Brassica juncea* L) menggunakan kotak pendingin sederhana. *jm_cocos*, 2(4).



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

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>

Wulandari, S., & Satria, B. (2021). Rancang bangun alat pendeteksi warna menggunakan Arduino Uno berbasis IoT (Internet of Things). *Paradigma*, 23(1). <https://doi.org/10.31294/p.v23i1.9861>





Hak Cipta :

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

LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup Penulis



Jaka Elsa Prasetia

Lulus dari SDN PINGKU 01 tahun 2016, SMPN 1 Parungpanjang tahun 2019, dan SMAN 24 Jakarta pada tahun 2022. Saat ini sedang menempuh pendidikan Sarjana Terapan pada Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri Politeknik Negeri Jakarta.

Lampiran 2 Datasheet

Sensor MQ136

TECHNICAL DATA

MQ-136 GAS SENSOR

FEATURES

Fast response and High sensitivity
Stable and long life Simple drive circuit

APPLICATION

They are used in air quality control equipments for buildings/offices, are suitable for detecting of H_2S .

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V_c	Circuit voltage	$5V \pm 0.1$	AC OR DC
V_{IH}	Heating voltage	$5V \pm 0.1$	AC OR DC
R_L	Load resistance	can adjust	
R_{IH}	Heater resistance	$31\Omega \pm 5\%$	Room Tem
P_{IH}	Heating consumption	less than 800mw	

B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T_{ao}	Using Tem	$-10^\circ C - 45^\circ C$	
T_{as}	Storage Tem	$-20^\circ C - 70^\circ C$	
R_{H1}	Related humidity	less than 95%Rh	
O_2	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remark 2
R_s	Sensing Resistance	$30K\Omega - 200K\Omega$ (10ppm H_2S)	Detecting concentration scope : 1-100ppm H_2S
α (20/5) H_2S	Concentration Slope rate	≤ 0.65	
Standard Detecting Condition	Temp: $20^\circ C \pm 2^\circ C$ Humidity: $65\% \pm 5\%$	$V_c: 5V \pm 0.1$ $V_{H1}: 5V \pm 0.1$	
Preheat time	Over 24 hour		

Sensor MQ137



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

TECHNICAL DATA

MQ-137 GAS SENSOR

FEATURES

Fast response and High sensitivity
Stable and long life Simple drive circuit

APPLICATION

They are used in air quality control equipments for buildings/factory, are suitable for detecting of NH_3 .

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V_c	Circuit voltage	$5V \pm 0.1$	AC OR DC
V_H	Heating voltage	$5V \pm 0.1$	AC OR DC
R_L	Load resistance	can adjust	
R_H	Heater resistance	$31\Omega \pm 5\%$	Room Tem
P_H	Heating consumption	less than 800mw	

B. Environment condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T_{ao}	Using Tem	$-10^\circ\text{C} \sim 45^\circ\text{C}$	
T_{as}	Storage Tem	$-20^\circ\text{C} \sim 70^\circ\text{C}$	
R_H	Related humidity	less than 95%Rh	
O_2	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remarks
R_o	Sensing Resistance	$900K\Omega \sim 4900K\Omega$ (in air)	Detecting concentration scope : 5-200ppm NH_3
α (20/10) NH_3	Concentration Slope rate	≤ 0.65	
Standard Detecting Condition	Temp: $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ Humidity: $65\% \pm 5\%$	$V_c: 5V \pm 0.1$ $V_H: 5V \pm 0.1$	
Preheat time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit

Lampiran 3 Program Pengujian data Sensor

```
#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
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 -0.265
#define b_137 0.407

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

```
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();

  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;
  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;
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

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

delay(1000); // 1 detik sampling
}

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

Lampiran 4 Program Keseluruhan

```
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"
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("✅ Serial connected successfully!")
        return ser

    except Exception as e:
        print(f"❌ Failed serial connection: {e}")
        exit()
```




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

        "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" ⚠ Serial Thread Error: {e}")
    time.sleep(1)

# =====
# CAMERA PROCESS
# =====
def capture_and_process_frame():

    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:

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

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"

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

cv2.imwrite(save_path, frame)

# ROI
h_img, w_img = frame.shape[:2]

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,

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

data['timestamp'],
data['mq136'],
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):

    print("\n=====")
    print(f'Timestamp : {data["timestamp"]} ms')
    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} °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}')

    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,),

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

```

daemon=True
)

t.start()

print("🚀 System Ready")
print("👉 Ketik 'R' untuk ambil data")

while True:

    try:

        user_input = input(
            "\nKetik 'R' untuk capture ('exit' untuk keluar): "
        ).strip()

        if user_input.lower() == 'exit':
            break

        if user_input.upper() == 'R':

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

            print("🔄 Processing...")

            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:
                continue

            save_to_csv(
                snap_sensor,
                snap_ema,
                m_h,
                m_s,
                m_v,
                filename
            )

            log_to_terminal(
                snap_sensor,
                snap_ema,
                m_h,
                m_s,
                m_v,
                filename
            )

```



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

```
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 4 Data Pengujian Sistem

Tabel Data Sawi Segar

No	MQ136	MQ137	Mean H	Mean S	Mean V
1	0.13	0.01	70.94	111.16	183.17
2	0.13	0.01	70.67	109.77	183.03
3	0.13	0.01	70.7	110.86	183.12
4	0.13	0.01	67.36	100.06	183.23
5	0.13	0.01	70.86	110.99	183.11
6	0.35	0.01	73.54	99.85	187.94
7	0.13	0.01	73.55	101.28	187.98
8	0.13	0.01	73.77	102.37	188
9	0.12	0.01	74.69	106.35	188.26
10	0.12	0.01	74.61	105.86	188.14
11	0.12	0.01	73.65	102.29	187.85
12	0.12	0.01	73.39	99.9	187.89
13	0.32	0.01	73.2	115.08	168.81
14	0.34	0.01	73.82	113.6	168.51
15	0.34	0.01	74.04	116.49	168.2
16	0.34	0.01	74.06	117.56	168.58
17	0.33	0.01	72.85	112.71	169
18	0.18	0.01	69.71	110.81	181.97
19	0.18	0.01	70.62	115.48	181.88
20	0.17	0.01	70.39	114.16	181.53
21	0.18	0.01	69.44	111.22	181.72
22	0.18	0.01	69.33	109.67	181.81
23	0.18	0.01	70.55	115.97	181.65



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

24	0.18	0.01	70.39	113.48	181.75
25	0.19	0.01	70.21	112.38	181.57
26	0.19	0.01	70.72	116.73	181.85
27	0.14	0.01	71.69	103.47	167.35
28	0.14	0.01	72.71	103.92	166.91
29	0.14	0.01	71.82	104.19	166.73
30	0.15	0.01	71.99	103.77	167.29
31	0.15	0.01	71.34	101.52	166.88
32	0.15	0.01	72.56	104.57	166.97
33	0.17	0.01	69.79	98.53	184.56
34	0.16	0.01	69.17	96.88	184.56
35	0.16	0.01	71.04	100.47	184.56
36	0.16	0.01	70.05	99.81	184.65
37	0.16	0.01	71.11	101.02	184.42
38	0.15	0.01	70.95	98.52	184.29
39	0.16	0.01	71.22	101.56	184.32
40	0.17	0.01	74.22	99.17	172.25
41	0.16	0.01	73.93	96.9	172.17
42	0.16	0.01	73.48	93.01	172.08
43	0.16	0.01	73.74	95.44	172.46
44	0.16	0.01	73.8	94.98	171.92
45	0.16	0.01	73.58	95.16	172.46
46	0.38	0.01	69.99	101.94	173.36
47	0.37	0.01	69.95	99.97	173.37
48	0.36	0.01	71.69	106.67	173.23
49	0.36	0.01	69.65	99.52	173.38
50	0.34	0.01	71.97	107.67	173.17
51	0.33	0.01	71.02	102.48	173.35
52	0.35	0.01	72.23	105	155.59
53	0.32	0.01	74.78	100.64	171.15
54	0.31	0.01	75.02	104.01	171.21
55	0.3	0.01	75.45	107.34	171.38
56	0.29	0.01	74.17	101.51	171.33
57	0.29	0.01	73.67	99.59	171.22
58	0.29	0.01	74.96	104.39	171.16
59	0.3	0.01	75.12	104.62	171.06
60	0.3	0.01	74.87	101.38	171.01
61	0.29	0.01	74.71	101.03	171.17
62	0.35	0.01	74.51	70.3	164.16
63	0.25	0.01	56.46	133.99	77.59
64	0.18	0.01	67.08	89.14	180.6
65	0.18	0.01	66.45	88.46	180.8
66	0.19	0.01	66.74	87.41	180.75



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

67	0.18	0.01	66.98	87.61	180.4
68	0.17	0.01	67.81	90.6	180.96
69	0.17	0.01	67.53	90.67	180.64
70	0.16	0.01	65.87	87.17	180.17
71	0.37	0.01	70.94	97.66	177.64
72	0.15	0.01	70.59	96.86	177.67
73	0.15	0.01	69.92	97.55	177.67
74	0.15	0.01	70.1	97.7	177.68
75	0.15	0.01	71.13	100.44	177.74
76	0.15	0.01	71.46	101.45	177.76
77	0.15	0.01	71.36	99.45	177.75
78	0.15	0.01	71.08	98.55	177.66
79	0.15	0.01	66.79	90.19	177.21
80	0.35	0.01	71.85	103.17	155.41
81	0.38	0.01	60.9	119.48	60.75
82	0.21	0.01	71.64	80.69	167.74
83	0.44	0.01	70.41	105.82	169.54
84	0.42	0.01	71.06	106.95	169.59
85	0.41	0.01	70.81	106.2	169.64
86	0.4	0.01	69.69	103.24	169.62
87	0.41	0.01	69.76	104.56	169.72
88	0.42	0.01	69.01	101.08	169.57
89	0.41	0.01	70.41	106.2	169.16
90	0.36	0.01	70.75	102.75	155.91
91	0.23	0.01	69.8	96.09	179.16
92	0.21	0.01	69.31	92.91	178.84
93	0.21	0.01	67.41	89.73	179.05
94	0.2	0.01	69.37	93.42	179
95	0.2	0.01	70.03	95.7	179.02
96	0.15	0.01	73.71	89.24	170.41
97	0.16	0.01	73.62	87.89	170.29
98	0.17	0.01	75.26	93.73	170.14
99	0.18	0.01	74.59	92.31	170.5
100	0.18	0.01	74.79	93.82	170.32
101	0.19	0.01	75.52	99.37	170.4
102	0.19	0.01	74.82	92.31	170.2
103	0.41	0.01	58.84	117.51	92.5
104	0.33	0.01	74.95	82.64	79.94
105	0.25	0.01	67.44	89.83	163.71
106	0.24	0.01	66.87	86.73	163.59
107	0.25	0.01	66.79	87.02	164.01
108	0.24	0.01	66.98	89.28	163.8
109	0.23	0.01	67.28	89.64	164.15



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

110	0.22	0.01	66.96	89.4	165.12
111	0.23	0.01	67.36	88.87	165.5
112	0.22	0.01	66.27	88.45	165.29
113	0.28	0.01	53.14	94.5	166.21
114	0.24	0.01	62.59	86.82	173.71
115	0.23	0.01	63.68	86.29	174.33
116	0.21	0.01	63.51	85.34	173.98
117	0.2	0.01	63.96	87.52	174.58
118	0.2	0.01	63.28	85.97	174.13
119	0.18	0.01	61.91	97.81	177.9
120	0.18	0.01	61.32	96.3	177.61
121	0.16	0.01	61.12	99.18	178.06
122	0.15	0.01	62.73	99.14	178.2
123	0.14	0.01	60.97	99.32	178.16
124	0.12	0.01	71.18	78.8	170.52
125	0.12	0.01	71.7	82.5	170.73
126	0.13	0.01	71.09	81.17	170.84
127	0.13	0.01	71.7	80.44	170.69
128	0.13	0.01	72.71	85.14	170.87
129	0.13	0.01	73.2	84.54	170.64
130	0.14	0.01	71.2	80.73	170.94
131	0.14	0.01	72.05	82.83	170.75
132	0.13	0.01	75.29	90.79	169.12
133	0.13	0.01	75.1	90.11	168.6
134	0.13	0.01	74.29	86.54	168.79
135	0.13	0.01	75.09	89.41	168.4
136	0.13	0.01	72.48	79.12	169.07
137	0.13	0.01	75.18	91.05	168.9
138	0.17	0.01	72.95	95.73	178.68
139	0.16	0.01	71.76	94.56	178.84
140	0.16	0.01	71.49	91.69	178.89
141	0.16	0.01	68.21	82.44	178.44
142	0.16	0.01	72.57	94.78	178.71
143	0.15	0.01	72.43	94.3	178.62
144	0.16	0.01	72.54	96.2	178.81
145	0.2	0.01	71.95	86.44	174.2
146	0.2	0.01	72.54	90.4	174.51
147	0.21	0.01	72.95	91.95	174.65
148	0.21	0.01	72.57	88.73	174.29
149	0.21	0.01	72.66	90.93	174.6
150	0.2	0.01	72.01	86.78	174.71
151	0.2	0.01	72.78	90.7	174.6
152	0.31	0.01	57.88	123.98	97.25



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

153	0.27	0.01	70.2	97.64	165.07
154	0.28	0.01	70.4	97.32	165.31
155	0.24	0.01	69.85	95.46	165.09
156	0.22	0.01	70.63	102.07	164.87
157	0.21	0.01	70.85	102.74	165.25
158	0.2	0.01	70.03	98.17	165.38
159	0.19	0.01	70.41	101.28	165.16

Tabel Data Sawi Layu

No	MQ136	MQ137	Mean H	Mean S	Mean V
1	0.45	0.03	47.83	99.69	204.08
2	0.46	0.03	46.46	95.56	206.77
3	0.51	0.03	48.2	115.65	198.66
4	0.46	0.02	57.02	74.79	197.72
5	0.47	0.03	51.54	100.51	205.25
6	0.47	0.02	51.14	100.6	205.47
7	0.48	0.03	48.21	100.23	204.09
8	0.49	0.03	53.72	85.76	201.92
9	0.53	0.03	53.04	87.42	200.83
10	0.53	0.03	53.87	86.2	200.69
11	0.54	0.03	53.28	87.52	200.93
12	0.54	0.03	53.56	87.47	201.05
13	0.54	0.03	53.28	86.61	201.09
14	0.59	0.02	47.82	100.34	203.13
15	0.6	0.02	47.65	98.09	202.49
16	0.62	0.02	46.37	100.5	202.6
17	0.64	0.02	44.27	106.34	201.7
18	0.65	0.02	47.51	98.75	203.07
19	0.65	0.03	46.33	100.98	202.67
20	0.66	0.03	47.18	100.86	202.76
21	0.58	0.02	45.31	84.41	209.91
22	0.59	0.02	45.88	83.24	209.48
23	0.61	0.02	45.82	83.54	209.54
24	0.62	0.02	45.8	83.66	209.99
25	0.63	0.02	45.24	84.92	210.06
26	0.64	0.02	46.31	83.03	209.59
27	0.65	0.02	41.85	90.8	211.26
28	0.66	0.03	44.99	85.17	210.33
29	0.66	0.03	44.51	85.71	210.55
30	0.68	0.03	42.67	88.5	210.74
31	0.69	0.03	42.61	88.68	210.72
32	0.7	0.03	45.87	83.4	209.65
33	0.64	0.03	50.3	81.83	183.49



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

34	0.57	0.03	57.82	76.96	184.49
35	0.53	0.03	58.49	75.16	183.29
36	0.41	0.03	45.35	112.55	209.37
37	0.41	0.02	44.97	110.38	211.7
38	0.62	0.02	47.48	97.89	192.45
39	0.6	0.02	50.97	92.8	191.97
40	0.59	0.03	51.84	92.15	192.05
41	0.58	0.02	52.36	91.89	192.03
42	0.58	0.02	53.18	88.51	191.99
43	0.57	0.02	51.23	92.67	192.14
44	0.56	0.02	51.46	91.3	192.16
45	0.55	0.02	48.22	94.56	192.22
46	0.54	0.02	53.63	89.82	191.93
47	0.54	0.02	53.94	88.9	192.26
48	0.54	0.02	51.7	91.29	192.26
49	0.53	0.02	51.29	92.65	192.01
50	0.53	0.02	53.38	89.05	192.12
51	0.53	0.02	48.25	94.16	192.18
52	0.53	0.02	48.32	95.77	192.05
53	0.66	0.02	39.68	90.32	199.67
54	0.62	0.03	40.24	87.2	214.85
55	0.61	0.03	40.18	87.82	214.42
56	0.58	0.03	40.38	87.28	217.93
57	0.57	0.03	39.43	89.1	213.02
58	0.57	0.03	39.42	89.12	214.88
59	0.56	0.03	39.66	88.83	211.81
60	0.56	0.03	39.41	88.22	217.37
61	0.55	0.03	39.74	89.26	216.42
62	0.54	0.03	39.74	88.01	215.21
63	0.54	0.03	40.46	86.76	196.54
64	0.54	0.03	40.18	86.84	213.76
65	0.54	0.03	40.52	86.21	192.6
66	0.89	0.03	55.7	96.52	182.7
67	0.96	0.03	57.84	94	186.45
68	1.04	0.03	56.39	95.25	186.09
69	1.07	0.03	55.58	95.65	185.86
70	1.03	0.04	56.64	93.07	185.86
71	0.94	0.04	56.31	95.45	186.17
72	0.91	0.04	56.1	94.63	186.32
73	0.72	0.04	56.76	93.39	185.75
74	0.71	0.04	55.93	95.98	185.88
75	0.69	0.04	55.54	94.86	186.03
76	0.68	0.04	55.58	95.84	185.41



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

77	0.66	0.04	56.64	93.38	185.43
78	0.62	0.03	52.02	97.48	185.12
79	1.36	0.03	35.94	95.41	213.78
80	1.38	0.03	35.64	90.76	209.02
81	1.39	0.03	35.77	101.87	189.61
82	1.4	0.03	36.06	93.15	207
83	1.42	0.03	36.51	88.22	216.94
84	1.42	0.03	35.74	91.17	205.33
85	1.43	0.03	35.77	98.52	200.92
86	1.44	0.03	36.23	94.12	207.25
87	1.45	0.03	35.8	94.8	207.43
88	1.44	0.03	36.22	93.4	207.95
89	1.44	0.03	37.03	95.52	200.12
90	1.44	0.03	36.12	93.73	204.97
91	1.43	0.03	36.17	95.53	206.92
92	1.44	0.03	36.69	94.14	205.31
93	1.42	0.03	35.73	104.25	188.53
94	1.42	0.03	36.68	100.02	211.06
95	1.42	0.03	36.87	92.95	204.24
96	1.44	0.03	37.33	92.4	207.73
97	1.45	0.03	36.81	92.55	205.91
98	1.45	0.03	35.89	102.1	189.94
99	1.45	0.04	37.11	97.08	217.94
100	1.45	0.04	36.91	94.68	201.59
101	1.45	0.04	36.61	98.39	213.75
102	1.47	0.04	36.55	96.5	199.02
103	3.35	0.03	38.34	149.87	175.51
104	3.37	0.03	37.81	152.4	177.2
105	3.37	0.03	37.72	151.92	178.88
106	3.34	0.03	38.49	153.08	181.3
107	3.35	0.03	38.05	154.98	180.36
108	3.34	0.03	37.82	150.99	176.95
109	3.36	0.02	38.6	151.08	181.72
110	4.62	0.03	37.5	188.12	152.68
111	4.62	0.03	38.23	177.75	148.23
112	4.65	0.03	37.29	183.33	150.99
113	4.67	0.03	37.16	187.19	150.28
114	4.67	0.03	38.25	178.02	152.8
115	4.67	0.04	38.11	176.41	151.68
116	0.79	0.03	37.54	117.35	181.11
117	0.77	0.02	37.79	121.14	183.38
118	0.76	0.03	37.57	118.08	180.97
119	0.75	0.02	37.9	120.93	184.19



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

120	0.74	0.03	38.5	115.72	179.1
121	0.72	0.03	38.38	115.33	182.08
122	0.72	0.03	38.66	113.98	183.73
123	1.07	0.03	40.75	111.51	209.95
124	0.89	0.03	37.94	113.89	214.82
125	0.96	0.03	41.06	114.91	212.64
126	1.04	0.03	38.26	114.54	205.75
127	1.07	0.02	39.01	112.86	207.56
128	1.03	0.02	38.72	110.94	207.75
129	0.94	0.02	41.55	106.81	208.94
130	0.46	0.03	38.61	156.82	169.3
131	0.58	0.03	36.66	159.26	150.65
132	0.63	0.03	37.88	155.14	169.41
133	0.59	0.03	43.37	138.63	119.98
134	0.76	0.03	38.12	150.07	113.6
135	0.64	0.04	40.78	129.41	116.93
136	0.65	0.04	37.06	128.36	171.35
137	0.87	0.04	36.55	184.72	107.8
138	0.64	0.04	40.18	169.89	114.29
139	0.3	0.04	37.75	158.83	182.76
140	0.32	0.04	39.37	103.05	226.04
141	0.63	0.03	38.84	100.75	229.84
142	0.65	0.02	39.29	98.33	230.21
143	0.54	0.03	36.76	151.98	105.08
144	0.56	0.02	36.22	153.8	105.73
145	0.55	0.03	35.78	152.52	105.46
146	0.64	0.03	38.04	146.89	102.24
147	0.67	0.02	35.71	155.46	109.38
148	0.69	0.02	40.43	140.24	100.98
149	0.64	0.02	36.36	160.07	174.33
150	0.65	0.02	37.25	161.2	179.09
151	0.55	0.03	36.77	133.7	204.05
152	0.54	0.03	36.3	133.66	204.78
153	0.54	0.03	36.49	132.31	205.96
154	0.54	0.03	36.34	131.67	206.18
155	0.58	0.03	36.5	134.05	206.3
156	0.59	0.03	36.42	131.48	206.76
157	0.59	0.03	36.06	133.28	208.01
158	0.61	0.03	36.64	132.53	206.42
159	0.62	0.03	36.08	135.16	206.69
160	0.61	0.04	36.8	131.44	206.91