



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



**Sistem Akuisisi Data Multimodal Berbasis ESP32 dan
Kamera RGB untuk Pemantauan dan Analisis Citra
Tanaman Sawi di *Greenhouse* Skala Kecil**

Sub Judul :

**Perancangan Sistem Akuisisi Data Multimodal Berbasis ESP32
dengan Data Logger *Bertimestamp* untuk Pemantauan Tanaman
Sawi di *Greenhouse* Skala Kecil**

SKRIPSI

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**Nurul Aini
2203431014**

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



**Sistem Akuisisi Data Multimodal Berbasis ESP32 dan
Kamera RGB untuk Pemantauan dan Analisis Citra
Tanaman Sawi di *Greenhouse* Skala Kecil**

Sub Judul :

**Perancangan Sistem Akuisisi Data Multimodal Berbasis ESP32
dengan Data Logger *Bertimestamp* untuk Pemantauan Tanaman
Sawi di *Greenhouse* Skala Kecil**

SKRIPSI

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

**Nurul Aini
2203431014**

**PROGRAM STUDI INSTRUMENTASI DAN KONTROL
INDUSTRI**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2026



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Nurul Aini

NIM : 2203431014

Tanda Tangan :



Tanggal : 8 Juni 2026

**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



© 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

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Tugas Akhir diajukan oleh

Nama : Nurul Aini
NIM : 2203431014
Program Studi : Instrumentasi dan Kontrol Industri
Judul Skripsi : Perancangan Sistem Akuisisi Data Multimodal Berbasis ESP32 dengan Data Logger Bertimestamp Tanaman Sawi di Greenhouse Skala Kecil

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

Pembimbing : Sulis Setiowati, S.Pd., M.Eng.
NIP. 1993022320119032027

(.....)

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 2 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

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat dan karunia-nya sehingga penulis mampu menyelesaikan penulisan skripsi yang berjudul **“Perancangan Sistem Akuisisi Data Multimodal Berbasis ESP32 dengan Data Logger Bertimestamp untuk Pemantauan Tanaman Sawi di *Greenhouse* Skala Kecil”**. Skripsi ini ditulis dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Terapan pada Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta .

Penulis menyadari bahwa dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini banyak memperoleh bantuan, bimbingan, arahan dan nasehat dari berbagai pihak yang akan selalu penulis syukuri dan kenang. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada :

1. Dr. Murie Dwiyanti, S.T.,M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro;
2. Sulis Setiowati, S.Pd.,M.Eng. selaku Kepala Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri serta selaku Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, serta pikiran untuk membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi;
3. Karina selaku rekan satu tim yang saling mendukung dan membantu dalam pengerjaan skripsi;
4. Orang tua yang senantiasa memberikan bantuan moral dan material;
5. Rekan – rekan IKI 22A;

Akhir kata, penulis berharap kepada Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 15 Juni 2026

Nurul Aini



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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

ABSTRAK

Penelitian ini merancang dan merealisasikan sistem akuisisi data multimodal berbasis ESP32 dengan data logger bertimestamp untuk pemantauan tanaman sawi pada *greenhouse* skala kecil secara *real-time*. Sistem mengintegrasikan data sensor lingkungan dan data visual tanaman dalam satu platform monitoring berbasis *Internet of Things (IoT)* yang menyajikan informasi secara langsung tanpa jeda berarti antara pengambilan data dan penyajiannya kepada pengguna. ESP32 membaca data dari sensor SHT31, BH1750, Capacitive Soil Moisture, dan DS18B20, mencakup suhu udara, kelembapan udara, intensitas cahaya, kelembapan tanah, dan suhu tanah. Data dikirim secara *real-time* melalui protokol *MQTT* lewat jaringan WiFi, lalu disimpan di InfluxDB sebagai data *time-series* sehingga dapat divisualisasikan secara langsung pada dashboard monitoring. Untuk akuisisi visual, kamera CCTV berbasis IP terhubung ke Raspberry Pi Zero 2W melalui protokol *RTSP*, mengambil citra tanaman secara periodik dan mengirimkannya ke server untuk diproses tanpa penundaan signifikan. Citra diproses dengan metode *HSV (Hue, Saturation, Value)* untuk menghasilkan persentase warna hijau sebagai indikator kondisi tanaman. Pengujian menunjukkan sistem membaca dan mengirim data setiap 5 detik secara konsisten tanpa kehilangan data, dengan latensi pengiriman yang rendah sehingga kondisi tanaman dapat dipantau secara *real-time*. *Timestamp* menyatukan data sensor dan data visual sehingga keduanya tampil bersamaan di website monitoring. Sistem berhasil memantau tanaman sawi secara *real-time*, terstruktur, dan terintegrasi.

Kata Kunci : Data Logger, ESP32, HSV, InfluxDB, *Internet of Things*, Monitoring Tanaman, *MQTT*, Multimodal, *Real-Time*.

**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

This research designs and realizes an ESP32-based multimodal data acquisition system with a timestamped data logger for real-time monitoring of mustard greens in a small-scale greenhouse. The system integrates environmental sensor data and visual plant data in a single Internet of Things (IoT)-based monitoring platform that presents information directly without significant delays between data capture and presentation to users. The ESP32 reads data from the SHT31, BH1750, Capacitive Soil Moisture, and DS18B20 sensors, including air temperature, air humidity, light intensity, soil moisture, and soil temperature. Data is sent in real-time via the MQTT protocol over a WiFi network, then stored in InfluxDB as time-series data so that it can be visualized directly on the monitoring dashboard. For visual acquisition, an IP-based CCTV camera is connected to a Raspberry Pi Zero 2W via the RTSP protocol, periodically capturing plant images and sending them to the server for processing without significant delays. The images are processed using the HSV (Hue, Saturation, Value) method to produce the percentage of green as an indicator of plant condition. Tests demonstrated that the system consistently reads and sends data every 5 seconds without loss, with low transmission latency, allowing for real-time monitoring of crop conditions. Timestamps combine sensor data and visual data, displaying both simultaneously on the monitoring website. The system successfully monitors mustard greens in a structured, integrated, and real-time manner.

Keywords : Data Logger, ESP32, HSV, InfluxDB, Internet of Things, Monitoring System, MQTT, Multimodal, Real-Time.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

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

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Luaran	4
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 <i>State of the Art</i>	5
2.2 <i>Internet of Things</i>	7
2.3 <i>Greenhouse</i>	8
2.4 Tanaman Sawi	9
2.5 <i>Embedded System</i>	10
2.6 Sistem Akuisisi Data Multimodal	11
2.7 <i>Database</i>	11
2.7.1 <i>Database InfluxDB</i>	12
2.8 <i>Data Logging</i>	13
2.9 <i>Protokol MQTT</i>	14
2.10 <i>Protokol RTSP</i>	14



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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

2.11 Metode <i>HSV</i>	15
2.12 Metode <i>Early Fusion</i>	15
2.13 Parameter Sensor	17
2.13. Komponen	18
2.13.1 ESP32.....	18
2.13.2 <i>Power Supply</i> 12V.....	19
2.13.3 Sensor Capacitive Soil Moisture.....	20
2.13.4 Sensor BH1750	21
2.13.5 Sensor SHT31	22
2.13.6 Sensor DS18B20	23
2.13.7 Raspberry Pi Zero 2w	24
2.13.8 Kamera CCTV Tapo C200	25
BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI	26
3.1 Rancangan Alat.....	26
3.1.1 Arsitektur Sistem.....	26
3.1.2 Perancangan Perangkat keras	28
3.1.3 Perancangan Integrasi Data Multimodal dan Data Logger <i>Bertimestamp</i>	31
3.1.4 Perancangan Sistem Komunikasi Data	33
3.1.5 Perancangan Penyimpanan Data	33
3.1.6 <i>Flowchart</i> Sistem.....	35
3.1.7 <i>Flowchart</i> Sub sistem.....	36
3.1.8 Diagram Block Sistem	37
3.1.9 Diagram Block sub sistem	38
3.2 Realisasi Sistem	41
3.2.1 Realisasi Perangkat Keras	41
3.2.2 Realisasi Perangkat Lunak	43



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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

3.2.3 Implementasi <i>Database</i> InfluxDB	44
3.2.4 Implementasi Sistem Akuisisi Data	45
3.2.5 Implementasi Data Logger dan Sinkronisasi.....	46
3.3 Realisasi Alat	47
3.3.1 Pembuatan Alat	48
3.4 Realisasi Program.....	49
3.4.1 Realisasi Program Akuisisi Data Sensor pada ESP32	49
3.4.2 Program Akuisisi Data Citra Tanaman	52
3.4.3 Program Data Logger Bertimestamp	55
BAB IV PEMBAHASAN.....	59
4.1 Pengujian Sistem	59
4.1.1 Deskripsi Pengujian	59
4.1.2 Prosedur Pengujian	61
4.2 Validasi Sensor	62
4.2.1 Validasi Sensor Suhu dan Kelembapan SHT31.....	62
4.2.2 Validasi Sensor Intensitas Cahaya BH1750	63
4.2.3 Validasi Sensor Suhu Tanah DS18B20	64
4.2.4 Validasi Sensor Kelembapan Tanah	65
4.2.5 Rekapitulasi Hasil Validasi Sensor	65
4.3 Hasil Pengujian Sistem	66
4.3.1 Data Hari Ke-1 Tanaman Sawi	67
4.3.2 Data Hari Ke-2 Tanaman Sawi	71
4.4 Data Hasil Pengujian Akuisisi Data Sensor.....	76
4.5 Data Hasil Pengujian Akuisisi Data Visual	77
4.6 Data Hasil Integrasi Data Multimodal	79
4.6.1 Implementasi Metode <i>Early Fusion</i>	80



Hak Cipta :

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

4.7 Data Hasil Pengujian Data Logger Bertimestamp	83
4.8 Analisa Hasil Pengujian Sistem.....	84
BAB V PENUTUP.....	86
5.1 Kesimpulan	86
5.2 Saran	87
DAFTAR PUSTAKA	88
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	93
LAMPIRAN.....	94





Hak Cipta :

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

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>State of the Art</i>	5
Tabel 3. 1 Konfigurasi Pin ESP32	42
Tabel 3. 2 Keterangan Prototipe.....	48
Tabel 3. 3 Isi dalam dan Luar Panel.....	49
Tabel 4. 1 Daftar Alat dan Bahan.....	60
Tabel 4. 2 Hasil Validasi Sensor Suhu SHT31	63
Tabel 4. 3 Hasil Validasi Sensor Kelembapan SHT31	63
Tabel 4. 4 Hasil Validasi Sensor BH1750	64
Tabel 4. 5 Hasil Validasi Sensor DS18B20	64
Tabel 4. 6 Hasil Validasi Sensor Capacitive Soil Moisture	65
Tabel 4. 7 Rekapitulasi Hasil Validasi Sensor	65
Tabel 4. 8 Data Hari Ke-1 Tanaman Sawi	67
Tabel 4. 9 Statistik Hasil Monitoring Tanaman Sawi Sehat Hari Ke-1	69
Tabel 4. 10 Data Hari Ke-1 Tanaman Kurang Sehat	69
Tabel 4. 11 Statistik Hasil Monitoring Tanaman Sawi Kurang Sehat Hari Ke-1 ..	71
Tabel 4. 12 Data Hari Ke-2 Tanaman Sehat	71
Tabel 4. 13 Statistik Hasil Monitoring Tanaman Sawi Sehat Hari Ke-2	73
Tabel 4. 14 Data Hari Ke-2 Tanaman Kurang Sehat	74
Tabel 4. 15 Statistik Hasil Monitoring Tanaman Sawi Kurang Sehat Hari Ke-2 ..	75
Tabel 4. 16 Data Hasil Pengujian Akuisisi Data Sensor.....	76
Tabel 4. 17 Data Hasil Pengujian Akuisisi Data Visual	78
Tabel 4. 18 Data Hasil Integrasi Data Multimodal	79
Tabel 4. 19 Data Hasil Pengujian Data Logger Bertimestamp	83



Hak Cipta :

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

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Prototipe <i>Greenhouse</i> Skala Kecil untuk Pemantauan Tanaman Sawi	94
Lampiran 2 Data Sensor Masuk	94
Lampiran 3 Data Citra Masuk	95
Lampiran 4 Program ESP32 pada Arduino IDE	95
Lampiran 5 Pengujian Sensor	97
Lampiran 6 Dataset yang tersimpan	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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Embedded System</i>	10
Gambar 2. 2 ESP32	18
Gambar 2. 3 <i>Power Supply</i> 12V	19
Gambar 2. 4 Sensor Capacitive Soil Moisture	20
Gambar 2. 5 Sensor BH1750	21
Gambar 2. 6 Sensor SHT31	22
Gambar 2. 7 Sensor DS18B20	23
Gambar 2. 8 Raspberry Pi Zero 2W	24
Gambar 2. 9 Kamera CCTV Tapo C200.....	25
Gambar 3. 1 Perancangan dan Realisasi	26
Gambar 3. 2 <i>Design PCB</i>	30
Gambar 3. 3 <i>Flowchart</i> Data Multimodal.....	32
Gambar 3. 4 <i>Flowchart</i> Sistem	35
Gambar 3. 5 <i>Flowchart</i> Sub Sistem	36
Gambar 3. 6 Diagram Block Sistem	37
Gambar 3. 7 Diagram Block Sub Sistem	39
Gambar 3. 8 Database InfluxDB	45
Gambar 3. 9 Prototipe Sistem	48
Gambar 3. 10 Bagian dalam dan luar panel	49
Gambar 3. 11 Program Koneksi WiFi dan <i>MQTT</i>	50
Gambar 3. 12 Program Inisialisasi Sensor	50
Gambar 3. 13 Program Pembacaan Data Sensor	51
Gambar 3. 14 Program Pembentukan Payload JSON.....	51
Gambar 3. 15 Program Pengiriman Data menggunakan <i>MQTT</i>	51
Gambar 3. 16 Inisialisasi <i>Library</i> dan FFmpeg	52
Gambar 3. 17 Program Konfigurasi <i>MQTT</i> dan <i>RTSP</i>	52
Gambar 3. 18 Program Pembentukan <i>Timestamp</i>	53
Gambar 3. 19 Program Pengambilan <i>Snapshot</i> FFmpeg	53
Gambar 3. 20 Program Validasi Gambar	54
Gambar 3. 21 Program Base64 + <i>MQTT Publish</i>	54
Gambar 3. 22 Program <i>CleanUp</i> File	54



© 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

Gambar 3. 23 Program Loop 5 detik.....	55
Gambar 3. 24 Program Inisialisasi <i>MQTT</i> dan InfluxDB	55
Gambar 3. 25 Program Penerimaan Data Sensor Melalui <i>MQTT</i>	56
Gambar 3. 26 Program Penerimaan Data Citra.....	56
Gambar 3. 27 Program Sinkronisasi Data Multimodal.....	57
Gambar 3. 28 Program Pemberian <i>Timestamp</i>	57
Gambar 3. 29 Program Penyimpanan Data ke InfluxDB.....	57





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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 merupakan salah satu bagian yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan pangan serta mendukung perekonomian, terutama di negara yang sedang berkembang seperti Indonesia. Seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk, kebutuhan akan pangan juga semakin meningkat, sehingga diperlukan inovasi untuk meningkatkan hasil pertanian secara lebih efektif dan efisien. Salah satu jenis tanaman hortikultura yang banyak dibudidayakan adalah sawi, yang memiliki nilai ekonomi tinggi serta waktu panen yang relatif singkat (Calicioglu et al., 2019).

Dalam proses budidaya tanaman sawi, kondisi lingkungan seperti suhu udara, kelembapan, intensitas cahaya, serta kelembapan tanah sangat mempengaruhi pertumbuhan dan kualitas tanaman. Kondisi lingkungan yang tidak optimal dapat menghambat pertumbuhan tanaman serta meningkatkan risiko serangan penyakit dan kerusakan (Jones et al., 2017). Oleh karena itu, pemantauan kondisi lingkungan secara berkelanjutan menjadi hal yang penting untuk memperoleh hasil panen yang optimal.

Pada sistem pertanian tradisional, pemantauan kondisi tanaman umumnya masih dilakukan secara manual. Metode ini memiliki keterbatasan dalam hal akurasi, kontinuitas data, serta kecepatan dalam pengambilan keputusan. Akibatnya, terjadi keterlambatan dalam merespons perubahan kondisi lingkungan yang dapat berdampak pada penurunan kualitas hasil panen. Oleh karena itu, diperlukan suatu sistem otomatis yang mampu melakukan akuisisi data secara *real-time* dan berkelanjutan (Fan et al., 2022).

Perkembangan teknologi *Internet of Things (IoT)* memungkinkan penggunaan berbagai sensor untuk mengawasi kondisi lingkungan secara langsung dalam waktu nyata. Teknologi ini memudahkan pengumpulan, pengiriman, dan pemrosesan data secara otomatis melalui internet, sehingga memungkinkan penerapan sistem pertanian cerdas (Rajak et al., 2023). Dalam penerapannya, mikrokontroler seperti ESP32 sering digunakan karena mampu



© 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

berkomunikasi secara nirkabel dan mengolah data secara efisien, sehingga cocok digunakan dalam sistem pemantau berbasis *IoT* (Chamara et al., 2022).

Sensor lingkungan seperti kelembapan tanah, suhu, kelembapan udara, intensitas cahaya, dan suhu tanah digunakan untuk mendapatkan informasi yang akurat tentang kondisi lingkungan yang dialami tanaman. Data yang dihasilkan oleh sensor tersebut bisa digunakan untuk menganalisis bagaimana tanaman tumbuh dan membantu dalam mengambil keputusan saat melakukan budidaya tanaman (Yin et al., 2021). Selain data dari sensor, informasi visual mengenai kondisi fisik tanaman juga sangat penting dalam memantau kesehatan tanaman. Kamera *RGB* banyak digunakan untuk memperhatikan kondisi fisik tanaman, termasuk perubahan warna daun, tingkat kesegarannya, dan gejala awal stress atau penyakit pada tanaman secara non-destruktif (Kior et al., 2024). Integrasi data dari sensor dan data visual disebut sistem akuisisi data multimodal. Sistem ini mampu memberikan informasi yang lebih lengkap dibandingkan hanya menggunakan satu jenis data (Shafi et al., 2020).

Pengelolaan data dalam sistem pengumpulan data multimodal sangat penting untuk memastikan sinkronisasi dan akurasi analisis. Penggunaan data logger dengan fitur *timestamp* memungkinkan pencatatan waktu pengambilan data secara tepat, sehingga memudahkan analisis hubungan antara data sensor dan data visual (Benyezza et al., 2023). Penyimpanan data dalam database *time-series* seperti InfluxDB atau Apache IoTDB sangat efisien untuk menangani volume besar data yang terus menerus masuk dan mendukung proses analisis berbasis waktu secara tepat dan akurat (Wang, 2008).

Menggunakan sistem pemantauan berbasis *IoT di greenhouse* memberikan manfaat karena lingkungannya lebih terkontrol dibandingkan pertanian di lahan terbuka. *Greenhouse* memungkinkan pengaturan kondisi lingkungan secara optimal sehingga dapat meningkatkan hasil panen tanaman dan penggunaan sumber daya secara lebih efisien (Bersani et al., 2022).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa dengan menggunakan sistem pemantauan berbasis *IoT* yang bisa diintegrasikan dengan sensor, efisien dalam memantau bisa meningkat dan memudahkan pengambilan keputusan yang cepat



Hak Cipta :

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

dan tepat. Selain itu, penggunaan sistem pencatatan data secara langsung juga bisa membuat hasil analisis kondisi tanaman lebih tepat (Hernández-Morales et al., 2022).

Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, dalam penelitian ini dirancang sebuah sistem pengambilan data multimodal yang menggunakan ESP32 dan data logger yang dilengkapi fitur *timestamp*, untuk memantau pertumbuhan tanaman sawi di dalam *greenhouse* skala kecil. Sistem ini diharapkan bisa memberikan informasi yang tepat, langsung, dan terhubung antara data dari sensor dan data visual, sehingga membantu memantau keadaan tanaman dengan lebih baik.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan utama penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana merancang sistem akuisisi data multimodal berbasis ESP32 untuk pemantauan tanaman sawi pada *greenhouse* skala kecil secara *real-time*?
- b. Bagaimana mengintegrasikan data dari sensor lingkungan dan kamera *RGB* dalam satu sistem pemantauan yang terpusat?
- c. Bagaimana melakukan sinkronisasi data sensor dan data visual menggunakan sistem data logger *bertimestamp* agar memiliki kesesuaian waktu yang akurat?
- d. Bagaimana merancang sistem data logger *bertimestamp* menggunakan InfluxDB untuk penyimpanan data secara *real-time*?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan yang ingin dicapai sebagai berikut :

- a. Merancang sistem akuisisi data multimodal berbasis ESP32.
- b. Mengintegrasikan data dari sensor lingkungan dan kamera *RGB* dalam sistem akuisisi data multimodal.
- c. Merancang dan mengimplementasikan sistem data logger *bertimestamp* untuk sinkronisasi waktu antara data sensor dan data visual.
- d. Mengimplementasikan penyimpanan data berbasis *database time-series* menggunakan InfluxDB.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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

1.4 Luaran

Luaran yang di harapkan untuk dicapai adalah sebagai berikut :

- a. Laporan skripsi.
- b. Publikasi jurnal.
- c. Purwarupa sistem akuisisi data multimodal yang mampu mengintegrasikan sensor lingkungan dan kamera *RGB* dalam satu sistem monitoring.
- d. Sistem data logger *bertimestamp* berbasis *database time-series* seperti InfluxDB yang mampu menyimpan data secara *real-time* dan terstruktur.

1.5 Batasan Masalah

- a. Sistem yang dirancang difokuskan pada proses akuisisi data multimodal berbasis ESP32 pada *greenhouse* skala kecil.
- b. Parameter lingkungan meliputi kelembapan tanah menggunakan sensor capacitive soil moisture, suhu dan kelembapan udara menggunakan sensor SHT31, intensitas cahaya menggunakan sensor BH1750, serta suhu tanah menggunakan sensor DS18B20.
- c. Data yang dikumpulkan terdiri dari data sensor lingkungan dan data visual berupa citra dari kamera *RGB*, tanpa pengolahan citra berbasis kecerdasan buatan (*AI*).
- d. Sistem yang dikembangkan hanya berfungsi sebagai sistem pemantauan dan akuisisi data, serta tidak mencakup sistem kendali (*control system*) terhadap kondisi lingkungan *greenhouse*.
- e. Penyimpanan data menggunakan *database* berbasis *time series*, yaitu InfluxDB, yang memanfaatkan *timestamp* untuk pencatatan waktu, serta sistem hanya dapat diakses melalui jaringan lokal.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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 V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem dapat disimpulkan bahwa :

1. Sistem akuisisi data multimodal berbasis ESP32 telah berhasil dirancang dan diimplementasikan untuk membaca data sensor lingkungan secara langsung ESP32 yang digunakan merupakan mikrokontroler *system on chip* (SoC) dengan prosesor *dual-core* serta modul WiFi terintegrasi yang membaca empat sensor yaitu SHT31 untuk suhu dan kelembapan udara, BH1750 untuk intensitas cahaya, Capacitive Soil Moisture untuk kelembapan tanah, dan DS18B20 untuk suhu tanah. Pembacaan dilakukan secara periodik setiap 5 detik dan data dikirim dalam format JSON melalui protokol MQTT, sehingga sistem mampu menghasilkan data suhu udara, kelembapan udara, intensitas cahaya, kelembapan tanah, dan suhu tanah secara konsisten.
2. Data sensor lingkungan dan data visual dari kamera RGB telah berhasil diintegrasikan dalam satu sistem akuisisi data multimodal. Akuisisi data visual dilakukan menggunakan Raspberry Pi Zero 2W berprosesor *quad core* ARM Cortex-A53 yang terhubung dengan kamera CCTV Tapo C200 melalui protokol RTSP, mengambil satu frame citra tanaman setiap 5 detik. Citra yang diperoleh selanjutnya diproses menggunakan metode *HSV* (*Hue, Saturation, Value*) untuk menghasilkan nilai persentase warna hijau sebagai indikator kondisi vegetasi tanaman sawi.
3. Sinkronisasi antara data sensor dan data visual telah berhasil dilakukan menggunakan pendekatan *early fusion* dengan *timestamp* sebagai acuan waktu. Seluruh parameter sensor dan hasil analisis *HSV* digabungkan menjadi satu *record* data dengan *timestamp* yang sama, kemudian digunakan sebagai *input* dalam perhitungan nilai *score* untuk mengklasifikasikan kondisi tanaman ke dalam kategori SEHAT, KURANG SEHAT, atau TIDAK SEHAT. Pendekatan ini memungkinkan analisis kondisi tanaman dilakukan secara lebih komprehensif berdasarkan



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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

kombinasi seluruh data multimodal secara *real-time*, sehingga sistem juga mampu mengidentifikasi perbedaan kondisi tanaman berdasarkan kombinasi parameter sensor dan nilai *HSV* secara kuantitatif.

4. Penyimpanan data berbasis *database time-series* menggunakan InfluxDB telah berhasil diimplementasikan untuk mencatat seluruh data monitoring secara terstruktur. Sistem data logger menyimpan setiap *record* data sensor dan data visual beserta *timestamp*-nya ke dalam satu measurement pada InfluxDB, dengan interval akuisisi data setiap 5 detik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh data tersimpan secara langsung tanpa kehilangan data (*packet loss*) selama periode pengujian berlangsung.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan terdapat beberapa saran untuk pengembangan sistem selanjutnya, yaitu :

1. Sistem ini bisa diperluas dengan menambahkan pendekatan klasifikasi yang didasarkan pada *machine learning* untuk meningkatkan ketepatan dalam otomatisasi penilaian kondisi tanaman.
2. Peningkatan integrasi data visual dapat dilakukan dengan menerapkan metode *deep learning*, sehingga analisis kondisi tanaman tidak hanya terfokus pada nilai *HSV*, tetapi juga mempertimbangkan bentuk dan tekstur daun.
3. Penggunaan platform berbasis *cloud* dapat diperluas untuk meningkatkan kemampuan skala sistem, memungkinkan aplikasinya pada greenhouse yang lebih besar.
4. Integrasi data multimodal dapat dikembangkan tidak hanya menggunakan *early fusion*, tetapi juga dibandingkan dengan metode lain seperti *late fusion* atau *hybrid fusion* untuk melihat peningkatan performa dalam analisis kondisi tanaman.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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

- Abilovani, Z. B., Yahya, W., & Bakhtiar, F. A. (2018). *Implementasi Protokol MQTT Untuk Sistem Monitoring Perangkat IoT* (Vol. 2, Number 12). <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Abu Sneineh, A., & Shabaneh, A. A. A. (2023). Design of a smart hydroponics monitoring system using an ESP32 microcontroller and the Internet of Things. *MethodsX*, 11. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102401>
- An intelligent plant growth monitoring system based on ESP32 and IoT resource explorer platform. (2023). *Journal of Electronics and Information Science*, 8(6). <https://doi.org/10.23977/jeis.2023.080604>
- Baltrušaitis, T., Ahuja, C., & Morency, L.-P. (2017). *Multimodal Machine Learning: A Survey and Taxonomy*. <http://arxiv.org/abs/1705.09406>
- Basnayake, R. N. I. (n.d.). *Multimodal Data Fusion in Smart Agriculture: Integrating Soil, Climate, Imaging, and Biological Signals Using Machine Learning: Scoping Review*. <https://doi.org/10.51584/IJRIAS>
- Benyezza, H., Bouhedda, M., Kara, R., & Rebouh, S. (2023). Smart platform based on IoT and WSN for monitoring and control of a greenhouse in the context of precision agriculture. *Internet of Things (Netherlands)*, 23. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2023.100830>
- Bersani, C., Ruggiero, C., Sacile, R., Soussi, A., & Zero, E. (2022). Internet of Things Approaches for Monitoring and Control of Smart Greenhouses in Industry 4.0. In *Energies* (Vol. 15, Number 10). <https://doi.org/10.3390/en15103834>
- Calicioglu, O., Flammini, A., Bracco, S., Bellù, L., & Sims, R. (2019). The future challenges of food and agriculture: An integrated analysis of trends and solutions. *Sustainability* (Switzerland), 11(1). <https://doi.org/10.3390/su11010222>
- Chamara, N., Islam, M. D., Bai, G. (Frank), Shi, Y., & Ge, Y. (2022). Ag-IoT for crop and environment monitoring: Past, present, and future. In *Agricultural Systems* (Vol. 203). <https://doi.org/10.1016/j.agry.2022.103497>
- DeBell, T., Goertzen, L., Larson, L., Selbie, W., Selker, J., & Udell, C. (2019). OPeNS hub: Real-time data logging, connecting field sensors to google sheets.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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

- Frontiers in Earth Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/feart.2019.00137>
- Doshi, J., Patel, T., & Bharti, S. K. (2019). Smart Fanning using IoT, a solution for optimally monitoring fanning conditions. *Procedia Computer Science*, 160. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.11.016>
- Fadhli, M., Ketua Dewan Editor Zulfan, Mk., Editor Pelaksana Munawir, M., Baihaqi, M., Sekretaris Yeni Yanti, M., Mitra Bestari Ir Yuwaldi Away, M., Gani, T. A., & Melinda, Me. (n.d.). *Penanggung Jawab*.
- Fan, Y., Wang, X., Funk, T., Rashid, I., Herman, B., Bompoti, N., Mahmud, M. S., Chrysochoou, M., Yang, M., Vadas, T. M., Lei, Y., & Li, B. (2022). A Critical Review for Real-Time Continuous Soil Monitoring: Advantages, Challenges, and Perspectives. In *Environmental Science and Technology* (Vol. 56, Number 19). <https://doi.org/10.1021/acs.est.2c03562>
- Ferga Prasetyo, T., Fadlil, A., Industri Program Studi Doktor Informatika, T., & Ahmad Dahlan, U. (n.d.). *KERANGKA DASAR JOINT FUSION MULTI-MODAL ARTIFICIAL INTERNET OF THINGS UNTUK PERTANIAN HORTIKULTURA*.
- Geng, X., Zhang, Q., Wei, Q., Zhang, T., Cai, Y., Liang, Y., & Sun, X. (2019). A mobile greenhouse environment monitoring system based on the internet of things. *IEEE Access*, 7. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2941521>
- Guliamova, M. K., & Aliev, R. M. (2021). *Database Concept, Relevance and Expert Systems*. <https://doi.org/10.21661/r-553409>
- Hernández-Morales, C. A., Luna-Rivera, J. M., & Perez-Jimenez, R. (2022). Design and deployment of a practical IoT-based monitoring system for protected cultivations. *Computer Communications*, 186. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2022.01.009>
- Jin, N., Hu, T., Shu, L., Zang, H., Li, K., Han, R., & Yang, X. (2025). A Crop Growth Information Collection System Based on a Solar Insecticidal Lamp. *Electronics (Switzerland)*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/electronics14020370>
- Jones, J. W., Antle, J. M., Basso, B., Boote, K. J., Conant, R. T., Foster, I., Godfray, H. C. J., Herrero, M., Howitt, R. E., Janssen, S., Keating, B. A., Munoz-Carpena, R., Porter, C. H., Rosenzweig, C., & Wheeler, T. R. (2017). Toward a new generation of agricultural system data, models, and knowledge products:



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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

- State of agricultural systems science. *Agricultural Systems*, 155. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2016.09.021>
- Karmakar, P., Teng, S. W., Murshed, M., Pang, S., Li, Y., & Lin, H. (2024). Crop monitoring by multimodal remote sensing: A review. In *Remote Sensing Applications: Society and Environment* (Vol. 33). <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2023.101093>
- Khafi, A. M., Erwanto, D., & Utomo, Y. B. (2019). Sistem Kendali Suhu Dan Kelembaban Pada Greenhouse Tanaman Sawi Berbasis IoT. In *Generation Journal* (Vol. 3, Number 2).
- Kior, A., Yudina, L., Zolin, Y., Sukhov, V., & Sukhova, E. (2024). RGB Imaging as a Tool for Remote Sensing of Characteristics of Terrestrial Plants: A Review. In *Plants* (Vol. 13, Number 9). <https://doi.org/10.3390/plants13091262>
- Kumar, V., Sharma, K. V., Kedam, N., Patel, A., Kate, T. R., & Rathnayake, U. (2024). A comprehensive review on smart and sustainable agriculture using IoT technologies. *Smart Agricultural Technology*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100487>
- Lipkova, J., Chen, R. J., Chen, B., Lu, M. Y., Barbieri, M., Shao, D., Vaidya, A. J., Chen, C., Zhuang, L., Williamson, D. F. K., Shaban, M., Chen, T. Y., & Mahmood, F. (2022). Artificial intelligence for multimodal data integration in oncology. In *Cancer Cell* (Vol. 40, Number 10). <https://doi.org/10.1016/j.ccell.2022.09.012>
- Megantoro, P., Prastio, R. P., Kusuma, H. F. A., Abror, A., Vigneshwaran, P., Priambodo, D. F., & Alif, D. S. (2022). Instrumentation system for data acquisition and monitoring of hydroponic farming using ESP32 via Google Firebase. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 27(1). <https://doi.org/10.11591/ijeecs.v27.i1.pp52-61>
- Nasar, M., & Kausar, M. A. (2019). Suitability of influxdb database for iot applications. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(10). <https://doi.org/10.35940/ijitee.J9225.0881019>
- Rajak, P., Ganguly, A., Adhikary, S., & Bhattacharya, S. (2023). Internet of Things and smart sensors in agriculture: Scopes and challenges. *Journal of*



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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

Agriculture and Food Research, 14.
<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100776>

Reddy, C. D., & Kiran Kumar, D. (2026). *Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications ITEGAM-JETIA IOT-BASED MULTI-SENSOR DATA FUSION FOR PRECISION CROP YIELD OPTIMIZATION USING ARDUINO,ESP32,AND WEBCAM INTEGRATION*.
<https://doi.org/10.5935/jetia>

Rifka, S., Firdaus, F., & Ramadhan, W. F. (2018). Penerapan Embedded System pada Sistem Pintar Pengendali Multi Perangkat dalam Kelas berbasis Intel Galileo dan Web. *Jurnal Rekayasa Elektrika*, 14(1), 51–61.
<https://doi.org/10.17529/jre.v14i1.9790>

Sarif, P., Hadid, A., & Wahyudi, I. (2015). PERTUMBUHAN DAN HASIL TANAMAN SAWI (*Brassica juncea* L.) AKIBAT PEMBERIAN BERBAGAI DOSIS PUPUK UREA Growth and Yield of Mustard (*Brassica juncea* L.) as Consequences of the Application of Various Rates of Urea Fertilizer. *J. Agrotekbis*, 3(5), 585–591.

Seetaram, J., Bhavya, A., Tarun, C., & Sameera, V. (2024). Internet of Things (IoT) Based Greenhouse Monitoring and Controlling System Using ESP-32. *IJARCCCE*, 13(6). <https://doi.org/10.17148/ijarccce.2024.13605>

Shafi, U., Mumtaz, R., Iqbal, N., Zaidi, S. M. H., Zaidi, S. A. R., Hussain, I., & Mahmood, Z. (2020). A Multi-Modal Approach for Crop Health Mapping Using Low Altitude Remote Sensing, Internet of Things (IoT) and Machine Learning. *IEEE Access*, 8. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3002948>

Song, P., Li, Z., Yang, M., Shao, Y., Pu, Z., Yang, W., & Zhai, R. (2023). Dynamic detection of three-dimensional crop phenotypes based on a consumer-grade RGB-D camera. *Frontiers in Plant Science*, 14.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1097725>

Suhaimi, A. F., Yaakob, N., Saad, S. A., Sidek, K. A., Elshaikh, M. E., Dafhalla, A. K. Y., Lynn, O. B., & Almashor, M. (2021). IoT Based Smart Agriculture Monitoring, Automation and Intrusion Detection System. *Journal of Physics: Conference Series*, 1962(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1962/1/012016>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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

- Tripathi, P., Miraz, M. H., & Joshi, S. (2023). Comparative Analysis of MongoDB and InfluxDB for Time Series Data Management in IoT Environments: A Study on Performance, Scalability, and Concurrency. *Proceedings - 2023 International Conference on Computing, Networking, Telecommunications and Engineering Sciences Applications, CoNTESA 2023*. <https://doi.org/10.1109/CoNTESA61248.2023.10384962>
- Utami, M., & Putra, E. D. (2023). *Deteksi Objek Kualitas Daun Sawi Menggunakan Metode HSV Color dan Color Blob*. 5(2). <https://jurnal.ikhafi.or.id/index.php/jusibi>
- Wang, X. (2008). miRDB: A microRNA target prediction and functional annotation database with a wiki interface. *RNA*, 14(6). <https://doi.org/10.1261/rna.965408>
- Yang, Z. X., Li, Y., Wang, R. F., Hu, P., & Su, W. H. (2025). Deep Learning in Multimodal Fusion for Sustainable Plant Care: A Comprehensive Review. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 17, Number 12). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/su17125255>
- Yin, H., Cao, Y., Marelli, B., Zeng, X., Mason, A. J., & Cao, C. (2021). Soil Sensors and Plant Wearables for Smart and Precision Agriculture. In *Advanced Materials* (Vol. 33, Number 20). <https://doi.org/10.1002/adma.202007764>
- Zhao, W., Aldyaflah, I. M., Gangwani, P., Joshi, S., Upadhyay, H., & Lagos, L. (2023). A Blockchain-Facilitated Secure Sensing Data Processing and Logging System. *IEEE Access*, 11. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3252030>
- Zhu, T., Liang, C., Meng, Z., Sun, G., Meng, Z., Guo, S., & Zhang, R. (2017). CottonFGD: An integrated functional genomics database for cotton. *BMC Plant Biology*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s12870-017-1039-x>
- Zhu, X., Nie, X., & Liu, J. (2023). Time Series Database Optimization Based on InfluxDB. *Proceedings - 2023 International Conference on Power, Electrical Engineering, Electronics and Control, PEEEC 2023*. <https://doi.org/10.1109/PEEEEC60561.2023.00172>

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, 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 RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Nurul Aini, anak pertama dari dua bersaudara. Lahir di Jakarta, 19 Desember 2003. Latar belakang pendidikan formal penulis adalah lulusan sekolah dasar di SDN Kartika Sejahtera 01 tahun 2016. Melanjutkan ke sekolah menengah pertama di SMPN 1 Tajurhalang dan lulus pada tahun 2019. Kemudian melanjutkan pendidikan ke sekolah menengah atas di SMA Taruna Terpadu 1 Bogor dan lulus pada tahun 2022. Lalu penulis melanjutkan studi ke jenjang perkuliahan Sarjana Terapan (S.Tr) di Politeknik Negeri Jakarta jurusan Teknik Elektro Program Studi D4 Instrumentasi dan Kontrol Industri sejak tahun 2022.

Email : nurullainii.2003@gmail.com

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

LAMPIRAN

Lampiran 1 Prototipe *Greenhouse* Skala Kecil untuk Pemantauan Tanaman Sawi



Lampiran 2 Data Sensor Masuk

```

0|monitori | 2026-05-29 15:28:14
0|monitori | DATA MASUK
0|monitori | 2026-05-29 15:28:19
0|monitori | DATA MASUK
0|monitori | 2026-05-29 15:28:24
0|monitoring-sawi | DATA MASUK
0|monitoring-sawi | 2026-05-29 15:28:29
0|monitoring-sawi | DATA MASUK
0|monitoring-sawi | 2026-05-29 15:28:34
0|monitoring-sawi | DATA MASUK
0|monitoring-sawi | 2026-05-29 15:28:39
0|monitoring-sawi | DATA MASUK
0|monitoring-sawi | 2026-05-29 15:28:44
0|monitoring-sawi | DATA MASUK
0|monitoring-sawi | 2026-05-29 15:28:49
0|monitoring-sawi | DATA MASUK
0|monitoring-sawi | 2026-05-29 15:28:54
0|monitoring-sawi | DATA MASUK
0|monitoring-sawi | 2026-05-29 15:28:59
0|monitoring-sawi | DATA MASUK
0|monitoring-sawi | 2026-05-29 15:29:04
0|monitoring-sawi | DATA MASUK
0|monitoring-sawi | 2026-05-29 15:29:09
0|monitoring-sawi | DATA MASUK
0|monitoring-sawi | 2026-05-29 15:29:14
0|monitoring-sawi | DATA MASUK
0|monitoring-sawi | 2026-05-29 15:29:19
0|monitoring-sawi | DATA MASUK
0|monitoring-sawi | 2026-05-29 15:29:24
  
```

- 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 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

Lampiran 3 Data Citra Masuk

```
0|monitoring-camera|🕒 2026-05-29 15:29:09
0|monitoring-camera|✅ MQTT SENT
0|monitoring-camera|🕒 2026-05-29 15:29:09
0|monitoring-camera|🕒 2026-05-29 15:29:14
0|monitoring-camera|✅ MQTT SENT
0|monitoring-camera|🕒 2026-05-29 15:29:14
0|monitoring-camera|🕒 2026-05-29 15:29:19
0|monitoring-camera|✅ MQTT SENT
0|monitoring-camera|🕒 2026-05-29 15:29:19
0|monitoring-camera|🕒 2026-05-29 15:29:24
0|monitoring-camera|✅ MQTT SENT
0|monitoring-camera|🕒 2026-05-29 15:29:24
0|monitoring-camera|🕒 2026-05-29 15:29:29
0|monitoring-camera|✅ MQTT SENT
0|monitoring-camera|🕒 2026-05-29 15:29:29
0|monitoring-camera|🕒 2026-05-29 15:29:34
0|monitoring-camera|✅ MQTT SENT
0|monitoring-camera|🕒 2026-05-29 15:29:34
0|monitoring-camera|🕒 2026-05-29 15:29:39
0|monitoring-camera|✅ MQTT SENT
0|monitoring-camera|🕒 2026-05-29 15:29:39
0|monitoring-camera|🕒 2026-05-29 15:29:44
0|monitoring-camera|✅ MQTT SENT
0|monitoring-camera|🕒 2026-05-29 15:29:44
0|monitoring-camera|🕒 2026-05-29 15:29:49
0|monitoring-camera|✅ MQTT SENT
0|monitoring-camera|🕒 2026-05-29 15:29:49
```

Lampiran 4 Program ESP32 pada Arduino IDE

```
#include <WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_SHT31.h>
#include <BH1750.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

// ===== WiFi & MQTT =====
const char* ssid = "GREENHOUSE";
const char* password = "Tanaman01";
const char* mqtt_server = "187.77.119.132";
const char* mqtt_user = "monitoring_sawi";
const char* mqtt_pass = "sawisegar123";

WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);

// ===== Sensor =====
Adafruit_SHT31 sht31 = Adafruit_SHT31();
BH1750 lightMeter;
#define SOIL_PIN 34
#define ONE_WIRE_BUS 33
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
```



© 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

```
// ===== Timer =====
unsigned long lastSend = 0;
const long interval = 5000; // 5 detik

void setup_wifi() {
  Serial.print("Connecting WiFi");
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("\n✓ WiFi Connected");
}

void reconnect() {
  while (!client.connected()) {
    if (client.connect("ESP32_SAWI", mqtt_user, mqtt_pass)) {
      Serial.println("✓ MQTT Connected");
    } else {
      delay(2000);
    }
  }
}

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  setup_wifi();
  client.setServer(mqtt_server, 1883);

  Wire.begin(21, 22);
  sht31.begin(0x44);
  lightMeter.begin();
  sensors.begin();
  pinMode(SOIL_PIN, INPUT);

  Serial.println("🔧 ESP32 Started - Sending data every 5 seconds");
}

void loop() {
  if (!client.connected()) reconnect();
  client.loop();

  // Kirim data setiap 5 detik
  if (millis() - lastSend >= interval) {
    lastSend = millis();

    // Baca sensor
    float suhu = sht31.readTemperature();
```



© 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

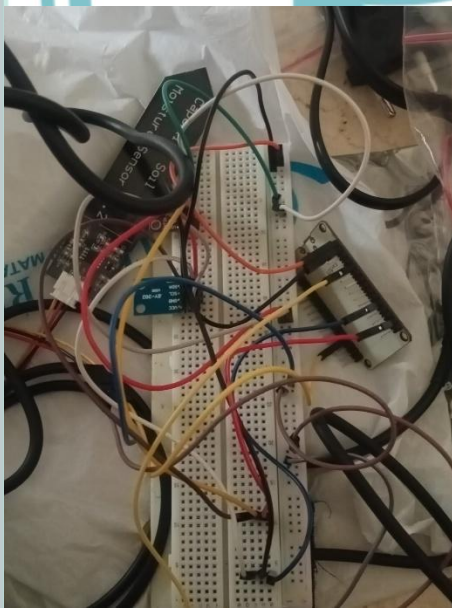
```
float rh = sht31.readHumidity();
float lux = lightMeter.readLightLevel();
sensors.requestTemperatures();
float tanah = sensors.getTempCByIndex(0);
int soilADC = analogRead(SOIL_PIN);
float soil = constrain(map(soilADC, 3300, 1400, 0, 90), 0, 90);

// Buat JSON payload
String payload = "{";
payload += "\"suhu_udara\":\"" + String(suhu, 2) + ",";
payload += "\"kelembapan\":\"" + String(rh, 2) + ",";
payload += "\"lux\":\"" + String(lux, 2) + ",";
payload += "\"soil\":\"" + String(soil, 2) + ",";
payload += "\"suhu_tanah\":\"" + String(tanah, 2);
payload += "}\"";

// Kirim ke MQTT
client.publish("sawi/data", payload.c_str());

// Serial monitor
Serial.print(" Data sent: ");
Serial.println(payload);
}
}
```

Lampiran 5 Pengujian Sensor



Lampiran 6 Dataset yang tersimpan

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
125	29/05/2026, 12.28.10	33,51	65,74	373,33	90	28,56	24,09	80	SEHAT	
126	29/05/2026, 12.28.05	33,52	65,62	374,17	90	28,56	23,64	80	SEHAT	
127	29/05/2026, 12.28.00	33,54	65,65	375	90	28,56	21,5	80	SEHAT	
128	29/05/2026, 12.27.55	33,55	65,63	375,83	90	28,56	21,48	80	SEHAT	
129	29/05/2026, 12.27.50	33,57	65,55	375,83	90	28,62	23,07	80	SEHAT	