

e-ISSN : 3031-0342  
Diterima: : 8 September 2025  
Disetujui : 14 Desember 2025  
Tersedia online di <https://journal.unram.ac.id/index.php/agent>

**RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN IKLIM MIKRO BERBASIS  
*INTERNET of THINGS* (IoT) PADA TANAMAN BAYAM HIJAU (*Amaranthus* sp.)  
DALAM *GREENHOUSE***

*Design of an Internet of Things (IoT)-Based Microclimate Monitoring System For Green  
Amaranth (*Amaranthus* sp.) in a Greenhouse*

**Eriani Sagita<sup>1\*</sup>, Joko Sumarsono<sup>1</sup>, Oki Saputra<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri,  
Universitas Mataram.

email\*): [erianisagita@gmail.com](mailto:erianisagita@gmail.com)

***ABSTRACT***

*Microclimate refers to local climate conditions that directly influence the physical characteristics of an environment. Internet of Things (IoT)-based microclimate monitoring plays a crucial role in maintaining optimal growing conditions for green spinach and enhancing crop yield. This study aimed to design and develop an IoT-based microclimate monitoring system for green spinach (*Amaranthus* sp.) in a greenhouse. The research employed an experimental method by applying the ADDIE model (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) as a development framework. The monitored parameters included air temperature, air humidity, soil temperature, soil moisture, and light intensity. The results showed that air temperature ranged from 22.63 to 36.5°C, while air humidity varied between 47% and 97%. The temperature of the growing media on cocopeat ranged from 21.23 to 33.71°C, organic compost from 22.19 to 33.14°C, and garden soil from 21.59 to 32.32°C. The moisture content of the growing media on cocopeat ranged from 324% to 389%, organic compost from 30% to 40%, and garden soil from 23% to 35%. Light intensity ranged from 0.2 to 30,679.29 lux. The developed IoT-based microclimate monitoring system successfully detected and presented environmental data accurately and in real-time, and could be accessed remotely via a smartphone using the MQTT Dashboard application. This system effectively maintained optimal conditions for the growth of green spinach, thereby improving cultivation efficiency and potential yield in the greenhouse.*

**Keywords:** *ADDIE; greenhouse; green spinach; internet of things; microclimate*

***ABSTRAK***

Iklim mikro adalah faktor-faktor kondisi iklim setempat dan memberikan pengaruh langsung terhadap fisik pada suatu lingkungan. Pemantauan iklim mikro berbasis IoT berperan penting dalam menjaga lingkungan tumbuh bayam hijau agar tetap optimal dan meningkatkan hasil panen. Tujuan penelitian ini yaitu merancang dan membangun sistem pemantauan iklim mikro berbasis *Internet of Things* (IoT) pada tanaman bayam hijau (*Amaranthus* sp.) dalam *greenhouse*. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode eksperimental dengan menerapkan metode model pengembangan data yaitu metode ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Parameter penelitian

meliputi suhu udara, kelembapan udara, suhu media tanam, kelembapan media tanam, dan intensitas cahaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu udara berkisar 22,63-36,5°C. Kelembapan udara berkisar 47-97%. Suhu media tanam pada *cocopeat* berkisar 21,23-33,71°C, pupuk orkom berkisar 22,19-33,14°C, tanah kebun berkisar 21,59-32,32°C. Kelembapan media tanam pada *cocopeat* berkisar 324-389%, pupuk orkom berkisar 30-40%, tanah kebun berkisar 23-35%. Intensitas cahaya berkisar 0,2-30.679,29 lux. Sistem pemantauan iklim mikro berbasis IoT yang dikembangkan mampu mendeteksi dan menyajikan data lingkungan secara akurat dan *real-time*, serta dapat diakses jarak jauh melalui *smartphone* menggunakan aplikasi MQTT *Dashboard*. Sistem ini efektif menjaga kondisi optimal bagi pertumbuhan bayam hijau, sehingga meningkatkan efisiensi budi daya dan potensi hasil produksi di *greenhouse*.

**Kata kunci:** ADDIE; bayam hijau; greenhouse; internet of things; iklim mikro

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Indonesia dikenal sebagai negara agraris, Indonesia mempunyai tanah yang subur untuk pertumbuhan tumbuhan yang optimal. Indonesia dikenal sebagai negara dengan iklim tropis dan letak geografis yang memungkinkan budi daya tanaman pangan. Oleh karena itu, berbagai jenis tanaman dapat tumbuh dengan subur, salah satunya adalah bayam hijau (*Amaranthus* sp.) (Adinda *et al.*, 2024). Bayam hijau (*Amaranthus* sp.) merupakan tumbuhan yang biasa ditanam untuk dikonsumsi daunnya sebagai sayuran hijau. Tumbuhan ini dikenal sebagai sayuran sumber zat besi yang penting. Berdasarkan tingkat potensial produksi bayam, produktivitas bayam di Indonesia masih tergolong rendah (Jauhari & Lestari, 2021).

Iklim mikro adalah faktor-faktor kondisi iklim setempat dan memberikan pengaruh langsung terhadap fisik pada suatu lingkungan. Iklim mikro tanaman dapat dilihat mulai dari perakaran hingga kondisi tajuk teratas tanaman (Irawan & Hidayah, 2017). Iklim mikro pada tanaman hortikultura merupakan salah satu upaya agar tanaman dapat tumbuh dan berkembang dengan optimal. Suhu udara dan tanah, kelembapan udara dan tanah merupakan komponen dari iklim mikro yang memengaruhi pertumbuhan tanaman dan berkaitan dalam menciptakan keadaan lingkungan yang optimal bagi tanaman (Noorhadi dan Sudadi, 2003).

*Greenhouse* atau rumah kaca adalah struktur buatan manusia yang dirancang khusus untuk mengendalikan lingkungan tumbuh tanaman. *Greenhouse* umumnya terbuat dari bahan transparan, seperti kaca atau plastik, yang memungkinkan cahaya matahari masuk dan menjaga suhu di dalamnya. Tujuan utama dari menggunakan *greenhouse* adalah untuk menciptakan kondisi mikro lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan tanaman. (Mukaromah *et al.*, 2023).

Salah satu teknologi informasi yang dapat membantu petani dalam mengelola lahan pertanian adalah *Internet of Things* (IoT). *Internet of Things* (IoT) sangat dapat mempermudah pekerjaan petani jika diterapkan karena memberikan kemudahan dalam mengelola lahan pertanian secara lebih efisien (Gondchawar & Kawitkar, 2016). Penerapan *Internet of Things* (IoT) dalam sektor pertanian melalui *smart greenhouse* mampu mengubah sistem pertanian menjadi lebih efektif dan efisien, serta menjadi solusi terhadap keterbatasan lahan dan dampak perubahan iklim global sehingga dapat membantu mengatasi krisis pangan (Jung *et al.*, 2021). Oleh karena itu, pemantauan iklim mikro berbasis *Internet of Things* (IoT) sangat membantu dalam menjaga kestabilan lingkungan tumbuh tanaman, sehingga pertumbuhan bayam hijau (*Amaranthus* sp.) tetap optimal dan hasil panen dapat ditingkatkan.

### Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem pemantauan iklim mikro berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu mendeteksi kondisi lingkungan seperti suhu udara, kelembapan udara, suhu media tanam, kelembapan media tanam dan intensitas cahaya secara *real-time* di dalam *greenhouse*.
2. Menganalisis kinerja sistem pemantauan iklim mikro berbasis *Internet of Things* (IoT) dalam menyajikan informasi lingkungan yang mudah diakses, akurat, serta bermanfaat dalam mendukung proses pengambilan keputusan pada kegiatan budi daya tanaman di dalam *greenhouse*.
3. Menganalisis sejauh mana efektivitas sistem pemantauan iklim mikro dalam mendukung pertumbuhan tanaman bayam hijau (*Amaranthus* sp.).

## METODE PENELITIAN

### Alat dan Bahan

Alat yang digunakan yaitu ESP32 sebagai mikrokontroler, Sensor SHT31, Sensor *soil moisture* SEN0308 sebanyak 3 buah, Sensor DS18B20 sebanyak 3 buah, Sensor BH1750, LCD 20×4, *relay 4 channel*, kabel pelangi, data *logger*/RTC, modul SD *card*, Memori SD *card* 32 GB, terminal blok, *spacer* 1 cm, papan PCB (*Printed circuit board*) berlubang, resistor, pin *header*, solder listrik, timah, obeng *full set*, gunting, stop kontak, penyedot timah, termometer air raksa, lux meter, *blower*, wi-fi, laptop, kabel data USB, *smartphone*, aplikasi MQTT *Dashboard*, Fritzing dan *software* Arduino IDE. Sedangkan bahan yang digunakan yaitu 30 buah *polybag*, *cocopeat*, pupuk orkom, tanah kebun, 30 buah bibit bayam hijau umur 2 minggu.

### Metode

Metode penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental atau percobaan langsung dengan menerapkan metode model pengembangan data yaitu metode ADDIE (*Analysis, Design, Development,*

*Implementation, Evaluation*). Metode ADDIE menggunakan lima tahap pengembangan yaitu:

1. *Analysis* (Analisis)  
Mengidentifikasi kebutuhan sistem dan permasalahan yang ingin diselesaikan melalui penelitian ini.
2. *Design* (Desain)  
Merancang sistem dan alat meliputi pemilihan sensor, desain rancangan, dan perancangan skema koneksi.
3. *Development* (Pengembangan)  
Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan, pembuatan bahasa pemrograman, perakitan perangkat keras dan pembuatan sistem perangkat lunak.
4. *Implementation* (Implementasi)  
Pengujian keakuratan sensor (kalibrasi sensor) dan instalasi sistem di dalam *greenhouse*.
5. *Evaluation* (Evaluasi)  
Menilai efektivitas sistem dalam memantau iklim mikro, mengidentifikasi kelemahan, dan memberikan solusi perbaikan guna meningkatkan akurasi dan kinerja.

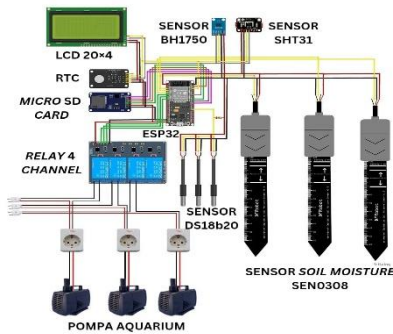
### Parameter Penelitian

Beberapa parameter yang diukur dalam penelitian ini, yaitu:

1. Suhu Udara
2. Kelembapan Udara
3. Suhu Media Tanam
4. Kelembapan Media Tanam
5. Intensitas Cahaya

### Desain Rancangan Sistem Pemantauan Iklim Mikro

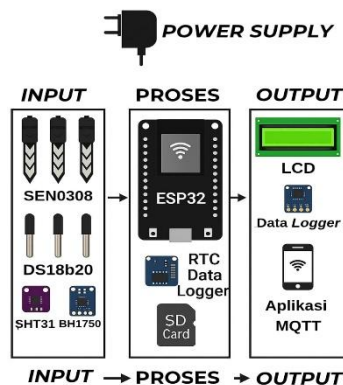
Perancangan rangkaian sistem pemantauan berbasis *Internet of Things* (IoT) bertujuan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai susunan dan posisi masing-masing komponen yang digunakan dalam sistem. Desain rancangan sistem pemantauan iklim mikro pada Gambar 1.



**Gambar 1.** Desain Instalasi Sistem Pemantauan Iklim Mikro

### Skema Koneksi Pemantauan Berbasis *Internet of Things* (IoT)

Pada skema koneksi sistem pemantauan berbasis *Internet of Things* (IoT), rangkaian dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu *input*, proses, dan *output*. Pembagian skema koneksi ini bertujuan untuk memberikan gambaran yang lebih sistematis dan terstruktur mengenai alur kerja sistem secara keseluruhan. Skema koneksi pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Skema Koneksi Berbasis *Internet of Things* (IoT)

### Kalibrasi Sensor

Proses pengujian keakuratan sensor atau kalibrasi sensor dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh sensor yang digunakan dalam sistem bekerja secara akurat dan konsisten sesuai dengan spesifikasi teknisnya.

Kalibrasi sensor DS18B20 dan Sensor SHT31 dengan menggunakan dua perlakuan suhu yang berbeda yaitu suhu dingin dengan menggunakan *showcase* dan suhu panas menggunakan *heat gun*. Nilai *error* yang didapat pada sensor DS18B20

sebesar  $0.5^{\circ}\text{C}$  dengan MAPE 0,94% pada perlakuan suhu panas dan sensor SHT31 untuk suhu sebesar  $2,3^{\circ}\text{C}$  dengan MAPE 5,30% dan *error* RH 0,7% dengan MAPE 1,11% pada perlakuan suhu dingin. Kalibrasi sensor DS18B20 dan sensor SHT31 pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Proses Kalibrasi Sensor DS18B20 dan Sensor SHT31

Kalibrasi terhadap sensor kelembapan tanah *soil moisture* SEN0308 dilakukan untuk mengetahui akurasi pembacaan sensor dalam mengukur kadar lengas media tanam dibandingkan dengan nilai aktual yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium. Tujuan dari proses ini adalah untuk memverifikasi bahwa nilai ADC (*Analog to Digital Converter*) yang dihasilkan oleh sensor dapat diubah menjadi nilai kadar lengas media tanam dalam bentuk persentase (%). Kadar lengas media tanam ditentukan melalui metode pengeringan oven atau metode gravimetri dan hasilnya dinyatakan dalam bentuk persentase kelembapan (%). Metode gravimetri memperkirakan kadar air dalam tanah dengan menimbang sampel sebelum dan setelah pengeringan dalam oven (Nurilmi *et al.*, 2017). Kalibrasi sensor *soil moisture* SEN0308 pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Proses Kalibrasi Sensor *Soil Moisture* SEN0308

Pada penelitian ini dilakukan proses kalibrasi sensor BH1750 dengan cara membandingkan hasil pembacaan dari sensor BH1750 dengan lux meter, lokasi pengambilan data menggunakan 2 tempat yang berbeda. Lokasi pertama yang dilakukan pengukuran intensitas cahaya yaitu di halaman belakang Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram dan lokasi kedua yaitu di dalam *greenhouse* lantai 2 Laboratorium Teknik Konservasi dan Lingkungan Pertanian sebagai lokasi penelitian. Nilai *error* yang didapatkan sebesar 542,525 lux dengan MAPE 3,55%. Kalibrasi sensor BH1750 pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Proses Kalibrasi Sensor BH1750

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Rancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

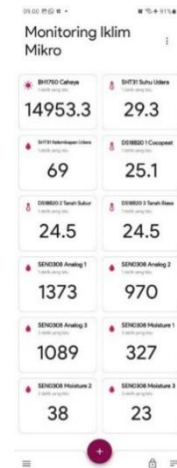
Pada perancangan sistem pemantauan iklim mikro berbasis *Internet of Things* (IoT), mikrokontroler ESP32 berperan sebagai pusat kendali yang mengatur jalannya sistem secara otomatis berdasarkan data yang diterima dari berbagai sensor. Hasil perancangan sistem pemantauan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Rancangan Perangkat Keras

### Aplikasi MQTT *Dashboard*

Rancang bangun sistem pemantauan iklim mikro pada penelitian ini memanfaatkan aplikasi MQTT *Dashboard* sebagai protokol pemantauan. MQTT *Dashboard* merupakan aplikasi komunikasi yang ringan dan efisien, dirancang khusus untuk perangkat dengan keterbatasan sumber daya serta jaringan yang kurang stabil. Protokol ini banyak digunakan dalam implementasi *Internet of Things* (IoT) karena kemampuannya dalam mengelola pengiriman pesan secara *real-time* antar perangkat secara andal. Hasil pemantauan menggunakan aplikasi MQTT *Dashboard* pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Aplikasi MQTT *Dashboard*

### Instalasi Sistem di *Greenhouse*

Pemasangan sistem dilakukan di dalam *greenhouse* dengan menempatkan berbagai sensor pada posisi yang strategis untuk memperoleh data lingkungan secara akurat. Sensor *soil moisture* SEN0308 untuk kelembapan media tanam dan sensor DS18B20 untuk suhu media tanam ditempatkan di dalam *polybag* masing-masing media tanam sebagai perwakilan pembacaan nilai kelembapan dan suhu media tanam pada 3 media yang berbeda. Sensor SHT31 untuk suhu dan kelembapan udara, dan sensor BH1750 untuk intensitas cahaya dipasang pada bagian tengah *greenhouse* dengan ketinggian tertentu agar bisa mengukur kondisi suhu udara, kelembapan udara, dan intensitas cahaya di sekitar



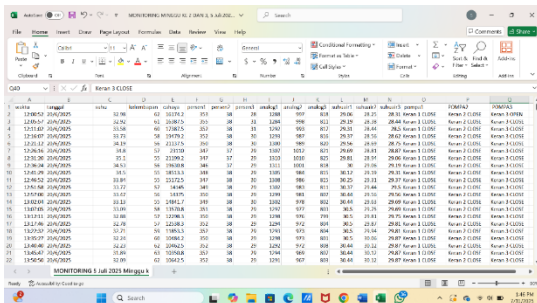
tanaman. Instalasi sistem pemantauan iklim mikro di *greenhouse* pada Gambar 8.



Gambar 8. Instalasi Sistem di *Greenhouse*

### Penyimpanan Data Pada SD Card

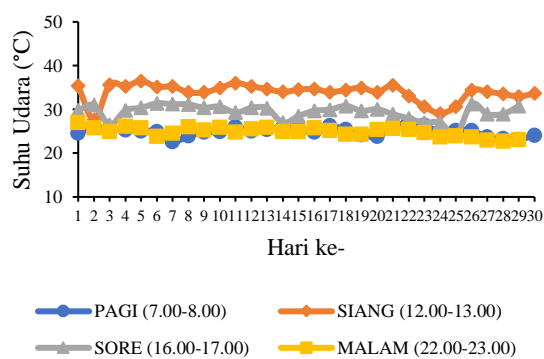
Sistem ini dilengkapi dengan modul penyimpanan data berbasis SD card yang berfungsi untuk mencatat dan menyimpan hasil pemantauan secara otomatis. Data yang direkam disimpan dalam format .csv, sehingga dapat dengan mudah dibuka dan dianalisis menggunakan *Microsoft Excel* atau perangkat lunak pengolah data lainnya. Penyimpanan data pada SD card pada Gambar 9.



Gambar 9. Penyimpanan Data pada SD Card

### Suhu Udara

Suhu udara merupakan salah satu parameter penting dalam pengelolaan iklim mikro di dalam *greenhouse* karena secara langsung memengaruhi proses fisiologis tanaman seperti fotosintesis, respirasi, dan transpirasi.

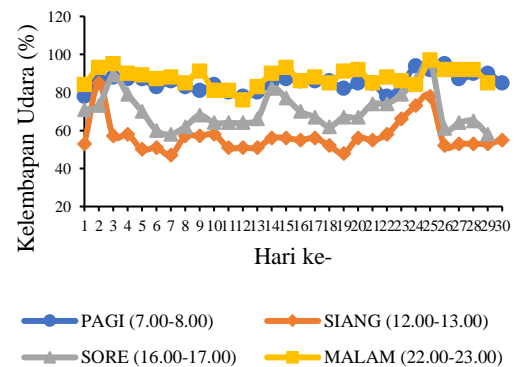


Gambar 10. Pemantauan Suhu Udara

Berdasarkan Gambar 10 menunjukkan nilai hasil pengukuran suhu di dalam *greenhouse* pada pagi hari berkisar 22,63-27°C. Siang hari berkisar 27,58-36,5°C. Sore hari berkisar 24,06-31,39°C. Malam hari berkisar 22,67-26,98°C. Suhu tertinggi secara umum terjadi pada waktu siang hari, hal ini berkaitan erat dengan kondisi lingkungan pada siang hari yang cenderung panas akibat tingginya intensitas radiasi matahari yang masuk ke dalam *greenhouse*. Menurut Sugito *et al.* (2024) pada siang hari suhu di dalam *greenhouse* meningkat dibandingkan suhu pagi, sore dan malam hari, faktor penyebab tingginya suhu dalam *greenhouse* yaitu pergerakan udara dalam *greenhouse* relatif sangat sedikit dibandingkan luar *greenhouse*.

### Kelembapan Udara

Dalam sistem *greenhouse*, perubahan kelembapan udara biasanya terjadi secara dinamis, mengikuti perubahan suhu dan intensitas cahaya harian.

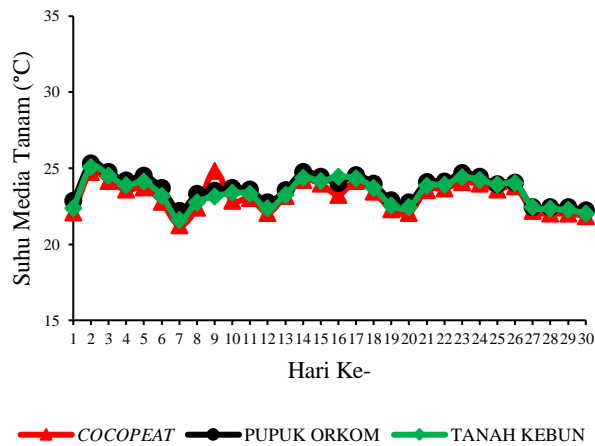


Gambar 11. Pemantauan Kelembapan Udara

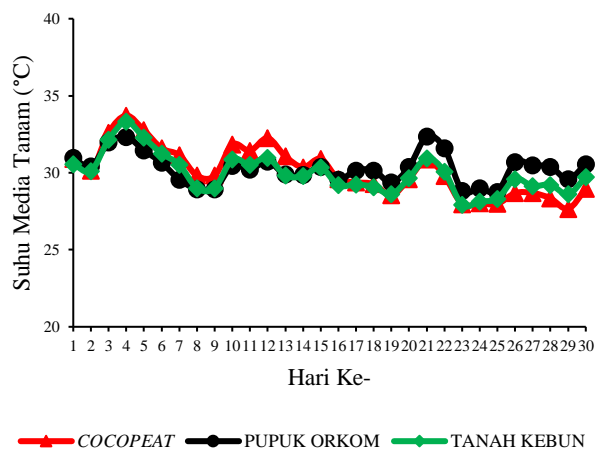
Berdasarkan Gambar 11 menunjukkan nilai hasil pengukuran kelembapan udara dalam *greenhouse* pada pagi hari berkisar 78%-95%. Siang hari berkisar 47%-85%. Sore hari berkisar 58%-96%. Malam hari berkisar 76%-97%. Menurut Tando (2019) kelembapan udara untuk pertumbuhan bayam berkisar 50%-60%. Kelembapan udara yang stabil sangat penting untuk mencegah stres tanaman. Kelembapan yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menyebabkan masalah seperti kekeringan atau infeksi jamur.

### Suhu Media Tanam

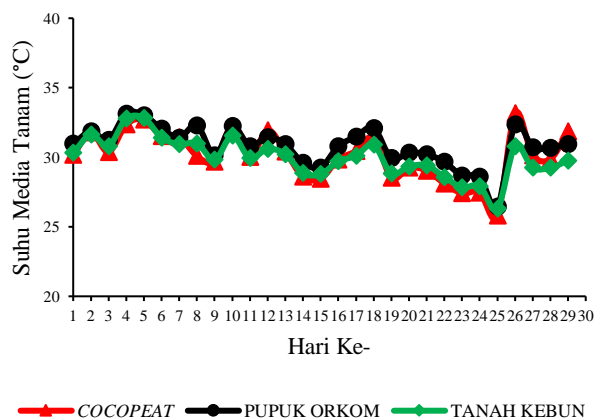
Suhu media tanam merupakan faktor penting yang memengaruhi aktivitas fisiologis akar tanaman, seperti penyerapan air dan nutrisi, respirasi akar, serta pertumbuhan akar secara keseluruhan.



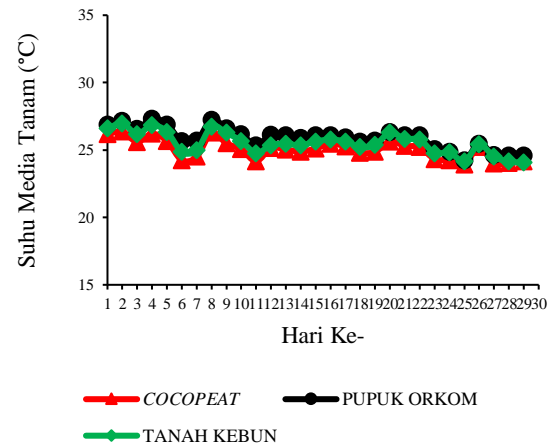
**Gambar 12.** Pemantauan Suhu Media Tanam pada Pagi Hari



**Gambar 13.** Pemantauan Suhu Media Tanam pada Siang Hari



**Gambar 14.** Pemantauan Suhu Media Tanam pada Sore Hari



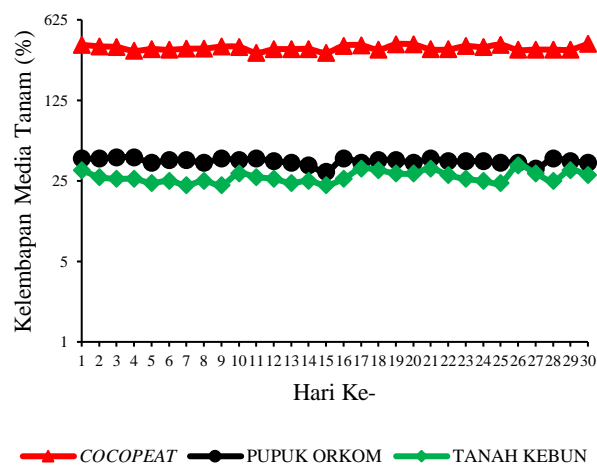
**Gambar 15.** Pemantauan Suhu Media Tanam pada Malam Hari

Berdasarkan Gambar 12-15 menunjukkan hasil pemantauan suhu media tanam pada empat waktu yang berbeda yaitu pagi (07.00-08.00), siang (12.00-13.00), sore (16.00-17.00), malam (22.00-23.00) pada media tanam *cocopeat*, pupuk orkom, dan tanah kebun. Suhu pagi hari pada *cocopeat* berkisar 21,23-24,76°C, pada pupuk orkom berkisar 22,19-25,32°C, pada tanah kebun berkisar 21,59-25,07°C. Suhu media tanam siang hari pada *cocopeat* berkisar 27,66-33,71°C, pada pupuk orkom berkisar 28,77-32,35°C, pada tanah kebun 28,13-33,32°C. Suhu media tanam sore hari pada *cocopeat* berkisar 25,79-33,16°C, pada pupuk orkom berkisar 26,44-33,14°C, pada tanah kebun berkisar 26,29-32,82°C. Suhu media tanam malam hari pada *cocopeat* berkisar 23,94-26,36°C, pada pupuk orkom 24,24-27,34°C, pada tanah kebun berkisar 24,06-26,96°C. Perubahan suhu media tanam dalam sehari juga sangat dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti suhu udara dan intensitas cahaya matahari yang masuk ke dalam *greenhouse*. Pada siang hari, suhu media tanam umumnya meningkat akibat paparan panas yang lebih tinggi, sedangkan pada malam hari, suhu media tanam mengalami penurunan karena tidak ada suplai panas dari cahaya matahari.

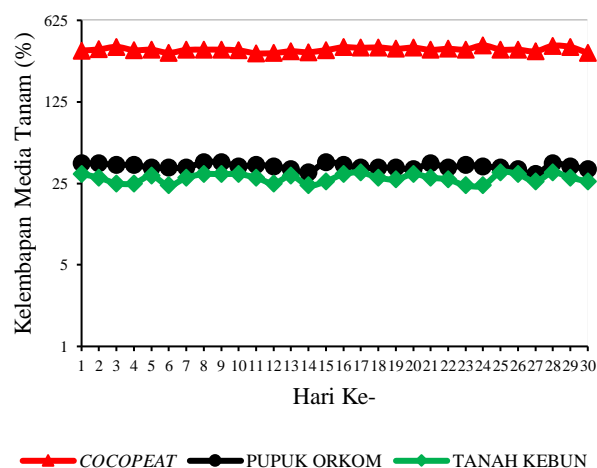
### Kelembapan Media Tanam

Kelembapan media tanam merujuk pada kandungan air yang terdapat di dalam media tanam. Penilaian kelembapan tanah dapat dilakukan melalui dua metode, yaitu

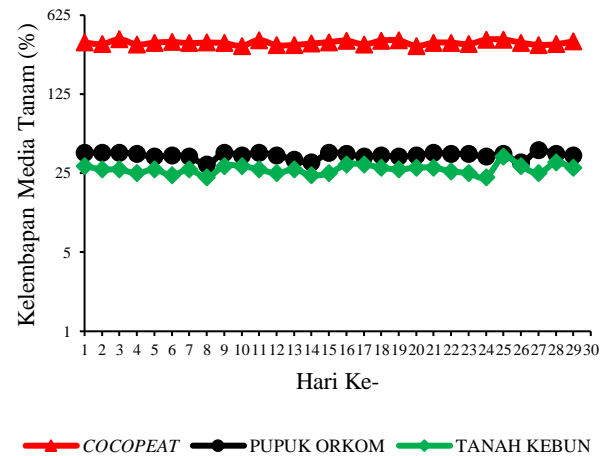
kadar air volumetri yang merupakan perbandingan volume air terhadap total volume bahan tanah basah, dan kadar air gravimetri yang mengukur perbandingan massa air terhadap massa total bahan tanah. Kehadiran air dalam tanah juga memengaruhi permitivitas tanah, yang bervariasi tergantung pada jenis tanahnya (Brahma *et al.*, 2017). Pada penelitian ini kelembapan media tanam inilah yang dijadikan acuan utama untuk mengaktifkan pompa sebagai sumber irigasi tanaman. Metode yang digunakan untuk menentukan kelembapan yaitu metode gravimetri. Pada metode gravimetri, kadar air media tanam dihitung berdasarkan perbandingan antara massa air dengan massa kering media.



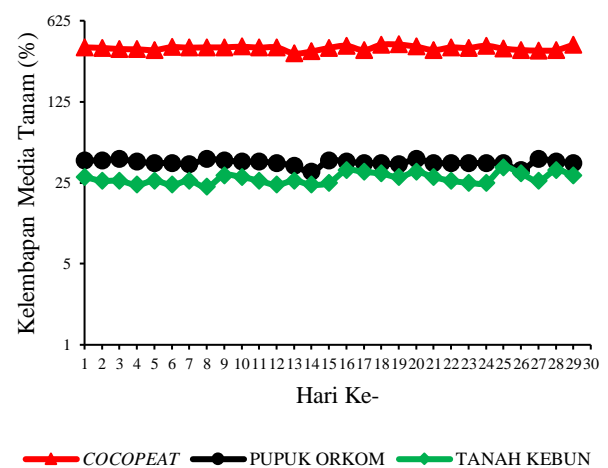
**Gambar 16.** Pemantauan Kelembapan Media Tanam pada Pagi Hari



**Gambar 17.** Pemantauan Kelembapan Media Tanam pada Siang Hari



**Gambar 18.** Pemantauan Kelembapan Media Tanam pada Sore Hari



**Gambar 19.** Pemantauan Kelembapan Media Tanam pada Malam Hari

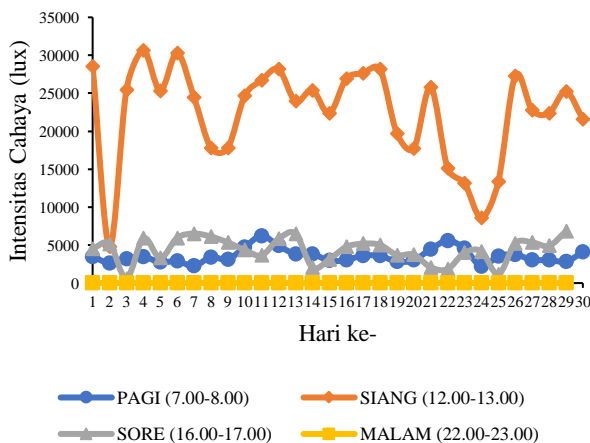
Berdasarkan Gambar 16-19 menunjukkan hasil pemantauan kelembapan media tanam pada empat waktu yang berbeda yaitu pagi (07.00-08.00), siang (12.00-13.00), sore (16.00-17.00), malam (22.00-23.00). Kelembapan media tanam pagi hari pada *cocopeat* berkisar 324%-386%, pupuk orkom berkisar 30%-40%, tanah kebun berkisar 23%-31%. Siang hari pada *cocopeat* berkisar 327%-381%, pupuk orkom berkisar 30%-38%, tanah kebun berkisar 24%-31%. Sore hari pada *cocopeat* berkisar 334%-383%, pupuk orkom 30%-40%, tanah kebun berkisar 23%-35%. Malam hari pada *cocopeat* berkisar 326%-389%, pupuk orkom berkisar 31%-40%, tanah kebun berkisar 23%-34%. Dalam penelitian ini, kelembapan media tanam diamati pada tiga jenis media tanam, yaitu



*cocopeat*, pupuk orkom, dan tanah kebun. Setiap media tanam memiliki struktur fisik dan kapasitas menahan air yang berbeda, sehingga menghasilkan tingkat kelembapan yang juga bervariasi. Media tanam *cocopeat* memiliki pori mikro yang mampu menghambat gerakan air lebih besar sehingga menyebabkan ketersediaan air lebih tinggi (Abdillah *et al.*, 2023). Perbedaan nilai kelembapan ini memberikan gambaran tentang kemampuan masing-masing media tanam dalam menyediakan air bagi tanaman.

### Intensitas Cahaya

Salah satu faktor utama yang memengaruhi laju fotosintesis adalah intensitas cahaya. Tanaman yang mendapatkan cahaya matahari cukup umumnya menunjukkan pertumbuhan yang lebih optimal dibandingkan tanaman yang tumbuh di tempat teduh (Nadhifa *et al.*, 2019).



**Gambar 20.** Pemantauan Intensitas Cahaya

Gambar 20 menunjukkan bahwa nilai intensitas cahaya relatif bervariasi, intensitas cahaya pada hari ke 2 mengalami penurunan yaitu 4.785,51 lux disebabkan oleh cuaca yang mendung yang terjadi pada siang hari, hal yang serupa juga terjadi pada hari ke 24 intensitas cahaya mengalami penurunan yaitu 8.577,75 lux disebabkan oleh terjadinya hujan dari siang hingga malam hari. Intensitas cahaya pada pagi hari berkisar 2.189,86-6.229,93 lux, siang hari berkisar 13.156,98-30.679,29 lux, sore hari

berkisar 1.140,97-6.824,74 lux, malam hari berkisar 0,2-0,83 lux.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem pemantauan iklim mikro berbasis *Internet of Things* (IoT) telah berhasil dirancang, sehingga mampu mendeteksi dan menampilkan data kondisi lingkungan secara *real-time* di dalam *greenhouse*. Sistem ini terdiri dari sensor SHT31, sensor *soil moisture* SEN0308, sensor DS18B20, dan sensor BH1750 yang terhubung dengan ESP32 dan menampilkan data melalui SD card serta aplikasi MQTT Dashboard dan data disimpan pada SD card dalam format .csv.
2. Sistem pemantauan menunjukkan kinerja yang baik dalam menyajikan informasi iklim mikro secara akurat dan *real-time*. Data yang dikirimkan melalui *smartphone* memudahkan pengguna dalam memantau kondisi lingkungan kapan pun dan di mana pun. Kalibrasi sensor yang telah dilakukan menunjukkan hasil bahwa sistem memiliki tingkat akurasi yang dapat diterima dan layak digunakan.
3. Berdasarkan analisis pemantauan sistem menjaga stabilitas kondisi lingkungan pertumbuhan bayam hijau (*Amaranthus* sp.). Pemantauan tingkat kelembapan media tanam yang terintegrasi dengan sistem irigasi otomatis berfungsi secara efektif dalam menjaga kelembapan media tanam sehingga terciptanya lingkungan yang kondusif bagi pertumbuhan tanaman.

### Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adapun saran untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Kalibrasi sensor *soil moisture* SEN0308 untuk media tanam seperti *cocopeat*, serbuk kayu, jerami dan lainnya yang

memiliki densitas rendah sebaiknya menggunakan metode kalibrasi volumetri.

2. Penambahan fitur notifikasi melalui email atau pesan jika kondisi lingkungan di luar batas yang telah ditentukan.
3. Penambahan sistem kontrol otomatis untuk suhu udara, kelembapan udara, dan intensitas cahaya dalam menjaga kestabilan iklim mikro.
4. Penggunaan panel surya sebagai sumber listrik cadangan untuk menghindari terjadinya mati listrik PLN di lokasi penelitian.

### DAFTAR REFERENSI

- Abdillah, F., Idris, Thaliasty, Anas, Juliana, Nur, N., Rantepadang, L., & Hairunnisa, A. (2023). Pembuatan Cocopeat sebagai Media Tanam dari Limbah Kerajinan Sabut Kelapa di Desa Pesuloang. *Jurnal Lepa-Lepa Open*, 3(6), 1148–1151.
- Adinda, D., Dalilah, E., Sari, L., Harlin, F. I., & Fevria, R. (2024). Budidaya Tanaman Bayam (*Amaranthus spp.*) secara Hidroponik Menggunakan Sistem Nutrient Film Technique (NFT). *Semnas Bio*, 1111–1119.
- Brahma, M., Goswami, B., & Kalita, M. (2017). Design of Soil Moisture Sensor for Validation of Passive Microwave Remote Sensed Soil Moisture Data. *ADB U Journal of Engineering Technology*, 6(2), 67-71.
- Gondchawar, N., & Kawitkar, R. S. (2016). IOT Based Smart Agriculture System. *2018 International Conference on Wireless Communications, Signal Processing and Networking, WiSPNET 2018*, 5(6), 838–842. <https://doi.org/10.1109/WiSPNET.2018.8538702>.
- Irawan, A. I., & Hidayah, N. H. (2017). Pengaruh Naungan terhadap Pertumbuhan dan Mutu Bibit Cempaka Wasian (*Magnolia tsiampaca* (Miq.) Dandy) di Persemaian. *Jurnal WASIAN*, 4(1), 11–16.
- Jauhari, T., & Lestari, S. (2021). Keragaman Genetik dan Fenotip pada Dua Populasi Bayam Hijau (*Amaranthus hybridus* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 9(2), 140–144.
- Jung, J., Maeda, M., Chang, A., Bhandari, M., Ashapure, A., & Landivar-Bowles, J. (2021). The potential of remote sensing and artificial intelligence as tools to improve the resilience of agriculture production systems. *Current Opinion in Biotechnology*, 70(10), 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2020.09.003>.
- Mukaromah, H., Ikhsanudin, A., Arianto, F., Ningsiah, & Lestari, S. (2023). Penerapan Smart Farming untuk Budidaya Cabai dalam Greenhouse. *Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering (A.J.I.E.E)*, 5(2), 207–217. <https://doi.org/10.30604/jti.v5i2.227>.
- Nadhifa, N. S., Kirom, M. R., & Rosdiana, E. (2019). Analisa pengaruh intensitas cahaya lampu Light Emitting Diode warna pada pertumbuhan tanaman bayam (*Amaranthus tricolor*) di dalam ruangan. *E-Proceeding of Engineering*, 6(2), 68–75.
- Noorhadi, & Sudadi. (2003). Kajian Pemberian Air dan Mulsa terhadap Iklim Mikro pada Tanaman Cabai di Tanah Entisol. *Jurnal Ilmu tanah dan Lingkungan*, 4(1), 41-49.
- Nurilmi, Achmad, M., & Suhardi. (2017). Pendugaan Lengas Tanah Inceptisol pada Tanaman Holtikultura Menggunakan Citra Landsat 8. *Jurnal AgriTecno*, 10(2), 135-150.
- Sugito, A., Sumarsono, J., Priyati, A., & Dewi, E. P. (2024). Aplikasi Teknik Aeroponik terhadap Pertumbuhan Tanaman Bayam (*Amaranthus sp.*). *J-Agent*, 2(1), 1–13.
- Tando, E. (2019). Review : Pemanfaatan Teknologi Greenhouse dan Hidroponik sebagai Solusi Menghadapi Perubahan Iklim dalam Budidaya Tanaman Hortikultura. *Buana Sains*, 19(1), 91-102. <https://doi.org/10.33366/bs.v19i1.153>