

## Monitoring Suhu, pH dan Kelembapan Untuk Aplikasi *Smart Farming* Berbasis *Internet Of Things*

Budi Sugandi<sup>1\*</sup>, Rizky Fadhila Hasibuan<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Mekatronika, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Batam  
Jl. Ahmad Yani, Batam, Kepulauan Riau.

Received: 26-08-2025

Accepted: 04-09-2025

**Keywords:**

Smart Farming;  
Internet of Things;  
Real-time Monitoring;

**Correspondent Email:**

[budi\\_sugandi@polibatam.ac.id](mailto:budi_sugandi@polibatam.ac.id)

**Abstrak.** *Smart farming merupakan pendekatan modern dalam pertanian yang memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT) untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas. Dalam penelitian ini, smart farming dikembangkan melalui sistem monitoring dan pengendalian berbasis IoT secara real-time dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan sensor suhu, pH, dan kelembapan tanah. Proses pengendalian kelembapan tanah dikendalikan dengan mengaktifkan pompa air saat kelembapan tanah di bawah 40%. Data pengukuran dianalisis dengan metode moving average untuk memastikan pembacaan stabil. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa pertumbuhan tanaman dengan menggunakan sistem yang dikembangkan tumbuh lebih optimal dengan tinggi rata-rata 11,2 cm dan ukuran daun 5,5 cm. Sementara pertumbuhan tanaman secara manual yang hanya mencapai tinggi 7,9 cm dan panjang daun 4 cm. Lingkungan pertumbuhan juga berada pada kondisi yang stabil dengan suhu rata-rata 29,63°C, kelembapan 40%, dan pH tanah 6,4–7,5. Selain itu, tanaman menunjukkan warna daun lebih hijau dan jumlah daun lebih banyak. Hasil eksperimen ini menunjukkan keberhasilan sistem yang dikembangkan untuk memonitor dan mengendalikan suhu, pH dan kelembapan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas pertumbuhan daun bayam sebagai bagian dari implementasi smart farming bagi industri pertanian.*

**Abstract.** *Smart farming is a modern agricultural approach that integrates Internet of Things (IoT) technology to enhance efficiency, productivity, and sustainability. This study aims to develop a smart farming utilising an IoT-based monitoring and control system using an ESP32 microcontroller connected to temperature, soil pH, and soil moisture sensors. The soil moisture is controlled by activating a water pump when the soil moisture is below 40%. Measurement data is analyzed using the moving average method for stable readings. Experimental results show that the plants' growth using the proposed system has an average height of 11.2 cm and a leaf size of 5.5 cm. The growth without our system reached only 7.9 cm in height and 4 cm in leaf size. The growth environment remained stable, with an average temperature of 29.63°C, a humidity level of 40%, and a soil pH range of 6.4 to 7.5. Additionally, the plants exhibit greener leaves and higher leaf counts. The experimental results show the success of our system to monitor and control temperature, pH, and humidity to improve both the quality and quantity of spinach growth as part of the implementation of smart farming for agriculture.*

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan industri dari tahun ke tahun semakin berkembang pesat, sama halnya dengan industri 4.0 dalam bidang pertanian. Perkembangan tersebut memberikan dampak perubahan budaya pertanian masyarakat pada sektor pertanian. Sektor pertanian memegang peran penting dalam menunjang ketahanan pangan dan pembangunan [1]. Potensi besar Indonesia sebagai negara agraris dengan lahan pertanian yang luas harus dioptimalkan untuk memenuhi kebutuhan pangan yang semakin meningkat [2]. Namun, adanya berbagai tantangan yang menghambat kemajuan sektor pertanian, seperti perubahan iklim, kekeringan, banjir, dan hama yang semakin ekstrem akibat perubahan iklim mengancam ketahanan pangan. Keadaan ini sangat mempengaruhi hasil dan kualitas pertanian, Menurunnya kualitas, kesuburan, dan daya dukung lahan, menyebabkan produktivitas hasil pertanian juga ikut menurun, begitu juga dengan ketersediaan air yang semakin terbatas dan kualitasnya pun yang semakin menurun, juga menjadi penyebab terus anjloknya produksi pertanian[3]. Faktor lingkungan yang utama adalah kondisi tanah yang berinteraksi dengan faktor genetik tanaman akan menghasilkan keadaan tanaman yang berbeda, termasuk di antaranya yaitu temperatur suhu dan kelembaban. Kelembaban juga berperan penting dalam pertumbuhan zat pada tanaman. Kelembaban tanah merupakan air yang tersimpan di antara pori-pori tanah [4]. Tingkat kelembaban tanah dapat mempengaruhi tanaman maupun hasil pertanian.

Oleh karena itu, *smart farming* muncul sebagai solusi inovatif untuk kemajuan sektor pertanian, dengan menggabungkan teknologi informasi dan komunikasi (TIK), *internet of things* (IoT), dan kecerdasan buatan (AI) untuk meningkatkan proses pertanian. Dengan mewujudkan hal ini penerapan teknologi dalam pertanian sangat penting untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas. *Smart farming* telah meningkatkan produksi pertanian di seluruh dunia dikarenakan teknologi ini memungkinkan efisiensi penggunaan hara dan air serta control iklim dan perlindungan tanaman lebih baik.

Dalam penelitian ini dikembangkan salah satu aplikasi *smart farming* dengan mengimplemtasikan sistem monitoring dan pengendalian berbasis IoT secara real-time

dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan sensor suhu, pH, dan kelembapan tanah. Proses pengendalian kelembapan tanah dikendalikan dengan mengaktifkan pompa air saat kelembapan tanah di bawah 40%. Data pengukuran dianalisis dengan metode moving average untuk memastikan pembacaan stabil. Sistem diimplementasikan pada tanaman bayam yang kemudian dimonitor dampak sistem yang dikembangkan terhadap pertumbuhan tanaman bayam dari sisi tinggi tanaman dan jumlah daunnya.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

*Smart farming* atau sistem pertanian cerdas bertujuan untuk membantu petani dalam merawat tanaman salah satunya dengan monitoring kondisi tanaman meliputi kesuburan tanah, kelembapan tanah, dan suhu. Berdasarkan informasi tersebut, petani dapat memperoleh waktu yang tepat untuk pengairan maupun pemupukan. Akan tetapi, sebagian sistem *smart farming* ini memerlukan sumber energi untuk sensor dan prosesnya yang berasal dari jaringan listrik konvensional yang mudah diakses di lokasi penelitian [5].

*Internet of Things* (IoT) adalah konsep yang menghubungkan mesin, perangkat elektronik, dan objek fisik melalui sensor dan aktuator untuk memperoleh serta mengelola data secara mandiri. Dalam konteks *smart farming*, IoT memungkinkan pemantauan dan pengendalian parameter pertanian secara real-time, sehingga mendukung efisiensi, produktivitas, dan keberlanjutan [6].

ESP32 atau NodeMCU adalah mikrokontroler bertenaga tinggi dengan konektivitas WiFi terintegrasi, menjadikannya pilihan ideal untuk pengembangan perangkat IoT. Dengan daya komputasi yang andal, ESP32 mampu mendukung aplikasi IoT yang kompleks tanpa memerlukan perangkat keras tambahan [8].

DHT-11 adalah sensor digital yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban. Sensor DHT-11 menggunakan kapasitor dan termistor untuk mengukur udara disekitarnya dan mengeluarkan sinyal pada pin data. DHT-11 banyak digunakan dan diklaim memiliki kualitas pembacaan yang baik [9].

Sensor *soil moisture* merupakan perangkat pengindra yang digunakan untuk

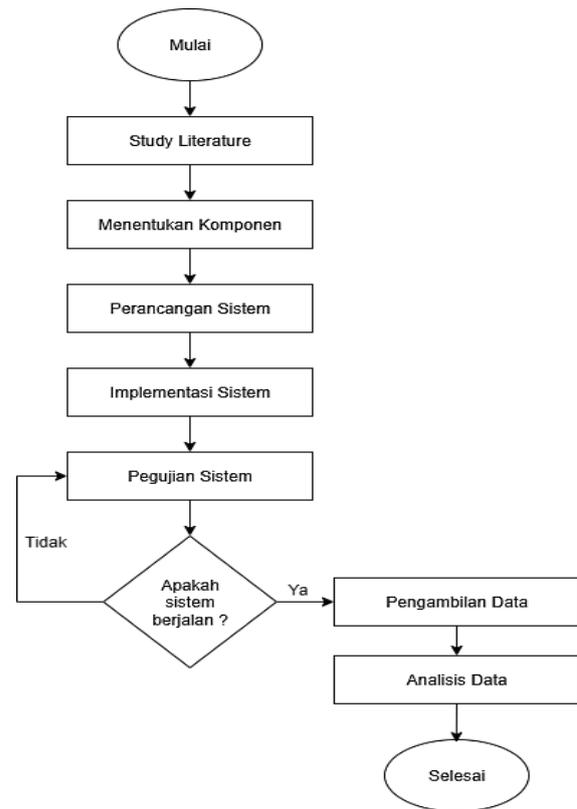
menangkap parameter-parameter alam seperti suhu, tekanan, kelembaban, kecepatan, dan fenomena lingkungan lainnya. Nilai dari parameter yang ditangkap oleh sensor masih berupa data analog dan perlu dikonversi lebih dahulu menjadi data digital oleh mikrokontroler sehingga nilainya dapat diketahui oleh manusia secara tepat dan presisi [10].

Sensor pH tanah adalah sebuah sensor yang dapat mendeteksi kadar keasaman atau kebasaan pada tanah [11]. Skala pH yang dapat diukur oleh sensor ini adalah range 1.0 hingga 14.00. Tanah dapat dikatakan asam jika memiliki tingkat lebih rendah dari 6 dan dikatakan basa apabila pH lebih tinggi dari 8. Sensor ini dapat langsung disambung ke pin analog dari mikrokontroler [13].

Metode *moving average* (MA) merupakan teknik sederhana untuk menganalisis data dalam jangka pendek, sehingga memudahkan pengguna dalam memahami pola perubahan yang fluktuatif. Pada sistem *smart farming*, metode ini dapat digunakan untuk menghaluskan data sensor, seperti suhu, pH tanah, dan kelembaban, agar pembacaan menjadi lebih stabil dan mudah diinterpretasikan. Perhitungannya dilakukan dengan menjumlahkan data dari beberapa periode sebelumnya, lalu membaginya dengan jumlah periode tersebut. Semakin panjang rentang waktu yang digunakan, hasil perhitungan akan menghasilkan grafik yang lebih halus, sehingga meminimalkan pengaruh lonjakan data sesaat dan membantu menentukan waktu optimal untuk penyiraman maupun pemupukan secara otomatis [14].

### 3. METODE PENELITIAN

Gambar 1 menunjukkan alur rancang bangun untuk mengembangkan sistem *smart farming* berbasis IoT. Metode yang digunakan adalah pengumpulan data primer melalui studi literatur dari artikel jurnal terkait. Tahapan penelitian meliputi: menentukan komponen, perancangan sistem, implementasi sistem, dan pengujian sistem. Setelah pengujian dilakukan, sistem dievaluasi apakah sudah berjalan dengan baik. Jika sistem berfungsi sesuai kebutuhan, proses dilanjutkan dengan pengambilan data dan analisis data hingga tahap selesai.



Gambar 1. Perancangan Penelitian

#### 3.1 Perancangan Elektrikal

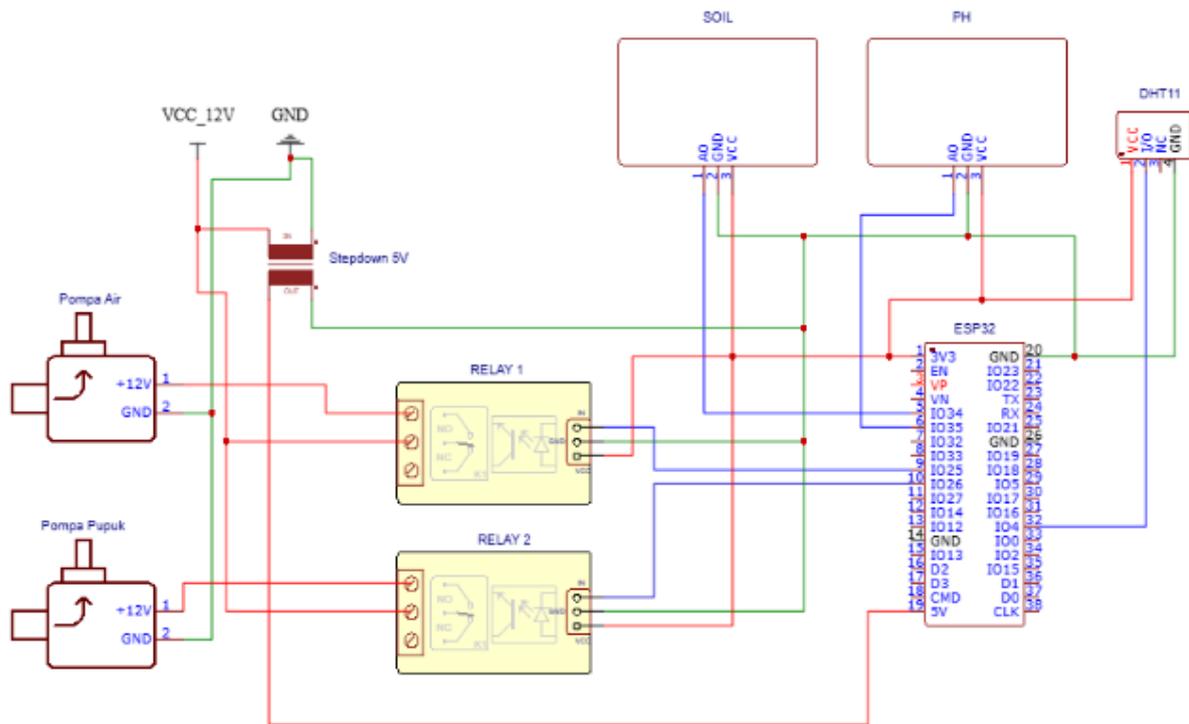
Skematik diagram yang berupa rancangan elektrikal yang akan dibangun pada sistem *smart farming* ditunjukkan pada gambar 2. Sistem menggunakan tiga jenis sensor yang terhubung ke mikrokontroler ESP32, yaitu sensor DHT11, *soil moisture*, dan pH tanah. Sensor DHT11 berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembapan udara. Pin VCC sensor ini dihubungkan ke sumber tegangan 5V pada ESP32, pin I/O terhubung ke GPIO4 untuk mengirimkan informasi suhu dan kelembapan udara, sedangkan pin GND terhubung ke ground ESP32 untuk melengkapi rangkaian. Sensor *soil moisture* digunakan untuk mengukur tingkat kelembapan tanah. Pin VCC sensor ini mendapatkan suplai 5V dari ESP32, pin AO dihubungkan ke GPIO34 untuk membaca nilai kelembapan dalam bentuk analog, dan pin GND dihubungkan ke ground ESP32. Sensor pH tanah digunakan untuk mengukur tingkat keasaman tanah. Pin VCC sensor ini terhubung ke sumber tegangan 5V pada ESP32, pin AO dihubungkan ke GPIO35 untuk membaca nilai pH tanah secara analog, dan pin GND dihubungkan ke ground ESP32. Dengan konfigurasi ini, seluruh sensor dapat

bekerja secara bersamaan untuk memantau kondisi lingkungan tanaman secara real-time [12].

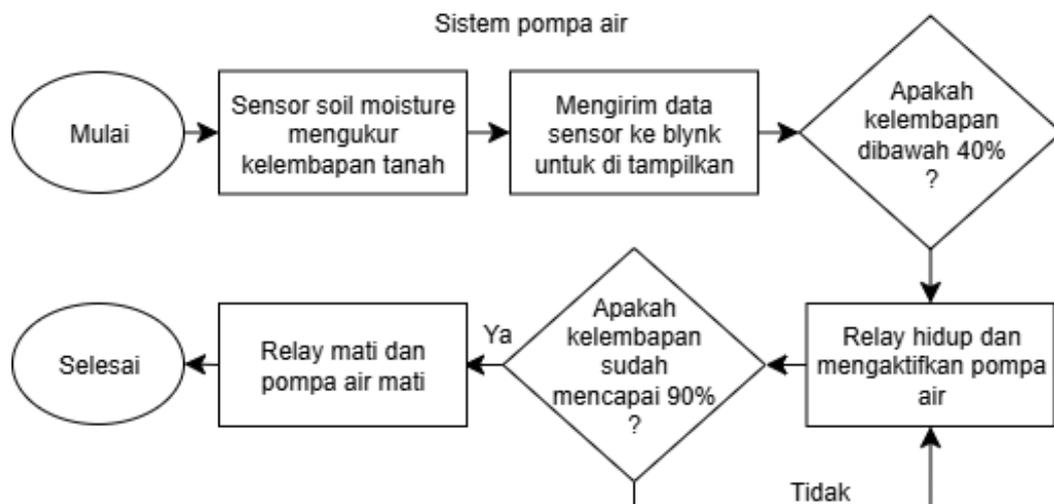
### 3.2 Diagram Sistem

Gambar 3 dan gambar 4 menunjukkan cara kerja sistem *smart farming* berbasis IoT dalam memantau dan mengendalikan kelembapan serta pH tanah secara otomatis. Sensor soil moisture dan sensor pH mengirim

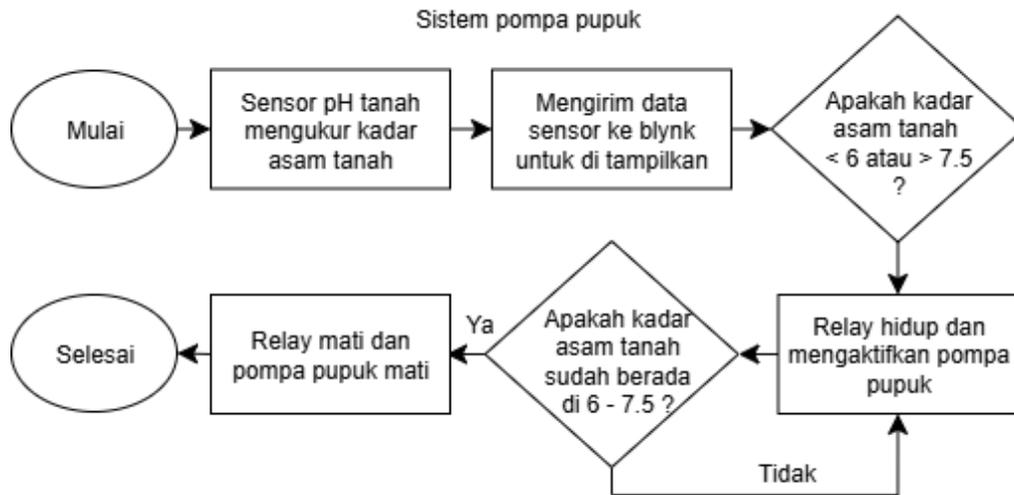
data ke ESP32, lalu diteruskan ke aplikasi *Blynk* [15] di Android untuk pemantauan dan kontrol manual. Penyiraman otomatis aktif jika kelembapan  $\leq 40\%$  dan berhenti saat  $\geq 90\%$ , sedangkan pemupukan otomatis berjalan jika  $pH \leq 6,0$  atau  $\geq 7,5$  hingga kembali normal. Sistem ini memastikan kondisi tanah tetap optimal secara efisien.



Gambar 2. Perancangan Elektrikal



Gambar 3. Perancangan Sistem pompa air



Gambar 4. Perancangan Sistem Pompa Pupuk

### 3.3 Diagram Hardware

Gambar 5 menunjukkan diagram perangkat keras sistem yang menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama yang terhubung ke WiFi untuk komunikasi dengan aplikasi Blynk di smartphone. Sensor DHT11 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara, sensor pH tanah untuk memantau keasaman, dan sensor soil moisture untuk mengukur kelembapan tanah [16]. Data dari sensor dikirim secara real-time ke aplikasi, memungkinkan pemantauan dan pengendalian jarak jauh. Semua komponen dirangkai menggunakan breadboard dan kabel jumper, dengan suplai daya dari power supply agar sistem bekerja stabil.

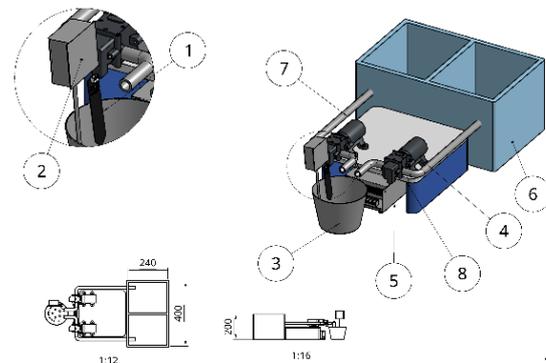
### 3.4 Perancangan Mekanikal

Perancangan mekanikal ditunjukkan pada gambar 6. Sistem yang dibangun merupakan sistem irigasi otomatis yang dilengkapi dengan berbagai sensor dan pompa untuk mengatur pemberian air serta pupuk pada tanaman bayam. Sensor *Soil Moisture* digunakan untuk mengukur kelembapan tanah pada pot, sedangkan Sensor pH Tanah berfungsi memantau tingkat keasaman tanah. Sensor DHT 11 mengukur suhu dan kelembapan udara di sekitar tanaman. Pompa menyalurkan air atau pupuk dari ember/tangki melalui selang menuju pot. Power supply menyuplai daya untuk pompa dan sensor-sensor. Pot menjadi media tanam tempat bayam

dibudidayakan. Sistem ini memungkinkan pengendalian penyiraman dan pemberian nutrisi secara otomatis berdasarkan data sensor, sehingga efisiensi penggunaan air dan pupuk meningkat. Daftar komponen pendukung sistem ditunjukkan pada tabel 1.



Gambar 5. Perancangan Hardware



Gambar 6. Perancangan Mekanikal

Tabel 1. Daftar Komponen

No	Komponen
1	Soil Moisture
2	Sensor pH Tanah
3	Pot
4	Pompa
5	Power supply
6	Ember/Tangki
7	Selang
8	DHT 11

### 3.5 Perancangan Moving Average

*Moving average* berfungsi untuk memvalidasi sensor dengan mengurangi fluktuasi data yang disebabkan noise dan membantu mendeteksi kesalahan dalam pengukuran seperti ditunjukkan pada persamaan (1).

$$MA = \frac{\sum x}{n} \quad (1)$$

MA = Moving Average

$\sum$  = Jumlah dari semua periode yang dihitung

n = Jumlah

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Soil Moisture

Vol. air (ml)	Pengujian ke-	Sensor Soil (%)	Soil Meter (%)
0	1	10,5	15
0	2	11,2	16
50	3	25,3	28
50	4	26,9	30
100	5	39,1	44
100	6	40,1	46
150	7	54,4	55
150	8	53,1	54
200	9	67,5	69
200	10	68,6	70

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengujian Sensor Soil Moisture

Pengujian sensor *soil moisture* bertujuan untuk mengukur akurasi dan konsistensi sensor *soil moisture* yang dirancang dengan membandingkan hasil pembacaannya terhadap alat referensi berupa soil moisture meter analog yang sudah teruji. Pengujian *sensor soil* dilakukan sebanyak 10 kali pengukuran, dimulai dari kondisi tanpa penambahan air (0 ml) dengan peningkatan 50 ml setiap kali. Hasil pengukuran sensor soil dibandingkan dengan soil meter sebagai alat referensi untuk

memastikan akurasi. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2. Setup pengujian ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Pengujian Sensor Soil Moisture

### 4.2 Pengujian Sensor pH Tanah

Pengujian sensor pH tanah dilakukan untuk mengetahui tingkat keasaman atau kebasahan pada dua jenis sampel tanah, yaitu tanah basa dan tanah asam. Sensor pH digunakan untuk membaca nilai ADC yang kemudian dikonversi menjadi nilai pH terukur. Pengujian sensor pH dilakukan dengan memberikan variasi penambahan cairan basa pada dua jenis tanah, yaitu tanah basa dan tanah asam. Setiap penambahan cairan basa dilakukan bertahap dengan interval 6 ml hingga 24 ml. Hasil pengukuran sensor berupa nilai ADC kemudian dikonversi menjadi pH terukur, yang dibandingkan antara kedua jenis tanah untuk memastikan respons sensor ditunjukkan pada tabel 3. Setup pengukuran ditunjukkan pada gambar 8.

Tabel 3. Hasil Pengujian Sensor pH Tanah

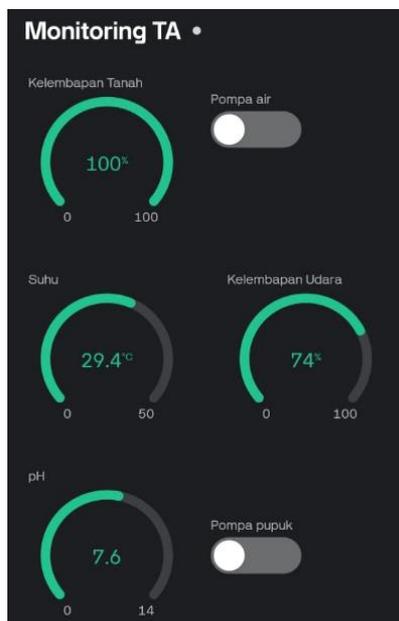
Cairan Basa (ml)	Tanah Basa		Tanah Asam		pH Terukur
	ADC	pH Terukur	Cairan Asam (ml)	ADC	
0	34	8,7	0	38	8,6
6	52	8,2	6	47	8,2
12	63	7,7	12	58	7,9
18	82	7,1	18	66	7,6
24	100	6,5	24	79	7,2



Gambar 8. Pengujian Sensor pH Tanah

### 4.3 Aplikasi Software Monitoring

Untuk proses monitoring, digunakan aplikasi *Blynk* yang berfungsi sebagai monitoring dan pengendalian sistem berbasis IoT. Aplikasi ini dipilih karena kemudahan penggunaan serta kemampuannya dalam menampilkan data sensor secara real-time [17]. Antarmuka aplikasi *Blynk* ditunjukkan pada gambar 9 yang memperlihatkan integrasi berbagai parameter lingkungan seperti suhu, pH, kelembapan, kondisi pompa dan kondisi pupuk.



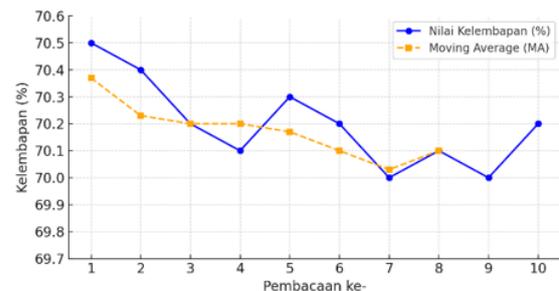
Gambar 9. Aplikasi Software Monitoring

Hasil pengujian pada aplikasi *Blynk* memperlihatkan bahwa indikator kelembapan tanah menunjukkan nilai 100%, yang mengindikasikan kondisi tanah sangat basah. Indikator suhu menampilkan nilai 29,4°C yang terbaca dari sensor DHT11, masih berada dalam rentang ideal 25–30°C untuk pertumbuhan tanaman. Kelembapan udara terukur sebesar

74%, menunjukkan kondisi optimal karena berada di atas batas kritis 65%. Sementara itu, indikator pH menunjukkan nilai 7,6, yang menandakan tanah dalam kondisi netral cenderung basa. Nilai ini diperoleh dari sensor pH tanah yang telah dikalibrasi melalui pengujian pada sampel tanah asam dan basa.

### 4.4 Pengujian Pengujian Sensor Soil Moisture dengan Moving Average

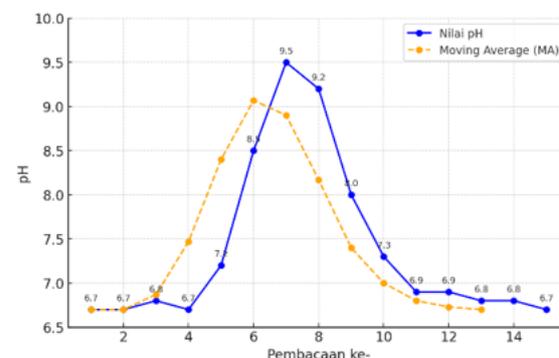
Pengujian sensor kelembapan tanah dilakukan untuk mengamati kestabilan pembacaan nilai. Data diambil sebanyak 10 kali dengan interval waktu 0,2 detik. Hasil menunjukkan bahwa sensor menunjukkan performa yang konsisten dan stabil tanpa adanya fluktuasi ekstrem seperti ditunjukkan pada gambar 10.



Gambar 10. Grafik Nilai Kelembapan dengan Moving Average

### 4.5 Pengujian Pengujian Sensor pH Tanah dengan Moving Average

Pengujian sensor pH tanah dilakukan untuk mengamati kestabilan pembacaan nilai pH tanah. Data diambil sebanyak 10 kali dengan interval waktu 0,2 detik., Pada pembacaan ke-6 dan seterusnya terjadi fluktuasi seperti yang terlihat pada gambar 11.



Gambar 11. Grafik Nilai pH dengan Moving Average

#### 4.6 Hasil Pengujian Data Sensor

Tabel 4 menunjukkan hasil eksperimen yang diamati selama 10 hari. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa kelembapan tanah stabil pada kisaran 38,9%–40,5% dengan rata-rata 39,73%, menandakan sistem penyiraman otomatis bekerja efektif untuk menjaga kelembapan tanah. Suhu yang terukur berada pada rentang 28,6°C–31°C dengan rata-rata 29,63°C yang merupakan kondisi optimal untuk pertumbuhan bayam. Sementara kelembapan udara bervariasi antara 61%–83% dengan rata-rata 72,5% yang merupakan kelembapan yang dipengaruhi kondisi cuaca harian. pH tanah berada pada kisaran 6,4–7,5 dengan rata-rata 6,91 yang menunjukkan kondisi netral yang merupakan kondisi terbaik bagi pertumbuhan tanaman bayam. Secara umum, seluruh parameter berada dalam kondisi ideal dan mendukung pertumbuhan tanaman

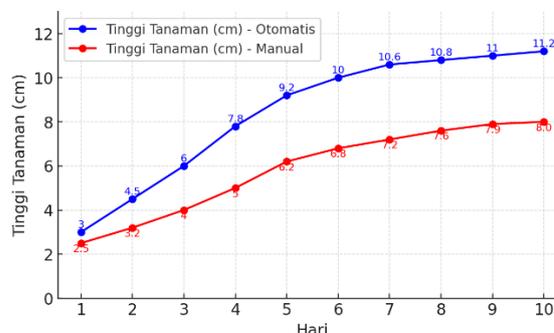
Tabel 4. Hasil pengujian sistem selama 10 hari

Hari ke-	Kelembapan tanah (%)	Suhu (°C)	Kelembapan Udara (%)	pH tanah
1	40	29,4	75	6,4
2	39,5	28,7	82	6,5
3	40,5	29,3	74	6,5
4	39,5	30,9	61	7
5	39,7	29,8	70	6,9
6	40,2	31	64	6,8
7	40,1	29,1	78	7,1
8	38,9	30,2	65	7,2
9	39,6	28,6	83	7,2
10	39,3	29,3	73	7,5
Rata-rata	39,73	29,63	72,5	6,91

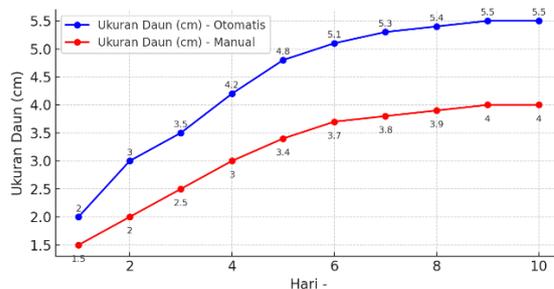
#### 4.7 Analisis Kuantitatif Pertumbuhan Bayam

Gambar 12 dan gambar 13 menunjukkan perbandingan pertumbuhan tanaman bayam dengan sistem *smart farming* ditunjukkan dengan grafik warna biru dan sistem konvensional ditunjukkan dengan grafik warna merah. Sistem *smart farming* menunjukkan hasil yang lebih baik dibanding sistem konvensional yang mana tinggi tanaman pada *smart farming* pada hari ke-10 mencapai 11,2 cm dengan ukuran daun 5,5 cm. Sementara pertumbuhan dengan sistem manual hanya mencapai tinggi tanaman 7,9 cm dengan ukuran daun 4,0 cm. Hal ini menunjukkan bahwa

penyiraman dengan *smart farming* mampu menjaga kelembapan tanah secara konsisten sehingga mendukung pertumbuhan yang optimal.



Gambar 12. Grafik pertumbuhan tinggi tanaman bayam



Gambar 13. Grafik pertumbuhan ukuran daun tanaman bayam

Gambar 14 menunjukkan perbandingan visual tanaman bayam dengan penyiraman *smart farming* (pot sebelah kanan) dan penyiraman konvensional (pot sebelah kiri). *Smart farming* menunjukkan tanaman bayam dengan ukuran daun lebih lebar dan batang lebih tinggi dibandingkan penyiraman konvensional. Hasil visual ini konsisten dengan data kuantitatif pada gambar 12 dan gambar 13 sehingga memperkuat kesimpulan bahwa sistem penyiraman otomatis lebih efektif dalam mendukung pertumbuhan bayam [18].



Gambar 14. Perbandingan visual tanaman bayam pada hari ke - 10

Tabel 5 menunjukkan perbandingan tumbuh kembang tanaman bayam berdasarkan beberapa kriteria seperti warna daun, ukuran daun dan lain-lain. Berdasarkan tabel 5 didapatkan daun bayam pada sistem *smart farming* tampak lebih hijau, segar, dan memiliki ukuran lebih besar dibanding sistem konvensional. Sebaliknya, pada sistem konvensional, penyiraman tidak konsisten sehingga daun terlihat pucat dan kecil.

Tabel 5. Analisis Tumbuh Kembang Bayam

Parameter	Manual (pot kiri)	Otomatis (pot kanan)
Warna daun	Lebih pucat, keriput	Lebih hijau & segar
Ukuran daun	Lebih kecil	Lebih besar
Jumlah & kondisi daun	2 helai utama, tidak melebar	3 helai, terbuka lebar
Kelembapan tanah	Tidak konsisten	Stabil
Frekuensi penyiraman	Manual, 2 hari sekali	Otomatis, berbasis sensor

## 5. KESIMPULAN

Sistem *smart farming* yang monitoring suhu, pH, dan kelembapan tanah berbasis IoT serta pengendalian otomatis telah dikembangkan dalam penelitian ini. Hasil monitoring telah ditampilkan secara real-time melalui aplikasi *Blynk*. Sistem pengendalian otomatis juga bekerja efektif dalam menjaga kelembapan dan pH tanah tetap stabil, sehingga mendukung pertumbuhan bayam yang lebih optimal, baik dari segi tinggi tanaman, ukuran daun, maupun kesegaran warna daun, dibandingkan dengan sistem manual. Hasil eksperimen menunjukkan kelembapan tanah pada 40%, pH tanah 6,4 – 7,5 dan suhu rata-rata 29,63°C yang merupakan keadaan lingkungan yang optimal untuk pertumbuhan tanaman bayam. Pertumbuhan tanaman bayam lebih optimal dengan tinggi rata-rata 11,2 cm dan ukuran daun 5,5 cm dibandingkan sistem konvensional yang hanya mencapai tinggi 7,9 cm dan lebar daun 4cm.

Penggunaan untuk skala yang lebih luas diperlukan banyak sensor yang ditempatkan di beberapa lokasi menggunakan sistem wireless sensor network. Selain itu penggunaan aplikasi IoT yang lebih detail dan kompleks yang dapat menampilkan kondisi di semua tanaman akan

sangat berguna bagi sistem smart farming. Hal ini menjadi penelitian selanjutnya yang perlu dikembangkan dalam waktu yang akan datang.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Astrid Savitri, "Revolusi Industri 4.0 Mengubah Tantangan Menjadi Peluang di Era Disrupsi 4.0", Genesis, Yogyakarta, 2019.
- [2] Riyanto Adji, "Pertanian Indonesia, Potensi Besar Tetapi Belum Dioptimalkan" Jurnal Ilmiah, Maret 2024.
- [3] D. B. Lobell and M. B. Burke, "On the use of statistical models to predict crop yield responses to climate change," *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 150, no. 11, pp. 1443–1452, 2010.
- [4] Husdi, "Monitoring Kelembaban Tanah Pertanian Menggunakan Soil Moisture Sensor FC-28 dan Arduino Uno". *ILKOM Jurnal Ilmiah*. Vol.10 (2): 237-243,2018.
- [5] C. J. G. Aliac and E. Maravillas, "IoT hydroponics management system," in *Proc. 2018 IEEE 10th Int. Conf. Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM)*, 2018, doi: 10.1109/HNICEM.2018.8666372.
- [6] N. Nasution, M. Rizal, D. Setiawan, and M. A. Hasan, "IoT dalam agrobisnis studi kasus: Tanaman selada dalam green house," *IT Journal Research and Development*, vol. 4, no. 2, pp. 86–93, 2019, doi: 10.25299/itjrd.2020.vol4(2).3357.
- [7] S. Fountas, G. Carli, C. G. Sørensen, Z. Tsiropoulos, C. Cavalari, A. Vatsanidou, B. Liakos, M. Canavari, J. Wiebensohn, and B. Tisserye, "Farm management information systems: Current situation and future perspectives," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 115, pp. 40–50, 2015.
- [8] Alfarid Hendro Yuwono, Irmalia Suryani Faradisa, Rizqi Cahyo M Putra "smart farming dengan pembangkit hybrid berbasis iot sebagai kontrol dan monitoring di area pertanian" *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)* Vol. 8No. 1, Februari 2024.
- [9] Fitri Puspasari, Trias Prima Satya, Unan Yusmaniar Oktawati, Imam Fahrurrozi, dan Hristina Prisyanti "Analisis Akurasi Sistem Sensor DHT22 berbasis Arduino terhadap Thermohygrometer Standar" *Jurnal Fisika dan Aplikasinya* Vol 16, No. 1, 2020.
- [10] Rich Hansel Harefa, Hendra Gunawan "Perancangan Smart Agriculture System Berbasis Internet of Things" *Digital Transformation Technology (Digitech)* 9000Volume4, Number1, Maret 2024.

- [11] Putra, Y. E., Sulistiyanti, S. R., & Komarudin, M. "Sistem Akuisisi Data Pemantauan Suhu dan Kadar Keasaman (pH) Lingkungan Perairan dengan Menggunakan Unmanned Surface Vehicle". *Electrician : Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*, 12(3), 84-96.2018.  
<https://doi.org/10.23960/elc.v12n3.2090>
- [12] Reza Ahmad Ramadhan, Tibyani, Hariz Farisi, "Pengembangan Sistem Smart Farming Berbasis Internet of Things dengan Monitoring Terintegrasi Telegram" *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Vol. 1, No. 1, Juli 2024.
- [13] Anggi Meidia Rianto, Nur Khafidhoh, Primaadi Airlangga, Moh. Anshori Aris Widya "smart farming budidaya cacing tanah berbasis esp32 yang terintegrasi dengan website" *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)* Vol. 8, No. 4, 2024.
- [14] R. Anggraini, "Pengaruh Aplikasi Beberapa Jenis Pupuk Kandang terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bayam (*Amaranthus tricolor* L)," *Agrofood: Jurnal Pertanian dan Pangan*, vol. 1, no. 1, pp. 1–7, Mar. 2019.
- [15] Syukhron, I. "Penggunaan Aplikasi Blynk untuk Sistem Monitoring dan Kontrol Jarak Jauh pada Sistem Kompos Pintar berbasis IoT. *Electrician : Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*, 15(1), 1-11, 2021, <https://doi.org/10.23960/elc.v15n1.2158>
- [16] Setiawan, A., Apriani, Y., Saleh, Z., & Ardianto, F. "Pengendali Suhu Fermentasi Tempe Berbasis NodeMCU Dan Sensor DHT 22". *Electrician : Jurnal Rekayasa Dan Teknologi Elektro*, 18(2), 2024. 128-138. <https://doi.org/10.23960/elc.v18n2.2566>
- [17] D. A. Riyanto, E. Pranita, N. F. Ardiantoro, M. J. N. Sahputra, S. Fatimah, and A. Wahyudi, "Penyiraman tanaman otomatis berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP8266," *ELECTRICIAN – Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, vol. 19, no. 2, pp. 150–155, May 2025.
- [18] D. Purnomo, A. Setiawan, and Yusmaniar, "Pengaruh faktor suhu dan kelembaban pada lingkungan kerja terhadap pertumbuhan dan perkembangan mikroba," *Jurnal Riset Sains dan Kimia Terapan*, vol. 9, no. 2, pp. 45–52, 2023, doi: 10.21009/JRSKT.092.01.