

Implementasi Teknologi Smart Farming untuk Monitoring Ketersediaan Air pada Tanaman Selada Berbasis Internet of Things

Fachri Ayudi Fitrony^{1*}, Marthinus Ikun Elim²

¹ Universitas Nahdlatul Ulama Pasuruan

² Sekolah Tinggi Informatika Komputer Artha Buana Kupang

Article Info

Article history:

Received April 14, 2026

Revised April 17, 2026

Accepted April 18, 2026

Keywords:

Smart Farming, Internet of Things, Selada, Soil Moisture, Monitoring

ABSTRACT

Precision farming or smart farming is a crucial solution to address the challenges of water resource management in horticultural crop cultivation. Lettuce (*Lactuca sativa L.*) is a commodity that is highly sensitive to water availability, where unstable soil moisture can reduce the quality and quantity of the harvest. This research aims to design and implement a real-time soil moisture monitoring system based on the Internet of Things (IoT). This system uses a soil moisture sensor as the primary sensor to measure the moisture level of the growing medium, which is then processed by a NodeMCU ESP8266/ESP32-based microcontroller. The obtained data is transmitted wirelessly to a digital dashboard platform via an internet network, allowing users to monitor land conditions through smart devices anytime and anywhere. The research method used is Research and Development (R&D), which includes hardware design, software development, and sensor accuracy testing. The results are expected to demonstrate that the system is able to provide precise water availability information with a low error rate, thereby assisting farmers in making timely watering decisions. The implementation of this technology is expected to optimize water use and maintain stable lettuce plant growth in a modern agricultural.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Corresponding Author:

Fachri Ayudi Fitrony

Universitas Nahdlatul Ulama Pasuruan, Indonesia

Email: fahri@unupasuruan.ac.id

1. PENDAHULUAN

Perkembangan sektor pertanian saat ini menghadapi tantangan besar seiring dengan perubahan iklim yang tidak menentu dan keterbatasan sumber daya alam, terutama air [1]. Di Indonesia, sektor hortikultura memegang peranan penting dalam ekonomi kerakyatan, namun metode penanaman konvensional seringkali kurang efisien dalam manajemen pengairan. Kurangnya informasi yang akurat mengenai kondisi riil lahan menyebabkan penggunaan air yang berlebihan atau justru kekurangan yang berakibat pada kegagalan panen [2]. Tanaman selada merupakan sayuran daun yang berasal dari keluarga *Asteraceae*. Tanaman ini menjadi salah satu komoditas hortikultura yang paling populer dikembangkan dalam sistem pertanian modern, baik secara konvensional di lahan terbuka maupun menggunakan metode hidroponik dan smart farming [3].

Pertanian Cerdas (*Smart Farming*) diharapkan dapat memberikan solusi terhadap berbagai masalah modern, seperti keterbatasan lahan pertanian, perubahan iklim global, dan penurunan tenaga kerja di sektor pertanian. Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) membuka peluang besar dalam transformasi pertanian menuju era Smart Farming [4]. Dengan memanfaatkan sensor-sensor cerdas seperti sensor kelembaban tanah, sensor suhu, dan sensor pH air yang terhubung ke jaringan internet, pemantauan kondisi tanaman dapat dilakukan secara otomatis, akurat, dan real-time dari jarak jauh. Data yang terkumpul dapat dianalisis untuk mendukung pengambilan keputusan irigasi yang lebih efisien dan tepat sasaran [5]. Pada penelitian ini menggunakan *Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2* sebagai parameter tunggal untuk mengukur

ketersediaan air, sehingga kondisi lingkungan mikro lainnya yang memengaruhi pertumbuhan selada belum terpantau secara menyeluruh.

Penelitian oleh Sinaga dkk, Melakukan perancangan Smartgarden berbasis Internet of Things (IoT) untuk monitoring dan kontrol nutrisi tanaman bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas pertanian dengan memanfaatkan teknologi terkini. Sistem ini mengintegrasikan sensor untuk memantau parameter lingkungan seperti kelembapan tanah, suhu udara, intensitas cahaya, dan kadar nutrisi di dalam media tanam secara real-time. Hasil yang diharapkan adalah peningkatan kualitas dan kuantitas tanaman, serta efisiensi penggunaan sumber daya seperti air dan pupuk. Selain itu, sistem ini memberikan kemudahan bagi petani untuk memantau dan mengontrol kebun mereka secara lebih efektif dan praktis, bahkan tanpa kehadiran fisik di lokasi [6].

Selanjutnya penelitian oleh Khan tahun 2021, tentang sebuah sistem pertanian pintar berbasis Internet of Things (IoT) yang dikembangkan untuk mengurangi masalah bolting pada tanaman bawang. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan mengimplementasikan sebuah sistem monitoring berbasis IoT yang dapat mendeteksi dan mengurangi fenomena bolting pada tanaman bawang. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan sistem monitoring pintar berbasis IoT secara signifikan dapat mengurangi tingkat bolting pada tanaman bawang. Data yang diperoleh dari percobaan di lingkungan terbuka menunjukkan tingkat bolting sebesar 16,7%, sementara di lingkungan tertutup (*greenhouse*) dengan pengendalian parameter lingkungan menggunakan SFMS, tingkat bolting berhasil ditekan menjadi hanya 3%. Akan tetapi kekurangan dari penelitian ini terletak pada sensor tertentu, sehingga potensi kesalahan pengukuran atau keberlanjutan sensor dalam jangka panjang belum dievaluasi secara mendalam [7].

Terakhir penelitian oleh Li, Tentang pengembangan sistem irigasi variabel berbasis internet of things untuk rumah kaca tenaga surya dan penerapannya pada budidaya selada. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa metode irigasi variabel (VRI) berbasis sistem IoT lebih unggul dibandingkan dengan metode irigasi rata-rata (URI) tradisional. Secara signifikan, penggunaan VRI menghasilkan pengurangan konsumsi air irigasi sebesar 10.02%, peningkatan hasil panen sebesar 9.12%, peningkatan efisiensi dan penggunaan air (WUE) sebesar 12%. Perbedaan dari penelitian yang akan dilakukan terletak pada lokasi lokasi di Beijing dengan skala terbatas pada satu *greenhouse*, sehingga hasilnya mungkin tidak sepenuhnya generalizable ke berbagai lokasi lainnya [8].

Kondisi karakteristik iklim tropis di Indonesia turut menjadi faktor krusial yang mendasari perlunya pembaruan teknik irigasi konvensional. Sebagai negara dengan curah hujan yang tinggi namun memiliki fluktuasi suhu dan kelembapan udara yang ekstrem antar musim, tantangan utama yang dihadapi adalah ketidakpastian penguapan air tanah (evapotranspirasi). Pada musim kemarau, tingkat penguapan yang tinggi seringkali menyebabkan tanah kehilangan kelembapan lebih cepat dari yang diperkirakan, sementara pada musim penghujan, kelembapan yang terlalu tinggi justru berisiko merusak akar tanaman. Teknik irigasi tradisional yang hanya mengandalkan jadwal penyiraman rutin tanpa berbasis data menjadi kurang relevan di tengah anomali cuaca saat ini. Oleh karena itu, diperlukan sebuah pendekatan pertanian presisi yang mampu menyesuaikan pemberian air secara dinamis berdasarkan data sensor real-time, guna memastikan tanaman selada tetap mendapatkan hidrasi yang optimal di tengah ketidakpastian iklim tropis Indonesia [9].

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem IoT untuk pertanian, namun masih terdapat keterbatasan dalam hal integrasi sensor yang komprehensif, akurasi data, keterjangkauan perangkat, dan kemudahan antarmuka pengguna bagi petani. Di samping itu, implementasi khusus untuk tanaman selada dalam konteks iklim tropis Indonesia masih sangat terbatas dalam literatur akademik.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini bermaksud merancang, membangun, dan menguji sistem Smart Farming berbasis IoT untuk monitoring ketersediaan air pada tanaman selada secara real-time, yang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air dan produktivitas tanaman.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Tinjauan pustaka dalam penelitian ini disusun untuk memberikan gambaran komprehensif mengenai keterkaitan antara kebutuhan fisiologis tanaman selada hingga ketersediaan udara dengan penggunaan teknologi sensor berbasis IoT sebagai solusi pemantauan lahan secara real-time.

Penelitian oleh Madushanki tahun 2019, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis aplikasi IoT yang baru dikembangkan di industri pertanian dan perkebunan untuk memberikan gambaran umum tentang pengumpulan data sensor, teknologi, dan sub-vertikal seperti pengelolaan air dan pengelolaan tanaman. Hasil dari penelitian yang dilaporkan menunjukkan pengelolaan air adalah sub-vertikal tertinggi (28,08%) diikuti oleh pengelolaan tanaman (14,60%) kemudian pertanian cerdas (10,11%). Dari pengumpulan data, pengelolaan ternak dan pengelolaan irigasi menghasilkan persentase yang sama (5,61%). Terkait pengumpulan data sensor, hasil tertinggi adalah untuk pengukuran suhu lingkungan (24,87%) dan kelembapan lingkungan (19,79%) [10].

Penelitian selanjutnya oleh Dhanaraju tahun 2022, penelitian ini menyelidiki alat dan peralatan yang digunakan dalam aplikasi sensor nirkabel dalam pertanian IoT, dan tantangan yang diantisipasi ketika

menggabungkan teknologi dengan aktivitas pertanian konvensional [11].

Penelitian oleh Wira ade tahun 2025, penelitian ini memperkenalkan sistem pemantauan kualitas air hidroponik berbasis IoT yang dirancang untuk meningkatkan efisiensi, kecerahan, dan aksesibilitas pengelolaan lingkungan hidroponik. Sistem ini memonitor empat parameter utama, yaitu pH, suhu, Total Dissolved Solids (TDS), dan ketinggian udara, menggunakan sensor yang terhubung dengan mikrokontroler ESP8266. Pengujian lapangan di lingkungan rumah kaca menunjukkan bahwa sistem ini dapat meningkatkan efisiensi operasional dan kesejahteraan, serta dapat disesuaikan dengan berbagai jenis tanaman. Tes Penerimaan Pengguna (UAT) menghasilkan skor rata-rata 4,8 dari 5, yang menunjukkan kepuasan pengguna yang tinggi terhadap fungsionalitas dan antarmuka sistem. Akan tetapi pada penelitian menggunakan objek tanaman hias bukan tanaman konsumsi [12].

Penelitian terakhir oleh Rantelobo tahun 2024, penelitian ini tergabung ke dalam program kegiatan pengabdian kepada masyarakat serta berfokus pada implementasi teknologi Internet of Things (IoT) dan Jaringan Sensor Nirkabel (JSN) guna meningkatkan produktivitas serta efisiensi penggunaan sumber daya air pada sistem pertanian lahan kering di Nusa Tenggara Timur (NTT). Sistem ini mampu menghemat penggunaan air antara 25% hingga 30%, dengan peningkatan hasil panen dari 260 kilogram menjadi 300 kilogram. Artikel ini menguraikan metodologi implementasi teknologi, hasil yang diperoleh dari proyek, serta implikasi penggunaan IoT dalam mendukung pertanian berkelanjutan, khususnya di wilayah lahan kering kepulauan [13].

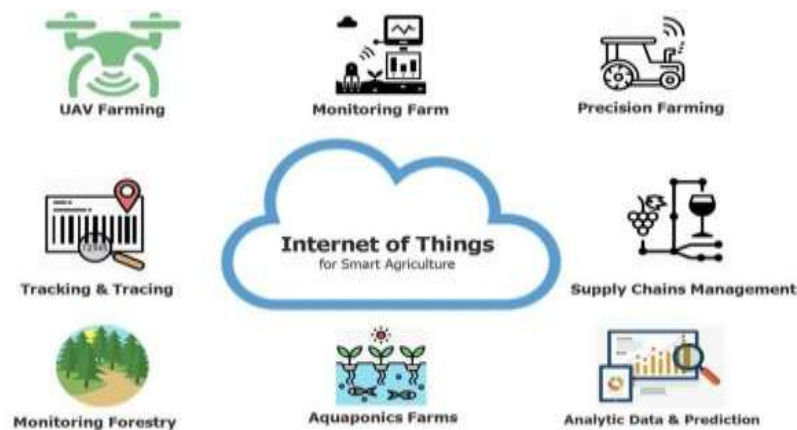
Meskipun penelitian mengenai penerapan Internet of Things (IoT) dalam bidang pertanian telah banyak dilakukan, sebagaimana dipaparkan oleh Madushanki (2019) dan Rantelobo (2024) yang menekankan pada efisiensi pengelolaan air, masih terdapat celah penelitian (research gap) yang perlu diisi. Sebagian besar penelitian terdahulu lebih berfokus pada analisis sistem secara general di lahan kering atau pada sistem hidroponik dengan parameter air yang kompleks (pH, TDS, suhu) sebagaimana dilakukan oleh Wira Ade (2025). Namun, terdapat keterbatasan dalam literatur yang membahas pemantauan ketersediaan air secara spesifik dan mendalam pada tanaman selada yang ditanam menggunakan media tanah atau konvensional. Padahal, selada memiliki karakteristik fisiologis yang jauh lebih sensitif terhadap kelembaban tanah dibandingkan tanaman hias yang digunakan dalam penelitian sebelumnya.

Kebaruan (novelty) dari penelitian ini terletak pada integrasi sistem monitoring IoT yang difokuskan secara khusus pada kebutuhan air presisi tanaman selada sebagai komoditas konsumsi. Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan objek tanaman hias, penelitian ini mengeksplorasi efektivitas penggunaan sensor soil moisture untuk menjaga stabilitas kadar air tanah pada rentang optimal selada demi menjaga kualitas tekstur dan rasa daun. Selain itu, penelitian ini menawarkan solusi teknologi tepat guna yang lebih terjangkau dan mudah diimplementasikan pada skala pertanian rumah tangga atau urban farming, sebagai jawaban atas tantangan penggabungan teknologi dengan aktivitas pertanian konvensional yang diidentifikasi oleh Dhanaraju (2022). Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi baru berupa data spesifik mengenai pola konsumsi air tanaman selada yang dipantau secara real-time melalui platform IoT.

Proses terpenting dalam produksi pertanian adalah pengumpulan data secara real-time. Data real-time dapat berupa suhu, kelembaban, kandungan CO₂, suhu tanah, dan kadar air. Untuk tujuan ini, sensor digunakan di lahan yang diminati. Sensor-sensor ini mendeteksi lingkungan dan menyediakan data ke server berbasis cloud jarak jauh. Data yang terdeteksi dikirim ke gateway. Gateway melakukan pengemasan TCP/IP dari data tersebut. Selain itu, data yang diperoleh ini dikirim melalui jaringan tradisional ke server cloud. Di bidang pertanian, sistem pemantauan menerima data, menganalisisnya, dan mengambil tindakan tertentu berdasarkan data yang diterima. Dengan menggunakan server atau telepon seluler, para ahli di pusat pertanian dapat mengontrol parameter lingkungan secara real-time.

2.2 Internet Of Things

Konsep Internet of Things (IoT) berarti bahwa objek dapat berkomunikasi dan mengirimkan data melalui internet tanpa memerlukan interaksi langsung dengan manusia. Ini dapat terjadi dalam bentuk komunikasi antar manusia dan komputer atau antara manusia dan komputer [14]. Dengan demikian, IoT dapat diartikan sebagai teknologi yang memungkinkan perangkat atau benda-benda yang tidak dikendalikan langsung oleh manusia untuk terhubung ke internet. Teknologi ini memiliki aplikasi yang luas di berbagai bidang, dan dalam penelitian ini, fokus utamanya adalah pada sektor pertanian (agriculture) seperti terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Internet of Things di Bidang Pertanian

2.3 ESP32

Chip 40 nm ESP32 menggabungkan WiFi 2.4 GHz dan Bluetooth untuk memberikan kinerja radio terbaik, efisiensi daya, ketahanan, fleksibilitas, dan keandalan untuk berbagai aplikasi dan situasi daya (Espressif System, 2019) [15]. Mikrokontroler modul ini memiliki fitur dual-mode WiFi dan Bluetooth, yang memudahkan pengguna dalam mengembangkan berbagai aplikasi dan proyek berbasis Internet of Things (IoT). ESP32 memiliki inti CPU yang lebih cepat, lebih banyak GPIO, dukungan Bluetooth 4.2, dan konsumsi daya yang lebih rendah seperti terlihat pada gambar 2. Sangat cocok untuk berbagai proyek elektronik berbasis Internet of Things karena kombinasi fiturnya.



Gambar 2. Bentuk Fisik Modul ESP32

2.4 Relay

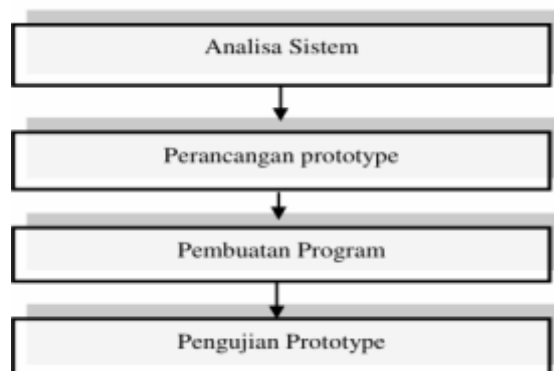
Salah satu jenis saklar yang bekerja secara elektromekanis adalah relay, yang memiliki desain yang kompak dan memiliki kemampuan untuk mengalirkan arus tinggi. Komponen ini terdiri dari dua bagian utama: elektromagnet (kumparan) dan mekanisme kontak saklar. Prinsip kerja elektromagnetik memungkinkan relay mengaktifkan kontak saklar dengan arus listrik kecil, yang memungkinkan pengiriman listrik dengan tegangan lebih tinggi [16]. Relay biasanya mengubah arus listrik kecil menjadi arus listrik yang lebih besar dengan menggunakan tenaga elektromagnet. Dalam aktivitas sehari-hari, teknologi ini sering digunakan [17].



Gambar 3. Bentuk Fisik Relay Modul

3. METODE

Kerangka kerja penelitian ini terdiri dari empat tahapan utama, yang dijelaskan sebagai berikut :



Gambar 4. Metodologi Penelitian

Berdasarkan kerangka kerja yang telah disebutkan di atas, setiap tahapan tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

3.1 Analisa Sistem

Analisis kebutuhan sistem ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menjelaskan kebutuhan sistem untuk memenuhi harapan pengguna dan selaras dengan tujuan penelitian, yaitu merancang pertanian pintar untuk tanaman selada berbasis IoT. Desain sistem ini mencakup antarmuka, data input, dan data output, serta spesifikasi sistem yang dapat diakses.

1) *Analisis Fungsional*

Analisis kebutuhan fungsional meliputi berbagai fungsi yang dapat dilakukan sistem ini:

- Sistem yang dibangun berbasis IoT dan terhubung dengan Blynk untuk pemantauan.
- Sistem harus dapat diinstal pada perangkat smartphone.
- Fasilitas untuk memantau kelembaban tanah dan suhu melalui sensor DHT22 dan sensor soil moisture.
- Notifikasi otomatis melalui Telegram untuk memberikan peringatan ketika kelembaban tanah kurang.
- Pengendalian water pump 5V melalui relay untuk menyiram air secara otomatis berdasarkan data dari sensor.

2) *Analisis Non-Fungsional*

Kebutuhan fungsional didukung oleh analisis kebutuhan non-fungsional, yang mencakup elemen yang berkaitan dengan kinerja sistem, kelengkapan operasional fungsi-fungsi yang ada, dan kesesuaian dengan lingkungan pengguna.

a. Kebutuhan Operasional

- Aplikasi dapat dijalankan pada perangkat Android maupun melalui Website.
- Sistem hanya dapat diakses melalui aplikasi Blynk yang terinstal.
- Antarmuka pengguna dirancang sederhana untuk memudahkan penggunaan.

b. Performa Sistem

- Aplikasi harus berjalan pada lingkungan perangkat bergerak dengan penggunaan sumber daya listrik yang efektif.
- Tampilan antarmuka disesuaikan dengan kebutuhan pengguna.

3.2 Pembuatan Program

Membangun aplikasi berbasis ESP32 untuk pengendalian dan pemantauan tanaman selada menggunakan teknologi IoT. Sistem ini memanfaatkan Blynk untuk pemantauan dan Telegram untuk menerima notifikasi dari sensor DHT22 dan sensor kelembaban tanah yang terhubung ke ESP32. Selain itu, sistem ini mengendalikan relay dan pompa air 5V untuk menyiram tanaman secara otomatis dengan pemicu dari tombol pada aplikasi Blynk.

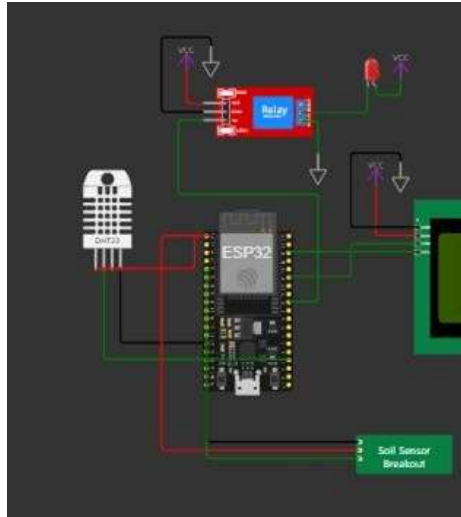
3.3 Pengujian Prototype

Menguji seluruh spesifikasi terstruktur dan aplikasi secara keseluruhan. Pada tahap ini, aplikasi yang telah dibuat sepenuhnya diuji untuk memastikan bahwa semuanya berfungsi dengan benar dan tidak memiliki kesalahan. Uji coba ini mencakup sensor, notifikasi Telegram, pengendalian pompa air melalui relay, dan pemantauan melalui Blynk untuk memastikan semua sistem berfungsi dengan benar.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Perancangan Prototype

Perancangan prototipe Smart Agriculture untuk tanaman selada berbasis IoT dimulai dengan pembuatan sketsa sistem. Sketsa ini bertujuan untuk mempermudah proses pengkabelan atau wiring pada sistem yang dirancang, seperti yang terlihat pada Gambar 5 yang menunjukkan koneksi antara sensor dan relay.



Gambar 5. Koneksi Sensor dan Relay

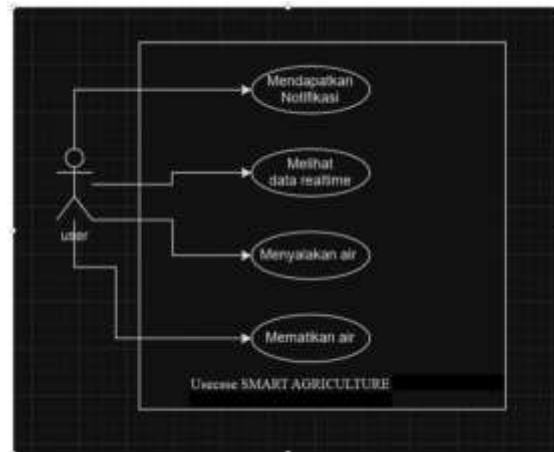
Setelah sketsa selesai, sistem tersebut diwujudkan dalam bentuk rangkaian yang terintegrasi dengan teknologi IoT. Rangkaian asli dari sistem yang telah dirancang dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 6. Rangkaian sistem Smart Agriculture untuk tanaman selada berbasis IoT

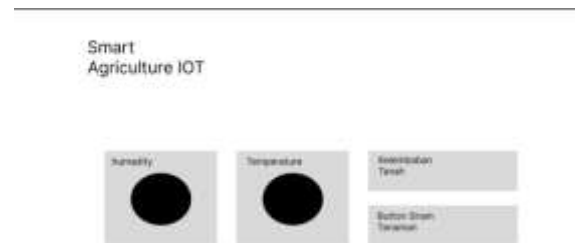
4.2 Pembuatan Program

Dalam pengembangan program, kami merujuk pada use case yang diterapkan dalam sistem Smart Agriculture untuk tanaman selada berbasis IoT. Tampilan use case dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 7. Usecase Smart Agriculture untuk tanaman hias berbasis IoT

Rancangan Desain tampilan pada web blynk sebagai berikut:



Gambar 8. Desain Dashboard Smart Agriculture

Gambar 8. Desain Dashboard Web Blynk Langkah berikutnya adalah melakukan konfigurasi skrip menggunakan bahasa pemrograman C, yang dapat dilihat seperti berikut:

```

// Smart Agriculture IOT
// Blynk

void loop() {
  Blynk.run();
  float temperature = dht.readTemperature();
  float humidity = dht.readHumidity();
  int soilMoisture = analogRead(A0);
  if (isnan(temperature) || isnan(humidity)) {
    Serial.println("Gagal membaca data dari sensor DHT22!");
    return;
  }
  Serial.printf("Suhu: %.2f °C, Kelembaban: %.2f%%\n", temperature, humidity);
  Serial.printf("Kelembaban Tanah: %d\n", soilMoisture);

  Blynk.virtualWrite(V1, temperature);
  Blynk.virtualWrite(V2, humidity);
  Blynk.virtualWrite(V3, soilMoisture);

  if (soilMoisture > 500) {
    String message = "Kelembaban tanah kurang bagus!";
    sendMessageToTelegram(message);
    delay(1000);
  }

  checkTelegramMessages();

  delay(2000);
}
  
```

4.3 Implementasi

Sistem ini dirancang untuk menampilkan informasi terkait kondisi tanaman yang akan dipantau melalui aplikasi web Blynk. Berikut adalah tampilan hasil pada web Blynk:

1) **Tampilan Dashboard Web Blynk**

Berikut tampilan hasil monitoring pada website Blynk pada gambar 9.



Gambar 9. Tampilan Web Blynk

4.4 Pengujian Sistem

Setelah melakukan implementasi, dilakukan pengujian pada kondisi tanah yang kering



Gambar 10. Keadaan tanah kering

Sistem akan menampilkan nilai kelembaban tanah pada tampilan web Blynk seperti yang terlihat pada Gambar 11. Selanjutnya, sistem secara otomatis mengirimkan notifikasi ke Telegram. Pada Gambar 12, terlihat notifikasi yang dikirimkan oleh sistem secara otomatis ke chatbot Telegram.



Gambar 11. Notifikasi BOT Telegram

Setelah mendapatkan notifikasi dan ketika menekan “button siram” pada web blynk maka alat penyiraman akan bekerja sesuai instruksi dari web blynk seperti pada gambar 12 yang menyirami tanaman dengan otomatis.



Gambar 12. Penyiraman Tanaman Selada Otomatis

5. KESIMPULAN

Prototipe rancangan Smart Agriculture untuk tanaman selada ini dirancang untuk menjaga kelembapan tanah, mengirimkan notifikasi saat kondisi kurang optimal, serta melakukan penyiraman secara otomatis. Sistem ini dapat diakses melalui perangkat mobile dan web menggunakan aplikasi Blynk, sehingga memudahkan pengguna untuk memantau dan mengontrol proses secara real-time. Implementasi teknologi Internet of Things (IoT) dalam penelitian ini tidak hanya memberikan solusi praktis dalam budidaya selada, tetapi juga mendukung pengembangan ilmu pengetahuan melalui penerapan teknologi yang relevan dengan kebutuhan pertanian modern.

Meskipun sistem telah berhasil menjalankan fungsi utamanya, terdapat batasan signifikan pada ketergantungan sistem terhadap stabilitas konektivitas internet dan jaringan Wi-Fi. Dalam kondisi dunia nyata, gangguan pada sinyal internet dapat menyebabkan keterlambatan sinkronisasi data (latency) atau kegagalan pengiriman notifikasi kritis ke pengguna, yang berisiko membuat kondisi kekeringan pada tanaman tidak terdeteksi tepat waktu meskipun proses otomatisasi lokal tetap berjalan. Selain itu, sistem ini masih terbatas pada parameter kelembapan tanah menggunakan *Capacitive Soil Moisture Sensor v1.2*, sehingga kondisi lingkungan mikro lainnya yang memengaruhi pertumbuhan selada belum terpantau secara menyeluruh. Sebagai langkah perbaikan, disarankan bagi pengguna untuk melakukan kalibrasi sensor secara berkala guna menjaga akurasi pembacaan pada media tanam yang berbeda, serta memastikan penggunaan sensor tipe kapasitif untuk meminimalisir korosi dalam jangka panjang.

Untuk pengembangan selanjutnya, sistem ini dapat ditingkatkan dengan mengintegrasikan multi-sensor seperti suhu udara (DHT22) dan intensitas cahaya matahari guna menciptakan lingkungan smart agriculture yang lebih komprehensif. Selain itu, penerapan sumber energi terbarukan melalui panel surya dapat menjadi solusi strategis agar perangkat dapat beroperasi secara mandiri di lahan terbuka. Penggunaan panel surya ini memberikan keuntungan spesifik berupa peningkatan mobilitas perangkat tanpa ketergantungan pada kabel listrik statis (grid), sekaligus menekan biaya operasional jangka panjang dan mendukung konsep pertanian berkelanjutan yang ramah lingkungan. Terakhir, pengembangan algoritma prediksi berbasis kecerdasan buatan (Machine Learning) menjadi peluang besar untuk mengoptimalkan efisiensi penggunaan air berdasarkan riwayat data cuaca dan kebutuhan spesifik tanaman selada di masa depan.

REFERENCES

- [1] N. Ramsari and T. Hidayat, "Teknologi Internet of Things (IoT) pada Tanaman Selada dan Pakcoy Hidroponik dengan Menggunakan Perhitungan MAPE," *J. Appl. Informatics Comput.*, vol. 7, no. 1, pp. 1–13, 2023, doi: 10.30871/jaic.v7i1.5011.
- [2] D. Akbar permana, C. Wahyu Kurniawan, and M. Hafids Sidiq, "Smart Greenhouse Otomatis Berbasis IoT untuk Tanaman Selada," *Pros. Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Bisnis*, pp. 642–652, 2025, doi: 10.47701/94e5yp87.
- [3] Zulkifli, Y. Wabula, and I. Taufik, "Penerapan Smart Farming dalam Pemberian Nutrisi pada Tanaman Selada Hidroponik," *J. Fasilkom*, vol. 15, no. 1, pp. 100–107, 2025, doi: 10.37859/jf.v15i1.8317.
- [4] J. Choi, J. An, H. Lee, W. J. Kim, and S. Lee, "Cultivated in a Smart Farm System," 2023.
- [5] B. da S. Simas, E. M. F. da Cruz, K. M. de Souza, K. M. de Souza, and F. O. M. Farias, "Application of IOT in Agriculture: Prototype for Air and Soil Moisture Monitoring in Lettuce Cultivation in Parintins," *Rev. Gestão Soc. e Ambient.*, vol. 19, no. 5, p. e012040, 2025, doi: 10.24857/rgsa.v19n5-010.
- [6] D. C. P. Sinaga, E. A. P. Marpaung, P. S. Hasugian, D. N. Amallia, and C. Setiawan, "Perancangan Smartgarden Berbasis Internet Of Things Untuk Monitoring dan Kontrol Nutrisi Tanaman," *J. SAINTIKOM (Jurnal Sains Manaj. Inform. dan Komputer)*, vol. 24, no. 1, pp. 09–19, 2025, doi: 10.53513/jis.v24i1.10629.
- [7] Z. Khan *et al.*, "Internet of Things-Based Smart Farming Monitoring System for Bolting Reduction in Onion Farms," *Sci. Program.*, vol. 2021, 2021, doi: 10.1155/2021/7101983.
- [8] L. Li *et al.*, "The development of variable system-based internet of things for the solar greenhouse and its

- application in lettuce,” *Front. Plant Sci.*, vol. 15, no. January, pp. 1–12, 2024, doi: 10.3389/fpls.2024.1292719.
- [9] F. A. Almalki, B. O. Soufiene, S. H. Alsamhi, and H. Sakli, “A low-cost platform for environmental smart farming monitoring system based on iot and uavs,” *Sustain.*, vol. 13, no. 11, 2021, doi: 10.3390/su13115908.
- [10] A. A. R. Madushanki, M. N. Halgamuge, W. A. H. Surangi Wirasagoda, and A. Syed, “Paper_2- Adoption of the Internet of Things,” *IJACSA Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 10, no. 4, pp. 11–28, 2019, [Online]. Available: www.ijacsa.thesai.org
- [11] M. Dhanaraju, P. Chenniappan, K. Ramalingam, S. Pazhanivelan, and R. Kaliaperumal, “Smart Farming: Internet of Things (IoT)-Based Sustainable Agriculture,” *Agric.*, vol. 12, no. 10, pp. 1–26, 2022, doi: 10.3390/agriculture12101745.
- [12] M. Wira Ade Kusuma, T. Khairil Ahsyar, and E. Saputra, “Pemantauan Cerdas Berbasis IoT pada Kualitas Air Hidroponik untuk Optimalisasi Pertanian Presisi,” *Technol. Sci.*, vol. 6, no. 4, pp. 2261–2269, 2025, doi: 10.47065/bits.v6i4.6589.
- [13] K. Rantelobo *et al.*, “Implementasi teknologi IoT dengan jaringan sensor nirkabel pada sistem irigasi tetes otomatis di lahan kering kepulauan,” *KACANEGARA J. Pengabd. pada Masy.*, vol. 8, no. 3, p. 317, 2025, doi: 10.28989/kacanegara.v8i3.2741.
- [14] S. Dwiyatno, E. Krisnaningsih, D. Ryan Hidayat, and Sulistiyono, “S Smart Agriculture Monitoring Penyiraman Tanaman Berbasis Internet of Things,” *PROSISKO J. Pengemb. Ris. dan Obs. Sist. Komput.*, vol. 9, no. 1, pp. 38–43, 2022, doi: 10.30656/prosisko.v9i1.4669.
- [15] D. M. Wirapraja, S. P. Nabilah, U. S. Karawang, T. Timur, and S. Agriculture, “Smart Agriculture Untuk Tanaman Hias,” vol. 9, no. 1, pp. 320–325, 2025.
- [16] E. Saputra *et al.*, “AIR DAN PENYIRAMAN KETINGGIAN AIR , PH DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN IOT SYSTEM FOR CONTROLLING WATER LEVEL , WATER PH , AND AUTOMATIC IRRIGATION IN HYDROPONIC His study aims to design and develop an Internet of Things (IoT) -based automated system capab,” vol. 2, no. November, pp. 2–5, 2025.
- [17] M. R. Mura *et al.*, “PENERAPAN TEKNOLOGI SMART FARMING BERBASIS INTERNET OF THINGS UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS,” vol. 19, no. 3, pp. 263–272, 2023.