

## Sistem Monitoring Kelembapan Tanah Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Integrasi Google Spreadsheet dan MIT App Inventor untuk Optimasi Irigasi Tetes pada Perkebunan Palawija

**Rouhillah<sup>1</sup>, Rizki Faulianur<sup>2</sup>, Rizki Mumtazi<sup>3</sup>**

<sup>123</sup> Program Studi Mekatronika Politeknik Aceh

Jl. Politeknik Aceh, Pango Raya, Banda Aceh 23119

<sup>1</sup>[rouhillah@politeknikaceh.ac.id](mailto:rouhillah@politeknikaceh.ac.id), <sup>2</sup>[rizki@politeknikaceh.ac.id](mailto:rizki@politeknikaceh.ac.id), <sup>3</sup>[rizkimumtaz022@gmail.com](mailto:rizkimumtaz022@gmail.com)

### ABSTRACT

*This research developed a prototype of an Internet of Things (IoT)-based automatic drip irrigation system integrated with Google Sheets and an Android application based on MIT App Inventor. The system utilizes ESP32 and a soil moisture sensor to monitor soil moisture conditions in real-time and automatically control the water pump based on a moisture threshold value. The threshold value is determined by the user through the Android application and stored in Firebase and EEPROM, so the system can continue to operate even if the internet connection is lost. Data on soil moisture, pump status, threshold value, and recording time are recorded periodically every five minutes into a Google Sheet to support data monitoring and analysis. The test results show that the system has a humidity measurement error rate of 2.68%, which indicates that the performance of the sensor and control system is quite accurate and reliable. This system is suitable for application on small to medium-scale agricultural land and has the potential to be further developed with the application of artificial intelligence to improve irrigation efficiency.*

**Keywords :** Internet of Things (IoT), Automatic Drip Irrigation, Soil Moisture Sensor, Google Spreadsheet, MIT App Inventor.

### ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan prototipe sistem irigasi tetes otomatis berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dengan Google Spreadsheet dan aplikasi Android berbasis MIT App Inventor. Sistem memanfaatkan ESP32 dan sensor kelembapan tanah untuk memantau kondisi kelembapan tanah secara real-time serta mengendalikan pompa air secara otomatis berdasarkan nilai ambang batas kelembapan. Nilai ambang batas ditentukan oleh pengguna melalui aplikasi Android dan disimpan pada Firebase serta EEPROM, sehingga sistem tetap dapat beroperasi meskipun koneksi internet terputus. Data kelembapan tanah, status pompa, nilai ambang batas, dan waktu pencatatan direkam secara periodik setiap lima menit ke dalam Google Spreadsheet untuk mendukung pemantauan dan analisis data. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat kesalahan pengukuran kelembapan sebesar 2,68, yang menunjukkan kinerja sensor dan sistem kontrol yang cukup akurat dan andal. Sistem ini sesuai diterapkan pada lahan pertanian skala kecil hingga menengah dan berpotensi dikembangkan lebih lanjut dengan penerapan kecerdasan buatan untuk meningkatkan efisiensi irigasi.

**Kata kunci :** Internet of Things (IoT), Irigasi Tetes Otomatis, Sensor Kelembapan Tanah, Google Spreadsheet , MIT App Inventor.

### I. PENDAHULUAN

Efisiensi penggunaan air merupakan faktor krusial dalam pertanian modern untuk meningkatkan produktivitas tanaman sekaligus mengurangi pemborosan sumber daya air. Penerapan irigasi tetes yang dikombinasikan dengan teknologi sensor terbukti mampu menjaga kelembapan tanah pada

rentang optimal dan meningkatkan efisiensi distribusi air dibandingkan metode irigasi konvensional [1][2].

Sistem irigasi berbasis IoT memungkinkan pemantauan kelembapan tanah secara real-time, pengendalian aliran air secara otomatis, serta pencatatan data historis yang dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan irigasi yang lebih akurat. penelitian menunjukkan Sistem irigasi pintar berbasis IoT dengan sensor kelembapan tanah

dapat mempertahankan kelembapan tanah optimal dan mengurangi konsumsi air sekitar 40 % dibandingkan metode konvensional, sesuai dengan target efisiensi yang disebutkan [3].

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan integrasi sensor, komunikasi data, dan kontrol otomatis dalam sistem irigasi. Sistem irigasi berbasis IoT mampu memantau kelembapan tanah secara real-time, mengatur aliran air secara otomatis, serta menyimpan data berbasis cloud untuk analisis jangka panjang. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa sistem ini dapat mengurangi konsumsi air sebesar 30–50% tanpa menurunkan hasil panen, sekaligus meningkatkan efisiensi dan ketepatan irigasi [4][5]. Lebih lanjut, stabilitas kelembapan tanah yang lebih terjaga dan kurangnya ketergantungan pada pengambilan keputusan manual menjadikan sistem ini mendukung penerapan pertanian presisi yang adaptif [6].

Selain aspek pengendalian otomatis, sistem irigasi pintar berbasis IoT yang memanfaatkan Firebase (platform cloud) untuk menyimpan data sensor secara real-time dan memungkinkan kontrol serta pemantauan melalui aplikasi mobile, juga memberikan kemudahan bagi pengguna dalam melakukan pemantauan dan pengendalian sistem irigasi dari jarak jauh, sehingga meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi air [7][8].

Pendekatan monitoring dan kontrol berbasis IoT telah berhasil diterapkan pada sistem kontrol nutrisi tanaman hidroponik. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa pemantauan parameter nutrisi secara real-time mampu menjaga kestabilan larutan nutrisi pada rentang optimal, meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya, serta mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih baik [9]. Konsep monitoring berkelanjutan pada sistem hidroponik tersebut relevan untuk diadaptasi pada sistem irigasi tetes tanaman palawija.

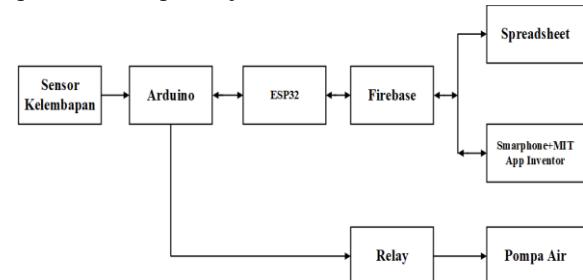
Sebagai upaya untuk meningkatkan efisiensi irigasi, penelitian ini mengembangkan sistem irigasi tetes otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu melakukan penyiraman otomatis sekaligus menyimpan dan menganalisis data kelembapan tanah. Sistem menggunakan ESP32 untuk membaca sensor kelembapan tanah, mengendalikan pompa air melalui relay, serta mengirimkan data ke platform cloud seperti Google Spreadsheet atau Firebase. Penyimpanan data ini memungkinkan pengaturan ambang batas kelembapan, pemantauan tren kelembapan tanah, serta analisis data sebagai dasar optimasi irigasi berbasis data.

Selain itu, sistem terintegrasi dengan aplikasi Android berbasis MIT App Inventor yang menyajikan informasi kelembapan tanah dalam bentuk tabel dan grafik secara real-time. Dengan pendekatan ini, sistem diharapkan dapat mengurangi pemborosan air, meningkatkan efisiensi irigasi.

## II. METODE PENELITIAN

### 1. Perancangan Sistem

Perancangan sistem pada Gambar 1 dapat dijelaskan prinsip kerja dari sistem pemantauan kelembapan tanah dalam optimasi irigasi tetes perkebunan palawija berbasis IoT.

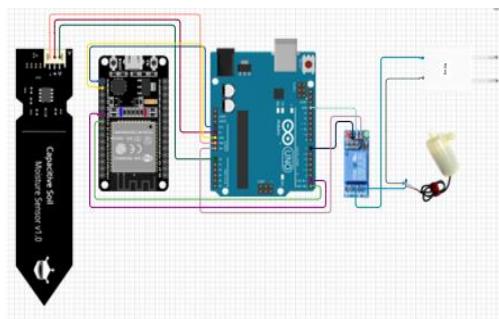


Gambar 1. Diagram Blok Sistem Irigasi Tetes Perkebunan Palawija Berbasis IoT

Sistem monitoring dan kontrol pompa air otomatis diawali dengan proses pembacaan kelembapan tanah oleh sensor kelembapan. Data hasil pengukuran tersebut dikirimkan ke mikrokontroler Arduino untuk diproses awal, kemudian diteruskan ke ESP32 melalui komunikasi serial TX–RX. Selanjutnya, ESP32 mengakses nilai ambang batas kelembapan yang tersimpan pada Firebase dan membandingkannya dengan data kelembapan tanah yang diterima. Apabila nilai kelembapan tanah berada di bawah ambang batas yang ditentukan, Firebase mengirimkan perintah kontrol ke Arduino untuk mengaktifkan modul relay sehingga pompa air menyala secara otomatis dan melakukan penyiraman tanaman. Selain fungsi kontrol, Firebase juga berperan sebagai media monitoring dengan mengirimkan data kelembapan tanah secara real-time ke aplikasi berbasis MIT App Inventor, sehingga pengguna dapat memantau kondisi tanah melalui perangkat smartphone. Untuk keperluan analisis jangka panjang, data kelembapan dan aktivitas penyiraman dicatat secara periodik setiap lima menit ke dalam Spreadsheet. Riwayat data yang tersimpan pada Spreadsheet tersebut kemudian ditampilkan kembali pada aplikasi MIT App Inventor melalui fitur ListView, sehingga pengguna dapat memantau seluruh aktivitas sistem secara terstruktur dan berkelanjutan..

## 2. Perancangan Rangkaian Elektronika

Perancangan sistem elektronika pada penelitian ini terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu sensor kelembapan tanah tipe capacitive, mikrokontroler ESP32, Arduino Uno, modul relay, pompa air DC, serta adaptor sebagai sumber catu daya. Seluruh komponen tersebut diintegrasikan dalam satu sistem terpadu yang berfungsi untuk mendeteksi tingkat kelembapan tanah dan mengendalikan aliran air secara otomatis. Sensor kelembapan tanah berperan dalam mengukur kadar air pada media tanam, sedangkan Arduino Uno dan ESP32 berfungsi sebagai pengendali utama yang memproses data sensor serta mengatur kerja aktuator. Modul relay digunakan sebagai sakelar elektronik untuk mengontrol pompa air, sehingga proses penyiraman dapat dilakukan secara otomatis sesuai dengan kondisi kelembapan tanah. Rangkaian keseluruhan dari sistem Irigasi Tetes dapat dilihat pada Gambar 2 dalam bentuk wiring diagram.

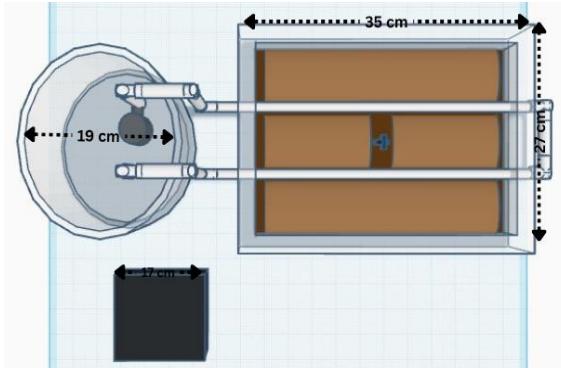


Gambar 2. Rangkaian Alat Sistem Irigasi Tetes

Tabel 1. Konfigurasi Pin

Komponen	Pin	Tersambung ke
Komponen	Komponen	Arduino UNO
Sensor Kelembapan	AOUT	A0
	VCC	5V
	GND	GND
Relay 1 Channel	IN	D7
	VCC	5V Adaptor
	GND	GND
Pompa DC Mini	(+)	NO Relay
	(-)	GND Adaptor
Adaptor 5V	(+)	5V ke Arduino & VCC Relay
	(-)	GND
ESP32	3V3	3.3V
	GND	GND
	RX (IO16)	TX
	TX (IO17)	RX(D0)

## 3. Perancangan Prototipe

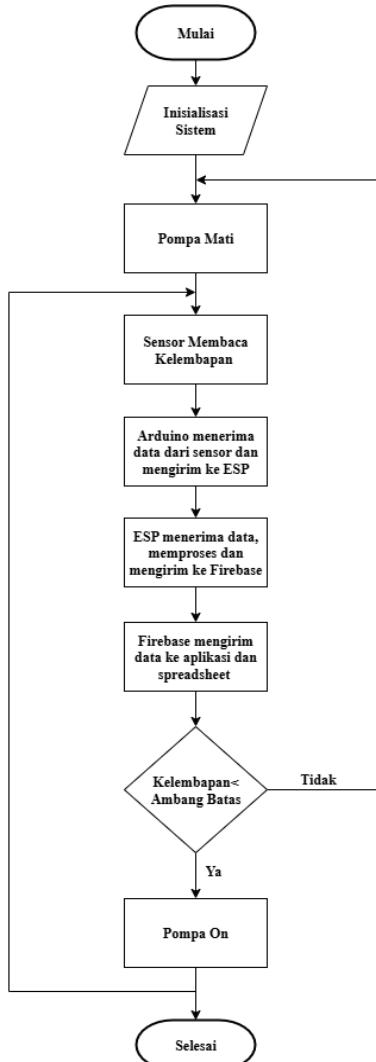


Gambar 3. Perancangan prototipe keseluruhan

Perancangan mekanik keseluruhan ini merupakan gambaran fisik alat sistem irigasi tetes yang terlihat pada Gambar 3. Pada bagian ini telah mencakup box pengontrol, pompa, wadah air, dan tempat tanam.

## 4. Perancangan Software

Pada Gambar 4 menjelaskan alur kerja sistem monitoring kelembapan tanah berbasis Internet of Things. Proses kerja sistem diawali dengan tahap *Mulai*, kemudian dilanjutkan dengan inisialisasi sensor *Capacitive Soil Moisture* untuk membaca nilai kelembapan tanah. Data hasil pembacaan sensor selanjutnya diproses oleh Arduino untuk menganalisis tingkat kelembapan tanah. Berdasarkan hasil analisis tersebut, sistem melakukan pengambilan keputusan dengan membandingkan nilai kelembapan tanah terhadap ambang batas yang telah ditentukan. Apabila nilai kelembapan tanah berada di bawah ambang batas (kondisi kelembapan rendah), maka pompa air diaktifkan (*ON*) untuk menjalankan sistem irigasi tetes. Pada kondisi ini, data kelembapan tanah beserta status pompa dikirimkan ke ESP32 untuk selanjutnya diteruskan ke Firebase atau Google Spreadsheet sebagai media penyimpanan dan pencatatan data. Data yang tersimpan tersebut kemudian ditampilkan pada aplikasi Android sehingga pengguna dapat memantau kondisi irigasi secara *real-time*. Sebaliknya, apabila nilai kelembapan tanah berada pada atau di atas ambang batas (kondisi kelembapan cukup atau tinggi), pompa air akan dinonaktifkan (*OFF*). Meskipun demikian, data kelembapan tanah tetap dikirimkan ke ESP32 dan diteruskan ke Firebase atau Google Spreadsheet, serta ditampilkan pada aplikasi Android. Seluruh tahapan proses ini berlangsung secara berulang dan otomatis selama sistem beroperasi, hingga sistem dihentikan dan proses berakhir pada tahap *Selesai*.



Gambar 4. Flowchart Sistem Monitoring Kelembapan Tanah Berbasis Internet of Things

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian pada Sistem Monitoring Kelembapan Tanah Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Integrasi Google Spreadsheet dan MIT App Inventor dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sensor kelembapan tanah serta memastikan seluruh komponen sistem irigasi tetes bekerja secara optimal dan sesuai dengan spesifikasi perancangan dalam mendukung optimasi irigasi pada perkebunan palawija.

Sistem irigasi otomatis yang dikembangkan bekerja secara terintegrasi dengan pembagian fungsi yang jelas antara ESP32 dan Arduino. ESP32 berperan sebagai unit pengendali utama yang bertugas melakukan pengambilan keputusan berdasarkan data kelembapan tanah yang diterima dari Arduino. Data tersebut dibandingkan dengan nilai ambang batas kelembapan yang tersimpan pada Firebase untuk menentukan kondisi pengoperasian

pompa air. Selain fungsi pengambilan keputusan, ESP32 juga bertanggung jawab dalam mengirimkan data sistem ke Firebase, yang selanjutnya dicatat secara otomatis ke dalam Google Spreadsheet setiap lima menit. Data yang direkam meliputi nilai kelembapan tanah, nilai ambang batas, status pompa (aktif atau nonaktif), waktu pencatatan, serta kondisi lahan.

Arduino berfungsi sebagai unit akuisisi dan aktuasi, yang secara kontinu membaca data dari sensor kelembapan tanah dan mengendalikan pompa air melalui modul relay berdasarkan perintah yang diterima dari ESP32. Ketika pompa diaktifkan, air dari tabung penampungan dialirkan ke lahan melalui selang sebagai bagian dari proses irigasi tetes otomatis. Adapun Hasil tampilan monitoring kelembapan tanah dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil tampilan aplikasi monitoring kelembapan tanah pada smartphone

Berikut adalah keterangan dari gambar 5:

- 1) Menampilkan Informasi Sensor
- 2) Tombol Simpan Ambang Batas
- 3) Kolom Input Nilai Ambang Batas Baru
- 4) Tombol Untuk Pindah Ke Layar Historis
- 5) Tombol Untuk Pindah Ke Layar Panduan Penggunaan Aplikasi
- 6) Riwayat Data Sensor
- 7) Tombol Unduh Riwayat Data Sensor Dalam Format csv.

Untuk mendukung proses pemantauan dan pengaturan sistem, dikembangkan aplikasi Android yang terintegrasi dengan Firebase secara real-time. Aplikasi ini menampilkan informasi terkini mengenai nilai kelembapan tanah, status pompa, dan kondisi lahan. Selain itu, aplikasi menyediakan fitur pengaturan nilai ambang batas kelembapan melalui textbox, di mana nilai yang dimasukkan pengguna

akan disimpan di Firebase dan digunakan oleh ESP32 sebagai parameter pengambilan keputusan. Aplikasi juga dilengkapi dengan halaman histori yang menampilkan data kelembapan dan status sistem yang dicatat setiap lima menit, serta fitur ekspor data dalam format .csv untuk keperluan analisis lanjutan. Dengan arsitektur sistem dan antarmuka tersebut, sistem irigasi yang dikembangkan mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air serta memberikan kemudahan dalam pemantauan dan pengelolaan irigasi berbasis data.

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Sensor *Capacitive Soil Moisture* terhadap perbandingan alat ukur pabrikan

No	Nilai ADC	Kelembapan Sensor (%)	Kelembapan Alat Pabrikan (%)	Error (%)
1	511	0	0	0
2	378	31	30	3,33
3	308	49	47	4,25
4	246	63	61	3,17
<b>Total Error %</b>				10,75
<b>Rata-Rata Error %</b>				2,68

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Tabel 1, dilakukan perbandingan antara nilai kelembapan yang diukur oleh sensor *Capacitive Soil Moisture* dan alat pembanding pabrikan (Kelembapan Alat Pabrikan) pada beberapa kondisi kelembapan tanah yang berbeda. Parameter pengujian meliputi nilai ADC, persentase kelembapan yang terbaca, serta persentase *error* (error).

Pada pengujian pertama, kelembapan tanah sebesar 0%, yang sesuai dengan hasil pembacaan alat pabrikan, sehingga diperoleh nilai *error* sebesar 0%. Hal ini menunjukkan bahwa sensor mampu membaca kondisi tanah kering dengan sangat baik. Pada pengujian kedua, sensor mencatat nilai kelembapan sebesar 31%, sedangkan alat pabrikan menunjukkan 30%, sehingga diperoleh *error* sebesar 3,33%. Selanjutnya, pada pengujian ketiga, sensor mencatat kelembapan sebesar 49%, sementara alat pabrikan menunjukkan 47%, dengan *error* sebesar 4,25%. Pada pengujian keempat, sensor menunjukkan nilai 63% dan alat pabrikan sebesar 61%, sehingga diperoleh *error* sebesar 3,17%.

Berdasarkan keempat pengujian tersebut, diperoleh total *error* sebesar 10,75% dengan nilai rata-rata *error* sebesar 2,68%. Nilai *error* yang relatif kecil ini menunjukkan bahwa sensor kelembapan tanah memiliki tingkat akurasi yang baik dan dapat digunakan secara andal dalam sistem monitoring dan pengendalian irigasi tetes otomatis. Dengan tingkat kesalahan di bawah 5%, sensor dinilai mampu memberikan data yang cukup presisi untuk mendukung pengambilan keputusan dalam pengaturan penyiraman tanaman secara otomatis.

no	Timestamp	Kelembapan (%)	Status Pompa	Ambang Batas	Catatan
1	10/06/2025 2:00:43	48	Mati	35	Lembab - Tidak perlu disiram
2	10/06/2025 2:05:43	48	Mati	35	Lembab - Tidak perlu disiram
3	10/06/2025 2:10:43	48	Mati	35	Lembab - Tidak perlu disiram
4	10/06/2025 2:15:43	48	Mati	35	Lembab - Tidak perlu disiram

**Gambar 6.** Hasil Pengujian data Firebase ke Spreadsheet

Gambar 6 tersebut menunjukkan hasil screenshot pencatatan data monitoring kelembapan tanah yang dilakukan secara periodik setiap lima menit. Parameter yang dicatat meliputi waktu pengukuran, nilai kelembapan tanah, status pompa, nilai ambang batas, serta kondisi lahan. Berdasarkan data yang diperoleh, nilai kelembapan tanah sebesar 48% berada di atas ambang batas 35%, sehingga sistem secara otomatis mempertahankan status pompa dalam kondisi mati. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pengambilan keputusan yang konsisten dan akurat serta mencatat data secara berkelanjutan melalui integrasi Firebase dan Google Spreadsheet.

#### IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa Sistem Monitoring Kelembapan Tanah Berbasis Internet of Things (IoT) dengan Integrasi Google Spreadsheet dan MIT App Inventor berhasil dikembangkan dan berfungsi sesuai dengan tujuan perancangan. Sistem ini mampu melakukan pemantauan kelembapan tanah secara real-time serta mengendalikan proses irigasi tetes secara otomatis berdasarkan nilai ambang batas kelembapan yang ditetapkan oleh pengguna.

Hasil pengujian sensor kelembapan tanah menunjukkan total nilai *error* sebesar 10,75% dengan nilai rata-rata *error* sebesar 2,68% jika dibandingkan dengan alat ukur pabrikan. Nilai *error* yang relatif rendah tersebut menunjukkan bahwa sensor memiliki tingkat akurasi yang baik dan dapat diandalkan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pengoperasian pompa air secara otomatis.

Integrasi ESP32 dengan Firebase memungkinkan proses pengiriman, penyimpanan, dan pencatatan data kelembapan tanah serta status sistem berlangsung secara berkelanjutan, yang selanjutnya direkam ke dalam Google Spreadsheet secara periodik untuk keperluan pemantauan dan analisis jangka panjang. Selain itu, aplikasi Android berbasis MIT App Inventor mampu menampilkan data kelembapan tanah, status pompa, dan kondisi lahan secara real-time, serta menyediakan fitur pengaturan nilai ambang batas dan riwayat data sistem.

Dengan demikian, sistem yang dikembangkan mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air pada irigasi tetes di perkebunan palawija serta memberikan kemudahan dalam pengawasan dan pengelolaan irigasi berbasis data, sehingga berpotensi mendukung

penerapan pertanian yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan beberapa sensor kelembapan tanah pada titik yang berbeda untuk meningkatkan akurasi data pada lahan yang lebih luas. Selain itu, pemanfaatan sensor kelembapan tanah dengan tingkat presisi dan stabilitas pengukuran yang lebih tinggi direkomendasikan sebagai pengembangan lanjutan untuk meningkatkan keandalan sistem, khususnya dalam mendukung aplikasi pertanian berskala besar atau komersial.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Adak, "Use of Soil Moisture Sensor for Efficient Irrigation in Smart Agriculture," vol. 47, no. 6, pp. 502–507, 2025.
- [2] D. Maitethia, P. Masinde, J. Marangu, and J. Thambura, "Use of sensor based drip irrigation in improving irrigation water efficiency for vegetable crops Tharaka Nithi county," no. June, p. 2022, 2022.
- [3] N. Aisyah, E. D. Ulhaq, A. Dharmawan, and R. Purbakawaca, "DESIGN OF AN IOT-BASED SMART IRRIGATION SYSTEM USING SOIL," vol. 11, no. 1, pp. 89–97, 2025.
- [4] E. Sumartono, "Scripta Technica : Journal of Engineering and Applied Technology Pemanfaatan Teknologi Irigasi Otomatis dan Sensor Kelembaban Tanah dalam Mendukung Efisiensi Air dan Ketahanan Pangan Berkelanjutan," vol. 1, no. 2, 2025.
- [5] F. Putra, "Food Security Transformation : Impact Analysis of IoT-Based Irrigation Water Consumption Patterns in Climate Change Adaptation in Modern Agricultural Systems," vol. 1, no. 3, pp. 1–13, 2024.
- [6] H. Navarro-hellín, J. Martínez-del-rincon, R. Domingo-miguel, F. Soto-valles, and R. Torres-sánchez, "Original papers A decision support system for managing irrigation in agriculture," vol. 124, pp. 121–131, 2016, doi: 10.1016/j.compag.2016.04.003.
- [7] P. Edward, L. Junior, P. Trisna, and H. Permana, "SMART IRRIGATION BERBASIS INTERNET OF THINGS ( IOT ) MENGGUNAKAN FRAMEWORK FIREBASE PADA TANAMAN TOMAT ( STUDI KASUS PADA PERTANIAN TOMAT DI DESA TEGALCANGKRING , KABUPATEN," pp. 438–446.
- [8] B. Sutomo, T. A. Saputri, and I. W. Satria, "Utilizing IoT Technology for Soil Moisture Management through Integration of pH and Moisture Sensors in an Android Application for Rice Farming," vol. 5, no. April, pp. 248–258, 2025.
- [9] Rouhillah, I. Salfikar, and M. Ichani, "Kontrol Nutrisi Tanaman Hidroponik Berbasis Monitoring Internet of Things," *Elektron J. Ilm.*, vol. 14, no. 2, pp. 72–77, 2022, doi: 10.30630/eji.14.2.306.