

SMARTSOIL: SISTEM MONITORING KELEMBABAN TANAH BERBASIS *INTERNET OF THINGS* (IOT) MENGGUNAKAN ESP32 DAN SENSOR SOIL MOISTURE

Wa Ode Denada Mar Ella^{1*}, Fajerin Biabdillah², Agusma Wajiansyah³, Abbizar Mulia⁴

^{1,2,3,4}Politeknik Negeri Samarinda; Jl. Dr. Cipto Mangunkusumo Samarinda 75131

Keywords:

Internet of Things (IoT), Soil Moisture Monitoring, ESP32, Soil Moisture Sensor

Corespondent Email:

elldenada8@gmail.com

Abstrak. Kelembaban tanah merupakan parameter penting dalam menunjang pertumbuhan tanaman dan pengelolaan irigasi yang optimal. Namun, pemantauan kelembaban tanah yang masih dilakukan secara manual memiliki keterbatasan, seperti kurang akurat, tidak bersifat real-time, serta membutuhkan waktu dan tenaga yang lebih besar. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan SMARTSOIL, yaitu sistem monitoring kelembaban tanah berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor soil moisture. Metode penelitian meliputi perancangan sistem, pembuatan perangkat keras, pengembangan perangkat lunak, serta pengujian dan kalibrasi sensor. Sensor soil moisture digunakan untuk mendekripsi tingkat kelembaban tanah, kemudian data diproses oleh ESP32 dan ditampilkan melalui LCD OLED serta dikirimkan ke platform IoT untuk pemantauan jarak jauh secara real-time. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu membaca kelembaban tanah pada rentang 18%–82% sesuai kondisi tanah kering hingga basah, dengan kestabilan pembacaan yang baik dan waktu pengiriman data rata-rata 1,1–1,3 detik. Kesimpulannya, sistem SMARTSOIL mampu menyediakan data kelembaban tanah yang akurat dan real-time sehingga layak digunakan sebagai solusi monitoring kelembaban tanah berbasis IoT dalam mendukung pengambilan keputusan pengelolaan irigasi tanaman.



Copyright © [JITET](#) (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan). This article is an open access article distributed under terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC)

Abstract. Soil moisture is an important parameter that plays a crucial role in supporting plant growth and optimal irrigation management. However, soil moisture monitoring that is still conducted manually has several limitations, including low accuracy, lack of real-time capability, and higher time and labor requirements. This research aims to design and implement SMARTSOIL, an Internet of Things (IoT)-based soil moisture monitoring system using an ESP32 microcontroller and a soil moisture sensor. The research methodology includes system design, hardware development, software development, as well as sensor testing and calibration. The soil moisture sensor is used to detect soil moisture levels, which are then processed by the ESP32 and displayed locally on an OLED LCD, as well as transmitted to an IoT platform for real-time remote monitoring. The experimental results show that the system is able to measure soil moisture levels in the range of 18%–82%, corresponding to dry to wet soil conditions, with stable readings and an average data transmission time of 1.1–1.3 seconds. In conclusion, the SMARTSOIL system is capable of providing accurate and real-time soil moisture data and is suitable to be used as an IoT-based soil moisture monitoring solution to support irrigation management decision-making.

1. PENDAHULUAN

Kelembaban tanah adalah salah satu faktor lingkungan yang sangat penting untuk mendukung pertumbuhan tanaman, penggunaan air yang efisien, dan keberhasilan sistem irigasi sektor pertanian. Pemantauan kelembaban tanah yang tepat dan konsisten sangat penting untuk membantu pengambilan keputusan terkait pengelolaan irigasi tanaman. Namun, cara tradisional dalam memantau kelembaban tanah masih banyak dilakukan secara manual sehingga memiliki sejumlah keterbatasan, seperti pengukuran akurasi yang kurang, tidak bersifat *real-time*, serta membutuhkan waktu dan tenaga yang cukup besar. Dengan kemajuan teknologi digital, konsep *Internet of Things* (IoT) kini banyak diterapkan dalam sistem pemantauan lingkungan, termasuk dalam pemantauan kelembaban tanah. Teknologi IoT memungkinkan perangkat sensor dan elektronik terhubung melalui internet untuk melakukan pengukuran dan mengirimkan data secara *real-time*, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam memantau kondisi lingkungan [1].

Berbagai penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem monitoring kelembaban tanah berbasis IoT dengan memanfaatkan sensor soil moisture yang dikombinasikan dengan mikrokontroler untuk mengirimkan data ke platform daring. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan sensor soil moisture dalam sistem IoT mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air serta membantu pengambilan keputusan dalam penerapan pertanian presisi [2]. Meskipun demikian, sebagian besar sistem yang dikembangkan masih memiliki batasan pada kinerja dalam memproses data dan belum mampu menyajikan informasi secara langsung di lokasi pengukuran.

Berdasarkan kondisi tersebut, dibutuhkan pengembangan sistem monitoring kelembaban tanah berbasis IoT yang lebih optimal dan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Penelitian ini memiliki tujuan untuk merancang dan membangun SMARTSOIL, sebuah sistem monitoring kelembaban tanah yang menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) dengan mikrokontroler ESP32 dan sensor soil moisture. Pemilihan ESP32 karena didasarkan pada kinerjanya yang handal, fitur koneksi Wi-Fi yang sudah terintegrasi, serta konsumsi daya yang cukup rendah. Sistem SMARTSOIL juga menyediakan tampilan lokal menggunakan LCD OLED untuk menunjukkan informasi kelembaban tanah secara langsung serta memungkinkan pemantauan jarak jauh secara *real-time* melalui platform IoT. Kebaruan penelitian ini

terletak pada integrasi pemrosesan data yang optimal, tampilan lokal, dan pemantauan jarak jauh dalam satu sistem terpadu yang diharapkan mampu meningkatkan efektivitas dan efisiensi pengelolaan irigasi tanaman.

2. TINJAUAN PUSTAKA

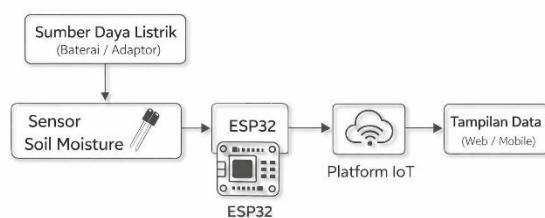
Internet of Things (IoT) adalah gagasan dasar dalam pengembangan sistem monitoring lingkungan modern yang memungkinkan sensor dan perangkat elektronik saling terhubung melalui jaringan internet untuk melakukan proses pengukuran dan pengiriman data secara *real-time*. Teknologi IoT telah diterapkan secara luas di bidang pertanian, terutama dalam memantau kondisi tanah untuk mendukung efisiensi penggunaan air dan pertumbuhan tanaman. Dalam sistem tersebut, sensor kelembaban tanah berfungsi sebagai elemen kunci yang bertugas untuk mendeteksi tingkat kelembaban tanah berdasarkan perubahan nilai resistansi atau kapasitansi. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa sistem monitoring kelembaban tanah berbasis IoT mampu bekerja secara efektif dalam melakukan pemantauan kondisi tanah secara kontinu serta mengirimkan data ke platform daring untuk pemantauan jarak jauh [3].

Mikrokontroler berbasis Wi-Fi, seperti ESP32, sering digunakan dalam sistem monitoring karena menawarkan koneksi jaringan yang stabil, serta mendukung integrasi dengan berbagai platform IoT. Secara umum, struktur sistem IoT terdiri dari sensor yang berfungsi sebagai perangkat input, mikrokontroler sebagai pengolah data, jaringan nirkabel sebagai sarana komunikasi, dan platform cloud yang menyediakan tempat untuk penyimpanan dan visualisasi data secara *real-time* [4]. Meskipun berbagai sistem monitoring berbasis IoT telah dikembangkan, sebagian penelitian masih memiliki keterbatasan pada penyajian informasi secara langsung di lokasi pengukuran serta fleksibilitas pemrosesan data. Berdasarkan informasi tersebut, penelitian ini mengembangkan SMARTSOIL, yaitu sebuah sistem monitoring kelembaban tanah menggunakan teknologi IoT dengan memanfaatkan ESP32 dan sensor soil moisture sistem ini juga dilengkapi dengan tampilan lokal berupa LCD OLED dan fitur pemantauan jarak jauh secara *real-time*. Sistem ini diharapkan bisa menjadi solusi terbaik untuk monitoring kondisi tanah yang efektif, mudah dioperasikan, dan mendukung pengelolaan irigasi tanaman secara efektif.

3. METODE PENELITIAN

3.1 Sistem Penelitian

Sistem SMARTSOIL merupakan sistem monitoring kelembaban tanah berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dirancang untuk melakukan pengukuran, pengolahan, serta penyajian data kelembaban tanah secara *real-time*. Sistem ini terdiri atas beberapa komponen utama, yaitu sensor soil moisture sebagai perangkat input, mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pemrosesan data, jaringan Wi-Fi sebagai media komunikasi, serta platform IoT sebagai sarana pemantauan jarak jauh [5]



Gambar 1. Diagram Blok Sistem SMARTSOIL

Sensor soil moisture berfungsi untuk mendeteksi tingkat kelembaban tanah dengan menghasilkan sinyal analog yang merepresentasikan kondisi tanah dari kering hingga basah. Data analog tersebut kemudian dibaca oleh ESP32 melalui pin ADC dan dikonversi menjadi nilai persentase kelembaban tanah. Mikrokontroler ESP32 dipilih karena memiliki modul Wi-Fi terintegrasi, kemampuan pemrosesan data yang baik, serta konsumsi daya yang relatif rendah sehingga sesuai untuk aplikasi monitoring berbasis IoT [6]. Data kelembaban tanah yang telah diproses oleh ESP32 ditampilkan secara lokal melalui LCD OLED agar pengguna dapat mengetahui kondisi tanah secara langsung di lokasi pengukuran. Selain itu, data tersebut juga dikirimkan ke platform IoT melalui jaringan Wi-Fi untuk memungkinkan pemantauan jarak jauh secara *real-time*. Platform IoT berfungsi sebagai media visualisasi dan penyimpanan data sehingga pengguna dapat memantau perubahan kelembaban tanah secara berkala [7]. Diagram blok sistem SMARTSOIL yang ditunjukkan pada Gambar 1 menggambarkan alur kerja sistem secara keseluruhan, mulai dari proses pembacaan data oleh sensor, pemrosesan data oleh ESP32, hingga penyajian data melalui tampilan lokal dan platform IoT. Dengan rancangan ini, sistem SMARTSOIL diharapkan mampu memberikan solusi monitoring kelembaban tanah

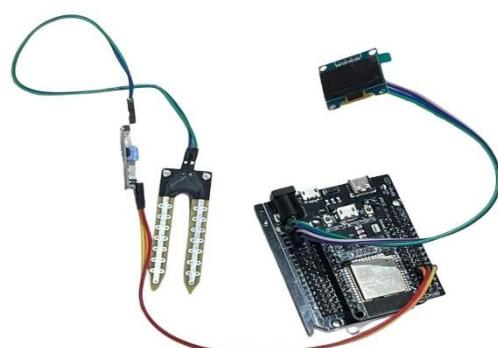
yang efektif, mudah dioperasikan, dan mendukung pengelolaan irigasi tanaman secara optimal.

3.2 Perancangan Sistem Perangkat Keras

Perancangan sistem perangkat keras pada SMARTSOIL bertujuan untuk membangun sebuah sistem monitoring kelembaban tanah yang mampu bekerja secara akurat dan terintegrasi yang disajikan pada **Tabel 1. Spesifikasi Komponen Sistem SMARTSOIL**

No	Komponen	Spesifikasi Utama	Fungsi
1	Sensor Soil Moisture	Analog, 3,3 – 5 V	Mendeteksi Kelembaban Tanah
2	ESP 32	Wi – Fi, ADC 12 - bit	Pemrosesan & Komunikasi Data
3	LCD OLED	0.96", 12C	Tampilan Lokal
4	Catu Daya	5 V DC	Sumber Tegangan Sistem

Komponen utama yang digunakan dalam sistem ini meliputi sensor soil moisture, mikrokontroler ESP32, LCD OLED, serta sumber catu daya. Seluruh komponen dirancang agar dapat saling terhubung dan bekerja secara optimal dalam mendukung proses pengukuran dan pengiriman data.



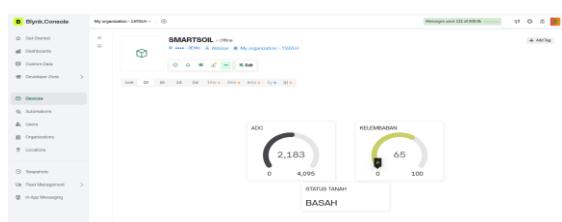
Gambar 2. Rangkaian Perangkat Keras SMARTSOIL

Sensor soil moisture digunakan sebagai perangkat input untuk mendekripsi tingkat kelembaban tanah. Sensor ini menghasilkan sinyal analog yang merepresentasikan kondisi tanah, mulai dari kering hingga basah. Output sensor dihubungkan ke salah satu pin input analog pada ESP32 untuk diproses lebih lanjut. Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali sistem yang bertugas membaca data sensor, mengolah nilai kelembaban tanah, serta mengirimkan data melalui jaringan Wi-Fi ke platform IoT untuk pemantauan jarak jauh secara *real-time* [8] [9].

LCD OLED digunakan sebagai perangkat output untuk menampilkan informasi kelembaban tanah secara lokal. Modul LCD OLED dihubungkan ke ESP32 melalui antarmuka komunikasi I2C sehingga memudahkan proses pengiriman data tampilan dengan konsumsi daya yang rendah. Selain itu, sistem dilengkapi dengan catu daya yang berfungsi menyediakan tegangan yang stabil bagi seluruh komponen agar sistem dapat beroperasi secara andal.

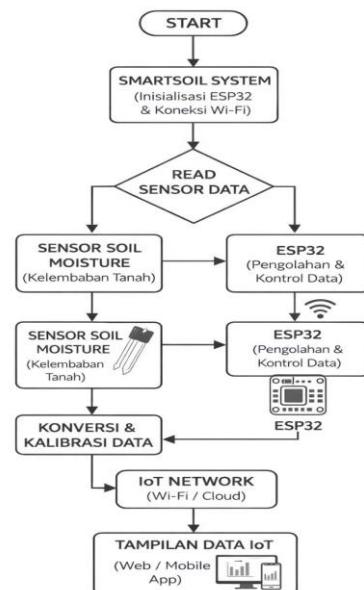
3.3 Pengembangan Perangkat Lunak dan Intergrasi IoT

Perancangan sistem perangkat keras pada SMARTSOIL bertujuan untuk membangun sebuah sistem monitoring kelembaban tanah yang mampu bekerja secara akurat dan terintegrasi. Komponen utama yang digunakan dalam sistem ini meliputi sensor soil moisture, mikrokontroler ESP32, LCD OLED, serta sumber catu daya. Seluruh komponen dirancang agar dapat saling terhubung dan bekerja secara optimal dalam mendukung proses pengukuran dan pengiriman data. Sensor soil moisture digunakan sebagai perangkat input untuk mendekripsi tingkat kelembaban tanah. Sensor ini menghasilkan sinyal analog yang merepresentasikan kondisi tanah, mulai dari kering hingga basah. Output sensor dihubungkan ke salah satu pin input analog pada ESP32 untuk diproses lebih lanjut. Penggunaan sensor soil moisture sebagai perangkat input pada sistem monitoring berbasis IoT telah banyak diterapkan karena kemampuannya dalam mendekripsi perubahan kadar air tanah secara kontinu dan *real-time* [10].



Gambar 3. Tampilan Aplikasi Blynk

Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali sistem yang bertugas membaca data sensor, mengolah nilai kelembaban tanah, serta mengirimkan data melalui jaringan Wi-Fi ke platform IoT. ESP32 dipilih karena memiliki kemampuan pemrosesan data yang baik, modul Wi-Fi terintegrasi, serta konsumsi daya yang relatif rendah sehingga sesuai untuk aplikasi monitoring berbasis *Internet of Things* [11]. Data kelembaban tanah yang telah diproses oleh ESP32 kemudian ditampilkan secara lokal melalui LCD OLED. LCD OLED digunakan sebagai perangkat output untuk menampilkan informasi kelembaban tanah secara langsung di lokasi pengukuran. Modul LCD OLED dihubungkan ke ESP32 melalui antarmuka komunikasi I2C yang memungkinkan pengiriman data tampilan secara efisien dengan penggunaan pin yang minimal serta konsumsi daya yang rendah [12]. Selain itu, sistem dilengkapi dengan catu daya yang berfungsi menyediakan tegangan yang stabil bagi seluruh komponen agar sistem dapat beroperasi secara andal.



Gambar 4. Flowchart SMARTSOIL

Secara keseluruhan, rancangan perangkat keras SMARTSOIL disusun sebagai sistem terintegrasi yang memungkinkan proses monitoring kelembaban tanah dilakukan secara *real-time*, baik melalui tampilan lokal maupun pemantauan jarak jauh. Rancangan ini diharapkan mampu mendukung kinerja sistem secara efektif dan efisien sesuai dengan tujuan penelitian. Untuk memperjelas alur kerja sistem SMARTSOIL secara keseluruhan, dibuat flowchart yang menggambarkan proses kerja sistem, mulai dari pembacaan data sensor, pemrosesan data oleh

ESP32, hingga pengiriman data ke platform IoT untuk pemantauan jarak jauh

3.4 Pengujian dan kalibrasi

Pengujian dan kalibrasi dilakukan untuk memastikan sistem SMARTSOIL berfungsi sesuai dengan perancangan serta mampu menghasilkan data kelembaban tanah yang akurat dan stabil. Tahapan pengujian meliputi pengujian fungsional setiap komponen sistem dan pengujian kinerja sistem secara keseluruhan. Pengujian fungsional bertujuan untuk memastikan sensor soil moisture, mikrokontroler ESP32, LCD OLED, dan koneksi IoT dapat bekerja dengan baik sesuai perannya masing-masing [13]. Kalibrasi sensor soil moisture dilakukan untuk memperoleh nilai referensi pembacaan kelembaban tanah. Proses kalibrasi dilakukan dengan menggunakan tiga kondisi media tanah, yaitu tanah kering, tanah lembap, dan tanah basah. Sensor ditempatkan pada masing-masing kondisi tanah, kemudian nilai analog yang dihasilkan dicatat dan diolah oleh ESP32. Nilai minimum dan maksimum hasil pembacaan sensor digunakan sebagai batas kalibrasi untuk mengonversi data analog menjadi nilai persentase kelembaban tanah. Hasil kalibrasi ini menjadi dasar dalam penentuan kondisi kelembaban tanah yang ditampilkan pada sistem [14].



Gambar 5. Rangkaian Uji Coba Sistem SMARTSOIL

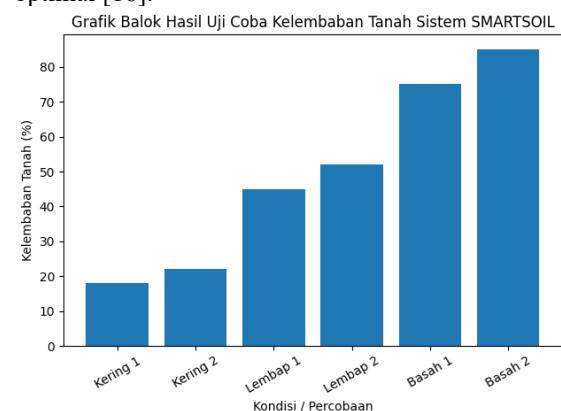
Pengujian sistem secara keseluruhan dilakukan dengan mengoperasikan alat dalam kondisi nyata. Data kelembaban tanah yang dibaca oleh sensor ditampilkan secara lokal melalui LCD OLED dan dikirimkan ke platform IoT melalui jaringan Wi-Fi untuk pemantauan jarak jauh secara *real-time*. Parameter yang diuji meliputi kestabilan pembacaan sensor, keterbacaan tampilan LCD OLED, serta keandalan pengiriman data ke platform IoT. Berdasarkan hasil pengujian, sistem SMARTSOIL mampu bekerja secara stabil dan

konsisten, sehingga dinyatakan layak digunakan sebagai sistem monitoring kelembaban tanah berbasis *Internet of Things* [15].

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi dan Kinerja Sistem IoT

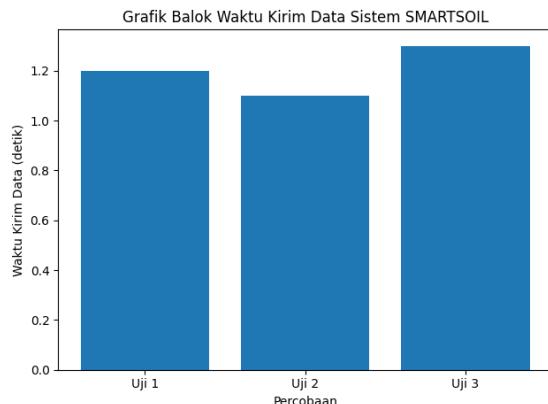
Implementasi sistem SMARTSOIL dilakukan dengan menggabungkan sensor soil moisture, mikrokontroler ESP32, LCD OLED, dan platform *Internet of Things* (IoT). Sensor soil moisture dipasang di media tanah untuk mengukur tingkat kelembaban tanah, kemudian data yang diperoleh dikirim ke ESP32 yang berfungsi sebagai pusat pengolahan data. ESP32 memproses data tersebut dan menampilkannya secara lokal melalui LCD OLED dalam bentuk nilai persentase kelembaban tanah. Selain itu, ESP32 mengirimkan data kelembaban tanah ke platform IoT melalui jaringan Wi-Fi sehingga pengguna dapat melakukan pemantauan kondisi tanah secara jarak jauh dan *real-time*. Platform IoT berfungsi sebagai media visualisasi dan penyimpanan data kelembaban tanah, di mana data yang diterima dari ESP32 ditampilkan dalam bentuk grafik dan nilai numerik yang diperbarui secara berkala. Implementasi sistem ini memungkinkan pengguna untuk memantau perubahan kelembaban tanah secara berkelanjutan serta mengevaluasi kondisi tanah dalam periode tertentu. Hasil implementasi menunjukkan bahwa seluruh komponen sistem dapat berjalan sesuai dengan perancangan dan mampu melakukan integrasi antarperangkat secara optimal [16].



Gambar 6. Grafik Hasil Uji Coba Kelembaban Tanah Sistem SMARTSOIL

Kinerja sistem SMARTSOIL dinilai berdasarkan beberapa faktor, yaitu keakuratan pembacaan sensor, konsistensi pengiriman data, serta reaksi sistem dalam menampilkan informasi. Berdasarkan hasil pengujian, sensor soil moisture mampu

mendeteksi perubahan tingkat kelembaban tanah dengan baik setelah dilakukan proses kalibrasi. Hasil uji coba pembacaan kelembaban tanah pada berbagai kondisi tanah ditunjukkan pada grafik diatas, yang memperlihatkan peningkatan nilai kelembaban tanah seiring perubahan kondisi tanah dari kering hingga basah. Data kelembaban tanah yang ditampilkan pada LCD OLED memiliki nilai yang sama dengan data yang diterima pada platform IoT, sehingga menunjukkan konsistensi pengolahan dan pengiriman data oleh mikrokontroler ESP32.



Gambar 7. Grafik Waktu Kirim Data Sistem SMARTSOIL

Selain itu, uji konektivitas dilakukan untuk menilai stabilitas pengiriman data dari ESP32 ke platform IoT melalui jaringan Wi-Fi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ESP32 mampu mengirimkan data secara stabil tanpa adanya kehilangan data yang signifikan. dari grafik diatas menunjukkan waktu pengiriman data berkisar antara 1,1 hingga 1,3 detik, yang menunjukkan bahwa sistem ini dapat memperbarui data secara *real-time* dengan waktu respons yang cukup cepat. Secara keseluruhan, hasil pengujian kinerja menunjukkan bahwa sistem SMARTSOIL memiliki performa yang baik dan dapat diterapkan sebagai sistem monitoring kelembaban tanah berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk mendukung pengelolaan irigasi tanaman secara optimal.

4.2 Hasil Pengujian dan Kalibrasi Sensor

Hasil dari pengujian dan kalibrasi sensor soil moisture pada sistem SMARTSOIL menunjukkan bahwa sensor dapat mengenali tingkat kelembaban tanah dengan baik setelah dilakukan proses kalibrasi. Kalibrasi dilakukan dengan menetapkan nilai minimum dan maksimum keluaran sensor pada kondisi tanah yang kering dan yang tanah basah. Nilai-nilai ini digunakan sebagai panduan untuk mengubah data analog dari sensor menjadi nilai persentase kelembaban tanah yang

ditampilkan pada sistem. Hasil pengujian dan kalibrasi sensor soil moisture pada sistem SMARTSOIL ditunjukkan pada **Tabel 2. Hasil Pengujian dan Kalibrasi Sensor Soil Moisture**

Kondisi Tanah	Nilai ADC Maksimum	Kelembaban (%)	Keterangan
Kering	3200	18	Rendah
Kering	3005	22	Rendah
Lembap	2150	45	Sedang
Lebar	1980	52	Sedang
Basah	1250	75	Tinggi
Basah	980	85	Tinggi

Berdasarkan hasil pengujian, sensor menghasilkan nilai yang berbeda secara konsisten pada setiap kondisi tanah. Pada kondisi tanah kering, nilai kelembaban yang terdeteksi berada pada level rendah, sedangkan pada kondisi tanah lembap dan basah terjadi peningkatan nilai kelembaban secara bertahap. Hal ini menunjukkan bahwa sensor memiliki sensitivitas yang baik terhadap perubahan kadar air dalam tanah. Hasil kalibrasi tersebut mampu meningkatkan kestabilan dan keterbacaan data kelembaban tanah.

Pengujian lanjutan dilakukan untuk mengevaluasi konsistensi pembacaan sensor dalam periode waktu tertentu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor soil moisture mampu memberikan pembacaan yang relatif stabil tanpa fluktuasi nilai yang signifikan. Data kelembaban tanah yang diperoleh ditampilkan secara lokal melalui LCD OLED dan dikirimkan ke platform IoT dengan nilai yang sama, sehingga tidak ditemukan perbedaan berarti antara hasil pembacaan lokal dan pemantauan jarak jauh. Dengan demikian, hasil pengujian dan kalibrasi sensor membuktikan bahwa sistem SMARTSOIL mampu menghasilkan data kelembaban tanah yang akurat dan andal untuk kebutuhan monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) [17].

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari perancangan, implementasi, serta pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem SMARTSOIL berhasil dibuat sebagai sistem monitoring kelembaban tanah menggunakan *Internet of Things* (IoT) dengan bantuan sensor soil moisture dan mikrokontroler ESP32. Sistem ini memiliki kemampuan untuk mengukur kelembaban tanah secara *real-time*, menampilkan data secara lokal melalui LCD OLED, serta mengirimkan data ke platform IoT melalui jaringan Wi-Fi untuk

pemantauan dari jauh. Semua komponen terhubung dengan baik dan sistem dapat berfungsi sesuai dengan perancangan yang telah ditentukan.

Hasil pengujian dan kalibrasi sensor soil moisture menunjukkan bahwa sensor dapat mendeteksi perubahan pada tingkat kelembaban tanah secara konsisten dalam berbagai kondisi tanah, yaitu tanah kering, lembap, dan basah. Setelah proses kalibrasi, sistem mampu membaca nilai kelembaban tanah pada rentang 18% hingga 82%, yang merepresentasikan kondisi tanah dari kering hingga basah. Proses kalibrasi dengan menentukan nilai minimum dan maksimum pembacaan sensor terbukti meningkatkan akurasi, kestabilan, dan keterbacaan data kelembaban tanah.

Data hasil pembacaan sensor yang ditampilkan pada LCD OLED memiliki nilai yang sama dengan data yang diterima pada platform IoT, sehingga menunjukkan konsistensi pengolahan dan pengiriman data oleh ESP32. Selain itu, pengujian koneksi melihatkan bahwa sistem dapat mengirimkan data dengan stabil dalam waktu pengiriman rata-rata 1,1–1,3 tanpa mengalami kehilangan data yang signifikan. Secara keseluruhan, sistem SMARTSOIL dinyatakan layak untuk digunakan sebagai solusi monitoring kelembaban tanah berbasis IoT yang akurat, andal, dan mudah dioperasikan. Sistem ini diharapkan dapat membantu pengguna, khususnya di bidang pertanian, dalam memantau kondisi tanah secara *real-time* serta mendukung pengambilan keputusan terkait pengelolaan irigasi tanaman secara lebih optimal.

[18].

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. H. a. S. L. L. Da Xu, "Internet of Things in Industries: A Survey," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, p. 2233–2243, 2014.
- [2] A. K. a. F. X. P.-B. A. Kamaris, "A Review on the Practice of Big Data Analysis in Agriculture," *Computers and Electronics in Agriculture*, no. 143, pp. 23-37, 2017.
- [3] N. M. a. P. Viswanathan, "A Survey: Smart agriculture IoT with cloud computing," *International Conference on Microelectronic Devices, Circuits and Systems*, pp. 1-7, 2017.
- [4] W. H. a. S. L. L. Da Xu, "Internet of Things in industries: A survey," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, no. 10, pp. 2233-2243, 2014.
- [5] F. Mahfud, "Sistem Monitoring Kelembaban Tanah dengan Sensor Soil Moisture Berbasis Internet of Things," *Jurnal Informatika Polinema*, no. 10, 2025.
- [6] L. A. S. d. A. I. M. R. Ariwibowo, "Sistem Pemantau Kelembaban Tanah dan Debit Air pada Tanaman Cabai Menggunakan ESP32 Berbasis Internet of Things," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan (JITET)*, no. 13.
- [7] D. W. d. S. Ilman, "Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis IoT Menggunakan ESP32, Moisture Sensor, DHT22 Sensor dan Blynk," *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika (JTMEI)*.
- [8] L. A. S. d. A. I. M. R. Ariwibowo, "Sistem Pemantau Kelembaban Tanah dan Debit Air pada Tanaman Cabai Menggunakan ESP32 Berbasis Internet of Things," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan (JITET)*, no. 13, 2023.
- [9] D. W. d. S. Ilman, "Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis IoT Menggunakan ESP32, Moisture Sensor, DHT22 Sensor dan Blynk," *Jurnal Teknik Mesin, Industri, Elektro dan Informatika (JTMEI)*, no. 3, 2024.
- [10] E. D. U. A. D. d. R. P. N. Aisyah, "Design of an IoT-Based Smart Irrigation System Using Soil Moisture Sensors for Water Efficiency," *Journal Online of Physics*, no. 11, 2024.
- [11] G. A. A. A. K. d. N. D. I. S. Izza, "Optimalisasi Pertumbuhan Tanaman Sawo melalui Pemantauan Kelembaban Tanah Berbasis IoT," *Jurnal Elkolind*, no. 10, 2023.
- [12] R. H. d. A. Prasetyo, "Implementasi LCD OLED pada Sistem Monitoring Berbasis ESP32," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer*, no. 7, 2023.
- [13] I. S. e. al, "Re-Calibration of Model-Based Capacitive Sensor for IoT Soil Moisture Measurements," *JAIC*, no. 7, pp. 150-155, 2023.
- [14] J. S. R. R. Suryono, "Implementasi Teknologi Irigasi Tetes pada Tanaman Jagung Menggunakan Sensor Soil Moisture dan Mikrokontroler ESP32," *MALCOM*, 2024.
- [15] J. M. e. al, "Implementation of IoT-Based Soil Moisture Monitoring System for Chili Plants," *Journal of Artificial Intelligence and Software Engineering*, no. 5, pp. 1023-1036, 2025.

- [16] I. Y. A. e. al, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Kelembapan Tanah dan Suhu Udara Berbasis IoT," *Jurnal SINTA*, no. 3, 2023.
- [17] F. F. A. Okta, "Implementasi Sistem Monitoring Kelembapan Tanah Berbasis Internet of Things," *Journal Of Social Science Research*, no. 5, pp. 10959-10969, 2025.
- [18] J. M. a. M. E. M. Munawaroh, "Implementation of IoT-Based Soil Moisture Monitoring System for Chili Plants," *Journal of Artificial Intelligence and Software Engineering*, no. 5, pp. 1023-1036, 2025.
- [19] W. H. a. S. L. L. Da Xu, "Internet of Things in Industries: A Survey," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 2014.