

Perancangan Alat Ukur Kelembaban Tanah Menggunakan Sensor *Soil Moisture* Berbasis *Internet of Things* untuk Mendukung Pertumbuhan Bibit Unggul Kelapa Sawit

Melani^{1*}, Khairman², Rossiana Br Ginting³

^{1,2,3}Program Studi Ilmu Komputer, Universitas Bina Bangsa Getsempena, Jl. Tanggul Krueng Lamnyong No.34, Rukoh, Kec. Syiah Kuala, Kota Banda Aceh, Aceh 23112, Indonesia

E-mail: melancial@gmail.com

*Corresponding Author



<https://doi.org/10.31004/jerkin.v5i1.7399>

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 04 Jul 2026

Revised: 10 Jul 2026

Accepted: 16 Jul 2026

Kata Kunci:

Internet of Things, ESP32, Sensor Soil Moisture, Telegram Bot, Kelapa Sawit.

Keywords:

Internet of Things, ESP32, Sensor Soil Moisture, Telegram Bot, Kelapa Sawit.



ABSTRACT

Fase pembibitan merupakan tahap kritis dalam budidaya kelapa sawit yang sangat bergantung pada kondisi kelembapan tanah yang optimal. Pemantauan kelembapan tanah secara manual yang selama ini dilakukan memiliki keterbatasan berupa kurangnya akurasi, tidak bersifat real-time, serta membutuhkan banyak tenaga kerja. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan alat ukur kelembapan tanah berbasis notifikasi menggunakan sensor *Soil Moisture* pada mikrokontroler ESP32 guna mendukung pertumbuhan bibit unggul kelapa sawit. Sistem yang dikembangkan menggunakan sensor *Soil Moisture* kapasitif yang terhubung ke pin GPIO 34 pada ESP32 DevKit V1. Data kelembapan tanah dibaca setiap 5 detik dengan teknik rata-rata 10 kali pembacaan untuk menstabilkan nilai ADC, kemudian dikonversi ke persentase kelembapan menggunakan fungsi pemetaan dengan rentang $ADC_KERING = 3500$ dan $ADC_BASAH = 500$. Sistem dilengkapi indikator lokal berupa LED dan *buzzer*, notifikasi jarak jauh melalui Telegram Bot API, serta penyimpanan data historis di Google Sheets menggunakan Google Apps Script. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor berhasil membedakan lima kategori kondisi tanah secara akurat. Indikator LED dan *buzzer* bekerja 100% sesuai dengan kondisi tanah yang terdeteksi. Pengiriman data ke Google Sheets berhasil dengan tingkat keberhasilan 100% dan waktu respons rata-rata 1,14 detik. Notifikasi Telegram berhasil terkirim dalam waktu kurang dari 3 detik saat kondisi tanah berada di luar batas optimal.

The seedling phase is a critical stage in oil palm cultivation, highly dependent on optimal Soil Moisture. Manual Soil Moisture monitoring, as practiced to date, has limitations, including low accuracy, lack of real-time data, and labor-intensive nature. This study aims to design and implement a notification-based Soil Moisture measurement device using a Soil Moisture sensor on an ESP32 microcontroller to support the growth of high-quality oil palm seedlings. The developed system uses a capacitive Soil Moisture sensor connected to GPIO pin 34 on the ESP32 DevKit V1. Soil Moisture data is read every 5 seconds using a technique that averages 10 readings to stabilize the ADC value, then converted to a moisture percentage using a mapping function with the range $ADC_DRY = 3500$ and $ADC_WET = 500$. The system is equipped with local indicators—an LED and a buzzer—as well as remote notifications via the Telegram Bot API and historical data storage in Google Sheets via Google Apps Script. Test results show that the sensor successfully and accurately distinguishes between five categories of soil conditions. The LED and buzzer indicators functioned 100% in accordance with the detected soil conditions. Data transmission to Google Sheets achieved a 100% success rate and an average response time of 1.14 seconds. Telegram notifications were successfully sent within 3 seconds when soil conditions were outside the optimal range.



This is an open access article under the CC-BY-SA license.

How to Cite: Melani, et al. (2026), Perancangan Alat Ukur Kelembaban Tanah Menggunakan Sensor *Soil Moisture* Berbasis *Internet of Things* untuk Mendukung Pertumbuhan Bibit Unggul Kelapa Sawit, 5(1). <https://doi.org/10.31004/jerkin.v5i1.7399>

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia, dengan luas areal perkebunan yang telah melampaui 15 juta hektar. Keberhasilan budidaya kelapa sawit sangat ditentukan oleh kualitas fase pembibitan yang terbagi menjadi *pre-nursery* (0–3 bulan) dan *main-nursery* (3–12 bulan). Pada kedua fase ini, bibit sangat rentan terhadap perubahan kelembapan tanah; kondisi yang terlalu kering maupun terlalu basah dapat menyebabkan kegagalan tumbuh secara massal yang berujung pada kerugian finansial yang signifikan bagi pengelola perkebunan (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2025).

Berdasarkan observasi lapangan di lokasi penelitian, pengelolaan kelembapan tanah pada area pembibitan masih sepenuhnya bergantung pada penilaian subjektif tenaga kerja melalui perabaan permukaan media tanam. Metode ini tidak akurat dan sangat bergantung pada ketersediaan tenaga kerja di lokasi, sehingga kondisi tanah dapat berubah menjadi ekstrem tanpa terdeteksi secara tepat waktu. Kondisi tanah yang kering maupun jenuh air yang terlambat ditangani berdampak langsung pada tingginya angka kematian bibit pada fase pembibitan kelapa sawit (Wati et al., 2022).

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) membuka peluang penerapan smart farming untuk mengatasi permasalahan tersebut. Beberapa penelitian terdahulu telah membuktikan efektivitas pendekatan ini (Khanna & Kaur, 2019). Effendi et al. (2024) merancang sistem monitoring kelembapan tanah untuk pembibitan kelapa sawit berbasis IoT yang membuktikan efektivitas sensor di area pembibitan, namun belum berfokus pada alat ukur yang sederhana dan terjangkau. Laksono et al. (2024) mengembangkan pemantauan kelembapan tanah berbasis IoT melalui metode R&D, namun belum diterapkan secara spesifik dalam konteks pembibitan kelapa sawit. Mahfud (2023) membangun sistem monitoring menggunakan NodeMCU ESP8266, namun belum mengintegrasikan notifikasi otomatis dan penyimpanan data historis.

Berdasarkan identifikasi gap penelitian tersebut, penelitian ini mengusulkan perancangan alat ukur kelembapan tanah berbasis IoT yang mengintegrasikan ESP32, sensor kelembapan tanah kapasitif, notifikasi Telegram Bot API, dan penyimpanan di Google Sheets dalam satu sistem terpadu. *Novelty* penelitian ini terletak pada mekanisme *counter* tiga kali pembacaan berurutan dan *cooldown* lima menit untuk mencegah notifikasi berlebih, sehingga sistem lebih praktis digunakan oleh pengelola kebun sehari-hari tanpa biaya berlangganan pada platform IoT komersial.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan pendekatan kuantitatif. R&D adalah metode yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji efektivitasnya (Sugiyono, 2022). Produk yang dihasilkan adalah prototipe sistem pemantauan kelembapan tanah berbasis IoT. Tahapan penelitian meliputi: (1) analisis kebutuhan, (2) perancangan sistem, (3) implementasi, dan (4) pengujian.

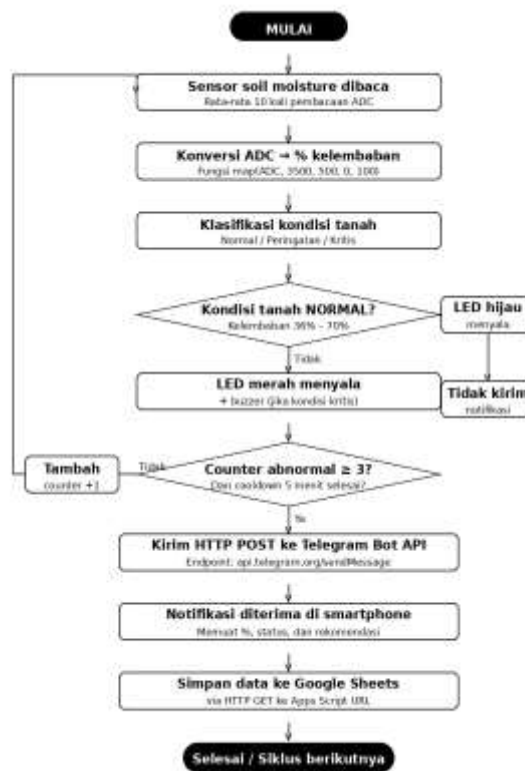
Analisis Kebutuhan

Analisis kebutuhan dilakukan melalui wawancara dengan pemilik kebun, observasi lapangan, dan studi literatur. Hasil analisis menetapkan bahwa sistem harus mampu: membaca kelembapan tanah setiap 5 detik, mengklasifikasikan 5 kategori kondisi tanah, mengirim notifikasi dalam waktu kurang dari 5 detik, menyimpan data historis, serta menyediakan indikator LED dan *buzzer* lokal (Wahyudi et al., 2025).

Perancangan Sistem

Sistem dirancang dengan arsitektur tiga lapisan (*three-tier architecture*): lapisan perangkat (ESP32 + sensor), lapisan konektivitas (Wi-Fi), dan lapisan aplikasi (Telegram Bot + Google Sheets). Sensor *Soil Moisture* kapasitif dihubungkan ke pin GPIO 34 yang merupakan pin ADC1 sehingga tidak mengganggu aktivitas Wi-Fi. LED hijau, LED merah, dan *buzzer* masing-masing terhubung ke GPIO 27, 25, dan 26 (Telegram, 2026).

Alur kerja sistem notifikasi dirancang dengan mekanisme *counter* dan *cooldown*. Notifikasi hanya dikirim apabila kondisi abnormal terdeteksi secara konsisten minimal tiga kali pembacaan berturut-turut, dengan jarak waktu lebih dari lima menit sejak notifikasi terakhir. Gambar 1 mengilustrasikan diagram alur notifikasi sistem (Burkart & Huber, 2021).



Gambar 1. Diagram Alur Notifikasi Sistem

Implementasi

Implementasi perangkat keras dilakukan dengan menghubungkan seluruh komponen sesuai skema *wiring* yang telah dirancang menggunakan *breadboard*. Firmware ESP32 dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa C/C++ yang mencakup logika pembacaan sensor, konversi ADC ke persentase kelembapan menggunakan fungsi `map(ADC, 3500, 500, 0, 100)`, klasifikasi kondisi tanah, kontrol indikator, serta komunikasi HTTPS ke Telegram Bot API dan Google Apps Script (Ella et al., 2026; Gustia et al., 2025).

Pengujian

Pengujian dilakukan secara bertahap meliputi: pengujian akurasi sensor *Soil Moisture* pada lima kategori kondisi tanah, pengujian indikator LED dan *buzzer*, pengujian pengiriman data ke Google Sheets, serta pengujian notifikasi Telegram. Setiap pengujian dicatat dalam tabel yang memuat skenario pengujian, hasil yang diharapkan, hasil aktual, serta status keberhasilan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi sistem menghasilkan prototipe yang terdiri dari ESP32 DevKit V1, sensor *Soil Moisture* kapasitif, dua LED indikator, dan *buzzer* aktif yang terpasang pada media pembibitan kelapa sawit. Firmware berhasil dikembangkan dan diuji secara menyeluruh pada seluruh skenario pengujian yang telah ditetapkan.

Hasil Pengujian Sensor Soil Moisture

Sensor berhasil membedakan lima kategori kondisi tanah secara akurat sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1. Nilai ADC yang tinggi (mendekati 4095) mengindikasikan tanah kering, sedangkan nilai ADC yang rendah mengindikasikan tanah basah atau jenuh air.

Tabel 1. Klasifikasi Kondisi Tanah Berdasarkan Nilai ADC Sensor

No	Kondisi Tanah	Rentang ADC	Kelembaban (%)	Indikator
1	Sangat Kering	3500–4095	0–15%	Merah+Buzzer
2	Kering	2500–3499	16–35%	Merah+Buzzer
3	Normal	1200–2499	36–70%	Hijau

4	Sangat Lembab	500–1199	71–90%	Merah
5	Jenuh Air	0–499	91–100%	Merah

Hasil Pengujian Indikator LED dan Buzzer

Pengujian indikator LED dan *buzzer* dilakukan pada masing-masing dari lima kategori kondisi tanah. Hasil pengujian menunjukkan LED hijau menyala pada kondisi normal (kelembapan 36–70%), LED merah menyala pada kondisi sangat lembap dan jenuh air, serta LED merah disertai *buzzer* aktif pada kondisi kering dan sangat kering. Akurasi respons indikator mencapai 100% pada seluruh skenario pengujian yang dilakukan, membuktikan keandalan sistem kontrol indikator lokal.

Hasil Pengujian Pengiriman Data ke Google Sheets

Pengujian pengiriman data ke Google Sheets dilakukan dengan 10 kali percobaan pengiriman data kelembapan melalui HTTP GET ke Google Apps Script Web App. Hasil pengujian menunjukkan tingkat keberhasilan pengiriman sebesar 100% dengan waktu respons rata-rata 1,14 detik per pengiriman. Data yang tersimpan memuat timestamp, nilai ADC, persentase kelembapan, dan status kondisi tanah dalam format terstruktur, sehingga pengelola dapat memantau tren kelembapan secara historis kapan saja.

Hasil Pengujian Notifikasi Telegram

Pengujian notifikasi Telegram dilakukan dengan mensimulasikan kondisi tanah abnormal dan mengukur waktu dari terdeteksinya kondisi kritis hingga notifikasi diterima pada smartphone pengelola. Hasil pengujian menunjukkan notifikasi berhasil terkirim dan diterima dalam waktu rata-rata kurang dari 3 detik, jauh di bawah batas waktu 5 detik yang ditetapkan pada tahap analisis kebutuhan. Mekanisme *counter* tiga kali pembacaan berurutan dan *cooldown* lima menit berhasil mencegah notifikasi berulang akibat fluktuasi pembacaan sesaat.

Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu

Dibandingkan dengan penelitian Effendi et al. (2024) dan Laksono et al. (2024), sistem yang dikembangkan menawarkan integrasi yang lebih lengkap antara sensor, notifikasi real-time, dan penyimpanan data historis tanpa memerlukan biaya platform IoT komersial. Penggunaan ESP32 memberikan resolusi ADC lebih tinggi dibandingkan ESP8266 yang digunakan (Mahfud, 2023). Keunggulan utama penelitian ini adalah mekanisme antispam notifikasi yang belum ditemukan pada penelitian-penelitian pembandingan, sehingga sistem ini lebih praktis digunakan dalam kehidupan sehari-hari.

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan alat ukur kelembapan tanah berbasis IoT menggunakan sensor *Soil Moisture* kapasitif yang terintegrasi dengan ESP32, Telegram Bot API, dan Google Sheets untuk mendukung pertumbuhan bibit unggul kelapa sawit. Hasil pengujian membuktikan bahwa sensor mampu mengklasifikasikan lima kategori kondisi tanah secara akurat. Indikator LED dan *buzzer* bekerja 100% sesuai dengan kondisi yang terdeteksi. Data berhasil dikirim ke Google Sheets dengan tingkat keberhasilan 100% dan waktu respons rata-rata 1,14 detik, serta notifikasi Telegram diterima oleh pengelola dalam waktu kurang dari 3 detik. Mekanisme *counter* dan *cooldown* terbukti efektif untuk mencegah notifikasi berlebihan. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan sistem ini dengan menambahkan kontrol penyiraman otomatis serta integrasi sensor lingkungan tambahan, seperti suhu udara dan intensitas cahaya, untuk pengambilan keputusan yang lebih komprehensif.

REFERENSI

- Burkart, N., & Huber, M. F. (2021). A survey on the explainability of supervised machine learning. *Journal of Artificial Intelligence Research*, 70, 245–317. <https://doi.org/10.1613/JAIR.1.12228>
- Direktorat Jenderal Perkebunan. (2025). *Laporan Kinerja*. <https://ditjenbun.pertanian.go.id/template/uploads/2026/03/LAKIN-DITJENBUN-2025.pdf>
- Effendi, N., Dedi Handoko, Fauzan Azim, & Fitri Farida. (2024). Rancangan sistem monitoring kelembapan tanah pembibitan kelapa sawit berbasis *Internet of Things*. *Jurnal CoSciTech (Computer Science and Information Technology)*, 5(2), 358–366. <https://doi.org/10.37859/coscitech.v5i2.7572>

- Ella, W. ode denada mar, Biabdillah, F., Wajiansyah, A., & Mulia, A. (2026). Smartsoil: Sistem Monitoring Kelembaban Tanah Berbasis *Internet of Things* (Iot) Menggunakan Esp32 Dan Sensor *Soil Moisture*. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 14(1). <https://doi.org/10.23960/jitet.v14i1.8788>
- Gustia, R., Febriani, W., Hasanah, M., & Fradana, A. (2025). Perancangan Smart Home Berbasis Iot Menggunakan Esp32, Telegram dan Spreadsheet. *Jurnal Pustaka AI (Pusat Akses Kajian Teknologi Artificial Intelligence)*, 5(3), 695–700. https://www.researchgate.net/publication/403518034_Perancangan_Smart_Home_Berbasis_Iot_Menggunakan_Esp32_Telegram_dan_Spreadsheet
- Khanna, A., & Kaur, S. (2019). Evolution of *Internet of Things* (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 157, 218–231. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.039>
- Laksono, I. L., Kynta, D. P., Fadli, M., Wijaya, V., & Hermanto, D. (2024). Pemantauan Kelembaban tanah Berbasis IoT Menggunakan Sensor *Soil Moisture*. *Jurnal Algoritme*, 5(1), 24–34. <https://doi.org/10.35957/algoritme.v5i1.8961>
- Mahfud, F. (2023). Sistem Monitoring Kelembaban Tanah dengan Sensor *Soil Moisture* Berbasis *Internet of Things*. *Jurnal Informatika Polinema*, 10(1). <https://doi.org/10.33795/jip.v10i1.1536>
- Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian : Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D* (Cet 27). Alfabeta.
- Telegram. (2026). *Telegram Bot API*. Telegram. <https://core.telegram.org/bots/api>
- Wahyudi, W., Pradana, A. I., & Permatasari, H. (2025). Implementasi Sistem Irigasi Otomatis Berbasis IoT untuk Pertanian Greenhouse. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Indonesia*, 5(2). <https://doi.org/10.52436/1.jpti.656>
- Wati, S., Dedy Irawan, J., & Agus Pranoto, Y. (2022). Rancang Bangun Pembibitan Kelapa Sawit Berbasis Iot(*Internet of Things*). *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 6(1), 145–153. <https://doi.org/10.36040/jati.v6i1.4509>