

SOSIALISASI DAN PELATIHAN SMART PLANTATION BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) MENGGUNAKAN ESP32 UNTUK MONITORING KELEMBABAN TANAH PADA KELOMPOK TANI KELAPA SAWIT

**Raden Aris Sugianto¹⁾, Ritna Wahyuni²⁾, Ratu Mutiara Siregar³⁾, Andi Prayogi⁴⁾,
Sri Lestari Rahayu⁵⁾**

^{1,2,3,4,5} Sistem dan Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sawit Indonesia, Medan
Email : radenaris@itsi.ac.id

Abstrak

Perkebunan kelapa sawit merupakan salah satu sektor strategis yang berperan penting dalam mendukung perekonomian nasional. Namun, pengelolaan lahan oleh kelompok tani masih menghadapi berbagai kendala, salah satunya adalah keterbatasan dalam memantau kondisi kelembaban tanah secara berkala sehingga penyiraman dan pengelolaan tanaman belum dilakukan secara optimal. Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan kelompok tani kelapa sawit dalam memanfaatkan teknologi Smart Plantation berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai sistem monitoring kelembaban tanah secara real-time. Metode pelaksanaan meliputi tahap identifikasi kebutuhan mitra, sosialisasi konsep Smart Plantation dan IoT, pelatihan perakitan perangkat ESP32 yang terintegrasi dengan sensor kelembaban tanah, praktik penggunaan sistem monitoring, serta evaluasi pemahaman peserta melalui diskusi dan demonstrasi. Hasil kegiatan menunjukkan bahwa peserta mampu memahami konsep dasar IoT, mengoperasikan sistem monitoring kelembaban tanah berbasis ESP32, serta menyadari pentingnya penerapan teknologi digital dalam mendukung pengelolaan perkebunan kelapa sawit yang lebih efektif, efisien, dan berkelanjutan. Kegiatan ini diharapkan dapat mendorong transformasi digital pada sektor perkebunan melalui penerapan teknologi Smart Plantation yang sesuai dengan kebutuhan kelompok tani.

Kata kunci: Smart Plantation, Internet of Things, ESP32, Kelembaban Tanah, Kelapa Sawit



Karya ini dilisensikan di bawah [Creative Commons Attribution 4.0 International License](#).

PENDAHULUAN

Perkebunan kelapa sawit merupakan salah satu sektor strategis yang berkontribusi besar terhadap pertumbuhan ekonomi Indonesia melalui peningkatan devisa negara, penyerapan tenaga kerja, serta pengembangan ekonomi masyarakat di wilayah pedesaan. Produktivitas tanaman kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh kualitas pengelolaan lahan, termasuk kondisi kelembaban tanah yang berperan penting dalam proses penyerapan air dan unsur hara oleh tanaman. Pengelolaan kelembaban tanah yang tidak optimal dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman terganggu dan berdampak pada penurunan hasil produksi. Oleh karena itu, diperlukan penerapan teknologi yang mampu membantu petani dalam melakukan monitoring kondisi lahan secara lebih efektif dan akurat [1], [2].

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah memberikan berbagai inovasi pada sektor pertanian melalui konsep Smart Agriculture maupun Smart Plantation. IoT memungkinkan berbagai perangkat sensor terhubung melalui jaringan internet sehingga

Di Ajukan 12 Juni 2026 – **Diterima** 2 Juli 2026 – **Diterbitkan** 20 Juli 2026

Diterbitkan Oleh :

mampu mengumpulkan, mengirimkan, dan menampilkan data lingkungan secara real-time. Salah satu perangkat yang banyak digunakan dalam pengembangan sistem IoT adalah ESP32, yaitu mikrokontroler yang telah dilengkapi dengan modul Wi-Fi dan Bluetooth sehingga mudah diintegrasikan dengan berbagai sensor, termasuk sensor kelembaban tanah. Penggunaan ESP32 menjadi salah satu alternatif yang ekonomis, mudah dikembangkan, serta sesuai untuk diterapkan pada kegiatan pemberdayaan masyarakat karena memiliki biaya implementasi yang relatif rendah [3], [4].

Beberapa penelitian terdahulu melaporkan bahwa penerapan teknologi IoT pada sektor pertanian mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air, mempermudah proses monitoring kondisi lahan, serta mendukung pengambilan keputusan berbasis data. Sistem monitoring kelembaban tanah berbasis sensor juga terbukti mampu memberikan informasi kondisi tanah secara cepat sehingga penyiraman dapat dilakukan sesuai kebutuhan tanaman. Selain itu, penerapan konsep Smart Plantation menjadi salah satu bentuk transformasi digital pada sektor perkebunan yang mendukung pertanian presisi (*precision agriculture*) dan pengelolaan sumber daya yang lebih efisien [5],[7].

Meskipun demikian, hasil observasi awal pada kelompok tani kelapa sawit menunjukkan bahwa sebagian besar petani masih melakukan pemantauan kondisi lahan secara manual berdasarkan pengalaman dan pengamatan visual. Pemanfaatan teknologi digital, khususnya Internet of Things, masih sangat terbatas karena kurangnya pengetahuan mengenai konsep Smart Plantation, minimnya pengalaman dalam menggunakan perangkat IoT, serta belum tersedianya kegiatan pelatihan yang memberikan praktik langsung kepada petani. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan antara perkembangan teknologi digital di bidang perkebunan dengan kemampuan masyarakat dalam mengadopsi teknologi tersebut sebagai pendukung aktivitas budidaya [8].

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan suatu kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat yang tidak hanya memberikan sosialisasi mengenai konsep Smart Plantation, tetapi juga membekali kelompok tani dengan keterampilan praktis dalam memanfaatkan teknologi Internet of Things menggunakan perangkat ESP32 sebagai sistem monitoring kelembaban tanah. Melalui kegiatan ini, peserta diberikan pemahaman mengenai prinsip kerja sensor kelembaban tanah, proses integrasi sensor dengan ESP32, serta cara membaca dan memanfaatkan data hasil monitoring sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pengelolaan lahan perkebunan.

Kebaruan dari kegiatan pengabdian ini terletak pada penerapan metode pelatihan berbasis praktik (*hands-on training*) yang mengintegrasikan konsep Smart Plantation dengan teknologi Internet of Things menggunakan ESP32 sebagai media pembelajaran bagi kelompok tani kelapa sawit. Berbeda dengan kegiatan penyuluhan yang umumnya hanya berfokus pada penyampaian teori, kegiatan ini memberikan pengalaman langsung kepada peserta dalam merakit, mengoperasikan, dan menguji sistem monitoring kelembaban tanah sehingga diharapkan mampu meningkatkan literasi digital sekaligus mempercepat adopsi teknologi pada sektor perkebunan.

Tujuan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini adalah meningkatkan pengetahuan dan keterampilan kelompok tani kelapa sawit mengenai penerapan Smart Plantation berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32 untuk monitoring kelembaban tanah secara real-time. Selain itu, kegiatan ini diharapkan dapat meningkatkan kesadaran petani terhadap pentingnya pemanfaatan teknologi digital dalam mendukung pengelolaan perkebunan yang lebih efektif, efisien, dan berkelanjutan serta menjadi langkah awal menuju implementasi pertanian cerdas (*Smart Plantation*) di lingkungan perkebunan kelapa sawit.

METODE PENGABDIAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat (PkM) ini menggunakan pendekatan Participatory Learning and Action (PLA) yang menekankan keterlibatan aktif peserta dalam setiap tahapan kegiatan melalui sosialisasi, pelatihan, praktik langsung (*hands-on training*), diskusi, dan evaluasi. Pendekatan ini dipilih agar kelompok tani tidak hanya memperoleh pemahaman konseptual mengenai *Smart Plantation* dan *Internet of Things* (IoT), tetapi juga mampu mengoperasikan perangkat monitoring kelembaban tanah secara mandiri.

Rancangan kegiatan terdiri atas lima tahapan, yaitu identifikasi kebutuhan mitra, persiapan kegiatan, sosialisasi dan pelatihan, praktik implementasi sistem monitoring berbasis IoT, dan evaluasi kegiatan. Tahap identifikasi dilakukan melalui observasi lapangan dan diskusi bersama kelompok tani untuk mengetahui kondisi pengelolaan perkebunan serta tingkat pemahaman peserta terhadap teknologi digital. Selanjutnya dilakukan persiapan materi, perangkat pelatihan, serta instalasi sistem monitoring berbasis ESP32. Tahap sosialisasi difokuskan pada penyampaian materi mengenai konsep *Smart Plantation*, *Internet of Things* (IoT), serta manfaat penerapan teknologi digital pada sektor perkebunan kelapa sawit. Tahap praktik dilakukan melalui demonstrasi pemasangan sensor kelembaban tanah, konfigurasi mikrokontroler ESP32, proses pengambilan data, hingga pemantauan kondisi tanah secara *real-time*. Pada tahap akhir dilakukan evaluasi terhadap tingkat pemahaman dan keterampilan peserta setelah mengikuti seluruh rangkaian kegiatan.

Ruang lingkup kegiatan meliputi peningkatan kapasitas kelompok tani kelapa sawit dalam memahami konsep *Smart Plantation*, penggunaan perangkat *Internet of Things*, serta penerapan sistem monitoring kelembaban tanah berbasis ESP32 sebagai pendukung pengelolaan perkebunan yang lebih efektif dan efisien. Objek kegiatan adalah anggota kelompok tani kelapa sawit yang menjadi mitra Pengabdian kepada Masyarakat.

Peralatan utama yang digunakan dalam kegiatan ini meliputi mikrokontroler ESP32, sensor kelembaban tanah (*Soil Moisture Sensor*), kabel *jumper*, *breadboard*, catu daya (*power supply*), komputer/laptop, jaringan internet (*Wi-Fi hotspot*), proyektor, serta perangkat lunak Arduino IDE untuk proses pemrograman mikrokontroler. Selain itu digunakan modul pelatihan, bahan presentasi, lembar evaluasi peserta, dan dokumentasi kegiatan sebagai bahan pendukung pelaksanaan pengabdian.

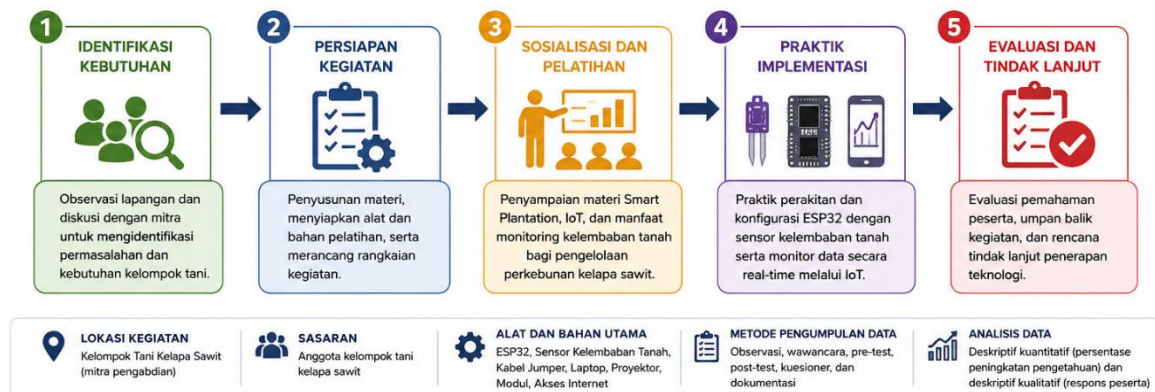
Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat dilaksanakan pada Kelompok Tani Kelapa Sawit sebagai mitra kegiatan. Pemilihan lokasi didasarkan pada kebutuhan mitra terhadap peningkatan pemanfaatan teknologi digital dalam mendukung pengelolaan perkebunan, khususnya pada proses monitoring kelembaban tanah.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, dokumentasi, serta penyebaran kuesioner sebelum (*pre-test*) dan sesudah (*post-test*) pelaksanaan kegiatan. Observasi digunakan untuk mengidentifikasi kondisi awal mitra, sedangkan wawancara dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai permasalahan yang dihadapi dalam pengelolaan perkebunan. Dokumentasi digunakan untuk merekam seluruh proses kegiatan, sementara kuesioner digunakan untuk mengukur peningkatan pengetahuan dan pemahaman peserta terhadap materi yang diberikan.

Variabel yang diamati dalam kegiatan ini meliputi tingkat pengetahuan peserta mengenai *Smart Plantation* dan *Internet of Things*, kemampuan peserta dalam mengoperasikan sistem monitoring kelembaban tanah berbasis ESP32, serta tingkat pemahaman peserta terhadap pemanfaatan data hasil monitoring dalam pengelolaan perkebunan kelapa sawit. Indikator keberhasilan kegiatan ditunjukkan oleh meningkatnya nilai hasil evaluasi peserta, kemampuan

peserta dalam mengoperasikan perangkat secara mandiri, serta meningkatnya pemahaman mengenai penerapan teknologi IoT pada sektor perkebunan.

Teknik analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dan deskriptif kualitatif. Data hasil kuesioner dianalisis menggunakan persentase untuk mengetahui tingkat peningkatan pengetahuan peserta sebelum dan sesudah pelatihan. Sementara itu, data hasil observasi, wawancara, diskusi, dan dokumentasi dianalisis secara deskriptif untuk menggambarkan perubahan pemahaman, keterampilan, serta respons peserta terhadap implementasi Smart Plantation berbasis Internet of Things (IoT). Hasil analisis tersebut digunakan sebagai dasar dalam mengevaluasi efektivitas pelaksanaan kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat serta sebagai rekomendasi untuk pengembangan kegiatan serupa pada masa mendatang.



Gambar 1. Metode Pelaksanaan Pengabdian Kepada Masyarakat

HASIL DAN DISKUSI

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat dengan judul "Sosialisasi dan Pelatihan Smart Plantation Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan ESP32 untuk Monitoring Kelembaban Tanah pada Kelompok Tani Kelapa Sawit" telah dilaksanakan sesuai dengan tahapan yang direncanakan. Kegiatan ini bertujuan meningkatkan pengetahuan dan keterampilan kelompok tani dalam memanfaatkan teknologi Internet of Things sebagai pendukung pengelolaan perkebunan kelapa sawit yang lebih efektif dan efisien.

Berdasarkan hasil observasi awal, sebagian besar peserta belum mengenal konsep *Smart Plantation*, belum memahami prinsip kerja Internet of Things (IoT), serta belum pernah menggunakan perangkat monitoring kelembaban tanah berbasis sensor. Pengelolaan kelembaban tanah masih dilakukan secara manual berdasarkan pengalaman sehingga keputusan penyiraman belum didasarkan pada data kondisi tanah secara aktual. Kondisi tersebut menunjukkan perlunya peningkatan literasi digital melalui kegiatan sosialisasi dan pelatihan yang terstruktur.

Tahap pertama kegiatan diawali dengan penyampaian materi mengenai konsep Smart Plantation, Internet of Things (IoT), manfaat sensor kelembaban tanah, serta penerapan teknologi digital pada sektor perkebunan kelapa sawit. Peserta mengikuti kegiatan secara aktif melalui diskusi interaktif mengenai permasalahan yang selama ini dihadapi dalam pengelolaan lahan. Antusiasme peserta terlihat dari banyaknya pertanyaan mengenai implementasi teknologi IoT yang dapat diterapkan secara sederhana dengan biaya yang relatif terjangkau.

Tahap berikutnya adalah praktik penggunaan perangkat ESP32 yang diintegrasikan dengan sensor kelembaban tanah. Pada sesi ini peserta diperkenalkan dengan komponen utama sistem, proses perakitan perangkat, pemrograman menggunakan Arduino IDE, hingga proses pengiriman data sensor secara *real-time*. Selanjutnya peserta melakukan simulasi pembacaan

nilai kelembaban tanah pada beberapa kondisi media tanam sehingga dapat memahami perubahan nilai sensor sesuai tingkat kadar air tanah.

Gambar 2 menunjukkan proses sosialisasi dan pelatihan Smart Plantation berbasis Internet of Things kepada kelompok tani kelapa sawit.



Gambar 2. Sosialisasi dan Pelatihan Smart Plantation Berbasis IoT kepada Kelompok Tani Kelapa Sawit

Selanjutnya dilakukan demonstrasi sistem monitoring kelembaban tanah menggunakan ESP32 yang terhubung dengan sensor kelembaban tanah. Sistem mampu membaca kondisi kelembaban tanah secara real-time sehingga peserta dapat mengetahui perubahan nilai kelembaban secara langsung. Hasil demonstrasi menunjukkan bahwa teknologi IoT dapat dimanfaatkan sebagai media monitoring yang mudah digunakan dan berpotensi membantu petani dalam menentukan waktu penyiraman secara lebih tepat.

Gambar 3 menunjukkan implementasi perangkat ESP32 dan sensor kelembaban tanah pada saat demonstrasi sistem monitoring.



Gambar 3. Implementasi ESP32 dan Sensor Kelembaban Tanah Sebagai Sistem Monitoring

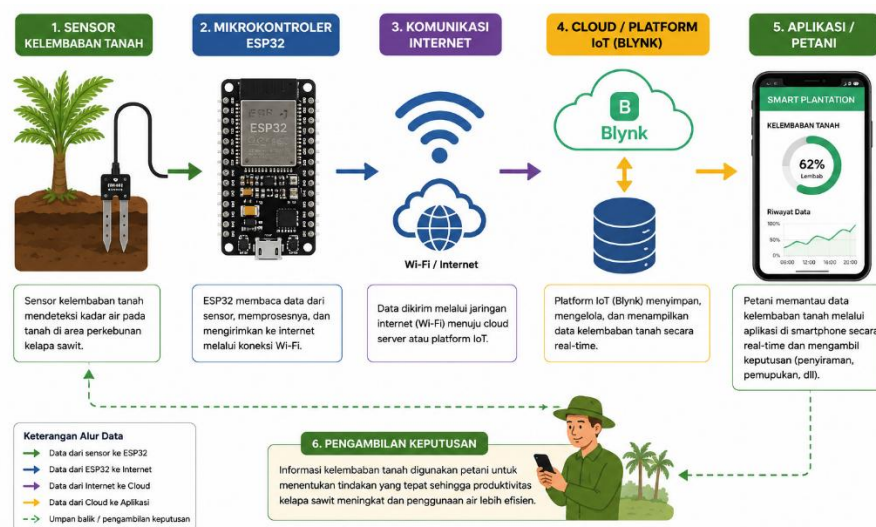
Evaluasi kegiatan dilakukan melalui *pre-test* dan *post-test* untuk mengukur peningkatan pemahaman peserta terhadap materi yang telah diberikan. Hasil evaluasi menunjukkan adanya peningkatan pengetahuan peserta setelah mengikuti kegiatan sosialisasi dan pelatihan. Selain

itu, sebagian besar peserta telah mampu mengidentifikasi fungsi setiap komponen, memahami cara kerja sensor kelembaban tanah, serta mengoperasikan sistem monitoring secara mandiri.

Tabel 1. Hasil Evaluasi Peserta

No	Aspek Penilaian	Sebelum Pelatihan	Sesudah Pelatihan
1	Memahami konsep Smart Plantation	30%	92%
2	Memahami Internet of Things	25%	90%
3	Mengenal ESP32	18%	88%
4	Memahami sensor kelembaban tanah	20%	91%
5	Mampu mengoperasikan sistem	10%	85%

Berdasarkan hasil evaluasi tersebut terlihat bahwa kegiatan memberikan dampak positif terhadap peningkatan kompetensi peserta. Peningkatan terbesar terjadi pada kemampuan memahami konsep Smart Plantation dan penerapan Internet of Things pada sektor perkebunan. Selain memperoleh pengetahuan teoritis, peserta juga memiliki pengalaman praktik secara langsung sehingga lebih mudah memahami proses implementasi teknologi di lapangan.



Gambar 4. Arsitektur Sistem Smart Plantation Berbasis internet of Things Menggunakan ESP32

Gambar 4 menunjukkan kegiatan demonstrasi penggunaan sistem monitoring kelembaban tanah berbasis ESP32 yang dilakukan secara langsung kepada kelompok tani kelapa sawit. Pada sesi ini, peserta mengamati proses pembacaan data sensor, pengiriman data melalui jaringan internet, hingga visualisasi hasil monitoring secara *real-time*. Melalui praktik tersebut, peserta memperoleh pengalaman langsung dalam mengoperasikan perangkat IoT sehingga mampu memahami implementasi teknologi Smart Plantation sebagai pendukung pengelolaan perkebunan yang lebih efektif, efisien, dan berkelanjutan.

KESIMPULAN

Kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat yang berjudul "Sosialisasi dan Pelatihan Smart Plantation Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan ESP32 untuk Monitoring

Kelembaban Tanah pada Kelompok Tani Kelapa Sawit" telah terlaksana dengan baik sesuai dengan tahapan yang telah direncanakan. Kegiatan ini berhasil meningkatkan pengetahuan dan pemahaman peserta mengenai konsep Smart Plantation, Internet of Things (IoT), serta pemanfaatan mikrokontroler ESP32 dan sensor kelembaban tanah sebagai sistem monitoring kondisi lahan secara *real-time*. Melalui kegiatan sosialisasi, pelatihan, dan praktik langsung, peserta memperoleh pengalaman dalam mengoperasikan perangkat IoT, memahami proses monitoring kelembaban tanah, serta menginterpretasikan data hasil pengukuran sebagai dasar pengambilan keputusan dalam pengelolaan perkebunan kelapa sawit. Pendekatan *Participatory Learning and Action (PLA)* yang diterapkan mampu meningkatkan partisipasi aktif peserta sehingga proses transfer pengetahuan berlangsung lebih efektif. Hasil evaluasi menunjukkan adanya peningkatan kompetensi peserta dalam memahami teknologi Smart Plantation dan kesiapan untuk mengadopsi teknologi digital dalam mendukung aktivitas perkebunan. Penerapan sistem monitoring berbasis ESP32 memberikan alternatif solusi yang sederhana, ekonomis, dan mudah diimplementasikan oleh kelompok tani untuk meningkatkan efektivitas pemantauan kelembaban tanah serta mendukung pengelolaan perkebunan yang lebih efisien dan berkelanjutan. Secara keseluruhan, kegiatan ini memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan literasi digital kelompok tani kelapa sawit serta menjadi langkah awal dalam mendorong transformasi menuju Smart Plantation berbasis Internet of Things. Ke depan, sistem yang telah diperkenalkan dapat dikembangkan lebih lanjut dengan integrasi platform *cloud*, aplikasi bergerak, serta sistem penyiraman otomatis guna mendukung penerapan pertanian cerdas yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

Penulisan naskah dan kutipan yang diacu dalam naskah ini dianjurkan menggunakan pengelola referensi seperti Mendeley , Zotero , Reffwork , Endnote dan lain-lain .

- [1] J. Lloret, S. Sendra, L. Garcia, and J. M. Jimenez, "A Wireless Sensor Network Deployment for Soil Moisture Monitoring in Precision Agriculture," *Sensors*, vol. 21, no. 21, p. 7243, 2021. doi:10.3390/s21217243.
- [2] D. Mar Ella, F. Biabdillah, A. Wajiansyah, and A. Mulia, "SMARTSOIL: Sistem Monitoring Kelembaban Tanah Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan ESP32 dan Sensor Soil Moisture," *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 14, no. 1, 2026. doi:10.23960/jitet.v14i1.8788.
- [3] M. Hasnain *et al.*, "IoT-Enabled Adaptive Watering System With ARIMA-Based Soil Moisture Prediction for Smart Agriculture," *IEEE Access*, vol. 13, pp. 27714–27728, 2025. doi:10.1109/ACCESS.2025.3532447.
- [4] P. Conde-Cid *et al.*, "Soil Water Status Monitoring System with Proximal Low-Cost Sensors and LoRa Technology for Smart Water Irrigation in Woody Crops," *Sensors*, vol. 24, no. 24, p. 8104, 2024. doi:10.3390/s24248104.
- [5] Y. Zakaria, I. H. Al Munawaroh, S. N. Widyarningsih, and E. Apriliyanto, "Testing and Evaluation of an IoT-Based Smart Irrigation System for Soil Moisture Monitoring," *Journal of Computer Science and Informatics Engineering*, vol. 5, no. 2, 2026. doi:10.55537/cosie.v5i2.1492.
- [6] A. G. D. Freitas *et al.*, "Internet of Things (IoT) for Soil Moisture Tensiometer Automation," *Micromachines*, vol. 14, no. 2, p. 263, 2023. doi:10.3390/mi14020263.
- [7] M. Esmail Karar, F. Alotaibi, A. Al Rasheed, and O. Reyad, "A Pilot Study of Smart Agricultural Irrigation using Unmanned Aerial Vehicles and IoT-Based Cloud System," *arXiv preprint*, arXiv:2101.01851, 2021.

- [8] N. Wilberforce and J. Mwebaze, “A Framework for IoT-Enabled Smart Agriculture,” *arXiv preprint*, arXiv:2501.17875, 2025.
- [9] A. Hasib and A. S. M. A. Sarkar Akib, “An IoT-Based Smart Plant Monitoring and Irrigation System with Real-Time Environmental Sensing, Automated Alerts, and Cloud Analytics,” *arXiv preprint*, arXiv:2601.15830, 2026.
- [10] Y. E. Kunt, “Development of a Smart Autonomous Irrigation System Using IoT and AI,” *arXiv preprint*, arXiv:2506.11835, 2025.
- [11] S. S. Shukla *et al.*, “IoT-Enabled Soil and Crop Monitoring System Using Low-Cost Smart Sensors for Precision Agriculture,” *Engineering Proceedings*, vol. 118, no. 1, p. 77, 2025. doi:10.3390/ECSA-12-26537.
- [12] L. Da Xu, W. He, and S. Li, “Internet of Things in Industries: A Survey,” *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 10, no. 4, pp. 2233–2243, 2014.
- [13] A. Kamilaris and F. X. Prenafeta-Boldú, “Deep Learning in Agriculture: A Survey,” *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 147, pp. 70–90, 2018.
- [14] M. Ayaz, M. Ammad-Uddin, Z. Sharif, A. Mansour, and E.-H. M. Aggoune, “Internet-of-Things (IoT)-Based Smart Agriculture: Toward Making the Fields Talk,” *IEEE Access*, vol. 7, pp. 129551–129583, 2019.
- [15] S. Wolfert, L. Ge, C. Verdouw, and M.-J. Bogaardt, “Big Data in Smart Farming – A Review,” *Agricultural Systems*, vol. 153, pp. 69–80, 2017.