

**PENERAPAN SISTEM IoT BERBASIS ALAT SOIL PARAMETER
TESTER UNTUK PEMETAAN KELEMBAPAN DAN pH
TANAH PADA PERKEBUNAN KELAPA
SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq)**

Oleh
CAHYO TRI LESTARI



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG**

PALEMBANG

2026

**PENERAPAN SISTEM IoT BERBASIS ALAT SOIL PARAMETER
TESTER UNTUK PEMETAAN KELEMBAPAN DAN pH
TANAH PADA PERKEBUNAN KELAPA
SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq)**

**Oleh
CAHYO TRI LESTARI**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian

**Pada
PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG**

PALEMBANG

2026

Motto :

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya Dia mendapatkan (pahala) dari (kebijakan) yang dikerjakannya dan mendapatkan (siksa) dari (kejahatan) yang diperbuatnya”

(Q.S Al-Baqarah: 286)

“Dan janganlah kamu berjalan di bumi ini dengan sombong, karena sesungguhnya kamu tidak akan dapat menembus bumi dan tidak akan sampai setinggi gunung”

(Q.S Al-Isra: 37)

Puji Syukur kehadiran Allah SWT, Skripsi ini saya persembahkan kepada :

- **Kedua orang tua saya tercinta Bapak Suyitno dan Ibu Sri suparti yang selalu melangitkan doa-doa baik dan menjadikan motivasi untuk saya dalam menyelesaikan skripsi ini. Terimakasih sudah mengantarkan saya sampai ditempat ini, saya persembahkan karya tulis ini dan gelar untuk bapak dan ibu.**
- **Dosen Pembimbing saya Prof. Dr. Supli Effendi Rachim, MSc dan Prof. Dr. Ir. Neni Marlina, M. Si yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan selama proses penyelesaian skripsi ini serta tidak lupa juga dosen penguji saya Ibu Nurbaiti Amir, SE,SP. M.Si dan Ibu Berliana Palmasari, S.Si.,M.Si**
- **Diri saya sendiri, Cahyo Tri Lestari karena telah mampu berusaha dan berjuang sejauh ini.**
- **Para rekan perjuangan di angkatan 2022 Agroteknologi UM Palembang.**
- **Kampusku tercinta.**

RINGKASAN

CAHYO TRI LESTARI, Penerapan Sistem IoT Berbasis Alat Soil Parameter Tester untuk Pemetaan Kelembapan dan pH Tanah pada Perkebunan Kelapa Sawit. (dibimbing oleh **SUPLI EFFENDI RACHIM** dan **NENI MARLINA**).

Penelitian ini bertujuan untuk menerapkan sistem Internet of Things (IoT) berbasis alat *Soil Parameter Tester* dalam pemantauan dan pemetaan kondisi tanah, khususnya parameter pH dan kelembapan tanah pada perkebunan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). Penelitian ini dilatarbelakangi oleh pentingnya kondisi tanah terhadap produktivitas tanaman serta keterbatasan metode konvensional yang belum mampu memberikan data secara real-time. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan pendekatan rekayasa teknologi melalui integrasi sensor pH dan kelembapan tanah dengan mikrokontroler dan aplikasi *Soil Detector*. Pengambilan data dilakukan pada 28 titik sampling di perkebunan kelapa sawit Universitas Muhammadiyah Palembang selama dua bulan dengan tiga kali pengulangan pada setiap titik. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif dan divisualisasikan dalam bentuk pemetaan spasial menggunakan aplikasi pendukung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai pH tanah berada pada kisaran 4,5–6,1 yang tergolong asam hingga agak masam, sedangkan kelembapan tanah berkisar antara 20,1–100% yang menunjukkan variasi kondisi air tanah yang tinggi. Sistem IoT yang dikembangkan mampu melakukan pemantauan secara real-time dengan hasil yang cukup akurat dan konsisten, serta mampu menggambarkan distribusi kondisi tanah secara spasial. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penerapan sistem IoT berbasis *Soil Parameter Tester* efektif dalam mendukung pemantauan kesuburan tanah dan pengelolaan lahan secara presisi. Teknologi ini berpotensi meningkatkan efisiensi pengelolaan kebun kelapa sawit melalui pengambilan keputusan yang lebih cepat dan berbasis data.

SUMMARY

CAHYO TRI LESTARI, Implementation of an IoT-Based System Using a Soil Parameter Tester for Mapping Soil Moisture and pH in Oil Palm Plantations (supervised by **SUPLI EFFENDI RACHIM** and **NENI MARLINA**).

This study aims to implement an Internet of Things (IoT)-based system using a Soil Parameter Tester to monitor and map soil conditions, particularly soil pH and moisture parameters, in oil palm plantations (*Elaeis guineensis* Jacq). This research is motivated by the importance of soil conditions for crop productivity and the limitations of conventional methods, which are not yet capable of providing real-time data. The method used in this study is an experimental approach with a technological engineering perspective through the integration of soil pH and moisture sensors with a microcontroller and the Soil Detector application. Data collection was conducted at 28 sampling points in the oil palm plantation of Universitas Muhammadiyah Palembang over a period of two months, with three repetitions at each point. The data obtained were analyzed descriptively and visualized in the form of spatial mapping using supporting applications. The results showed that soil pH values ranged from 4.5 to 6.1, which are classified as acidic to slightly acidic, while soil moisture ranged from 20.1% to 100%, indicating high variability in soil water conditions. The developed IoT system was able to perform real-time monitoring with relatively accurate and consistent results, as well as to represent the spatial distribution of soil conditions. Based on the results, it can be concluded that the implementation of an IoT-based Soil Parameter Tester system is effective in supporting soil fertility monitoring and precision land management. This technology has the potential to improve the efficiency of oil palm plantation management through faster and data-driven decision-making.

HALAMAN PENGESAHAN

**PENERAPAN SISTEM IoT BERBASIS ALAT SOIL PARAMETER
TESTER UNTUK PEMETAAN KELEMBAPAN DAN pH
TANAH PADA PERKEBUNAN KELAPA
SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq)**

Oleh

**CAHYO TRI LESTARI
422022037**

Telah dipertahankan pada ujian, 23 April 2026

Pembimbing Utama

(Prof. Dr. Supli Effendi Rachim, MSc)

Pembimbing Pendamping

(Prof. Dr. Ir. Neni Marlina, M. Si)

Palembang, 07 Mei 2026

**Dekan,
Fakultas Pertanian
Universitas Muhammadiyah Palembang**

**Dr. Helmizuryani, S.Pi., M.Si
NIDN/NBM : 0210066903/959874**

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Cahyo Tri Lestari
Tempat/Tanggal Lahir : Palembang, 05 Mei 2004
NIM : 422022037
Program Studi : Agroteknologi
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Palembang
Menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini adalah hasil karya saya dan disusun sendiri dengan sungguh sungguh serta bukan merupakan penjiplakan karya orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar, maka saya sanggup menerima sanksi berupa pembatalan skripsi ini dan segala konsekuensinya.
2. Saya bersedia untuk menanggung segala bentuk tuntutan hukum yang mungkin timbul jika terdapat pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.
3. Memberikan hak kepada Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Palembang. untuk menyimpan, alih media, mengelola dan menampilkan atau mempublikasikannya di media secara *fulltext* untuk kepentingan akademisi tanpa perlu meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan penerbit yang bersangkutan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Palembang, 18 April 2026



(Cahyo Tri Lestari)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah penulis senantiasa bersyukur atas kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan ridho-Nya lah penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul **“Penerapan Sistem IoT Berbasis Alat Soil Parameter Tester untuk Pemetaan Kelembapan dan pH Tanah pada Perkebunan Kelapa Sawit”**, yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian.

Penulis berharap skripsi ini bisa bermanfaat untuk menambah pengetahuan dan semoga skripsi ini mudah dipahami oleh siapapun yang membacanya. Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini sampai selesai. Semoga kebaikan semuanya menjadi amal ibadah dan mendapat pahala yang berlimpah dari Allah SWT.

Skripsi ini tidak akan tersusun tanpa adanya bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada pembimbing utama **Prof. Dr. Supli Effendi Rachim, MSc** dan pembimbing pendamping **Prof. Dr. Ir. Neni Marlina, M. Si** yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, perhatian, motivasi, dan saran dalam penulisan skripsi. Serta kepada ibu **Nurbaiti Amir, SE,SP,M.Si** dan ibu **Berliana Palmasari S.Si., M.Si** sebagai dosen penguji yang telah banyak memberikan masukan dan saran.

Penulis menyadari bahwa didalam penulisan skripsi ini masih banyak kekurangan dan kesalahan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun untuk kesempurnaan skripsi. Semoga Allah SWT membalas semua amal baik kita semua. Aamiin.

Palembang, 18 April 2026

Penulis

RIWAYAT HIDUP

CAHYO TRI LESTARI, Lahir di kota Palembang pada hari Rabu 05-Mei-2004 penulis merupakan anak ke tiga dari pasangan Bapak Suyitno dan Ibu Sri Suparti. Penulis menempuh pendidikan pertama di SD Negeri 16 Banyuasin II lulus pada Tahun 2016, setelah itu melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 3 Banyuasin II dan lulus pada Tahun 2019, penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 2 Banyuasin II dan lulus pada Tahun 2022. Di lanjut pada Tahun 2022 penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi Universitas Muhammadiyah Palembang tepatnya di Fakultas Pertanian Program Studi Agroteknologi. Selama menempuh pendidikan penulis banyak mendapatkan pengalaman hidup yang sangat bermanfaat, baik pengalaman akademik maupun non-akademik. Penulis melaksanakan praktek kerja lapangan (PKL) Di Balai Benih Induk Padi (BBI) Belitang, Oku Timur Sumatera Selatan dimulai dari Februari hingga Maret 2025. Penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Angkatan 64 pada bulan Juli sampai Agustus 2025 di Desa Pinang Mas , Ogan Ilir.

Penulis melaksanakan penelitian Skripsi di Perkebunan Kelapa Sawit milik Universitas Muhammadiyah Palembang. Yang berlokasi di Kecamatan Indralaya Kabupaten Ogan ilir dimulai dari Bulan Januari 2026 hingga Februari 2026 dengan judul “Penerapan sistem IoT berbasis Alat Soil Parameter Tester untuk Pemetaan Kelembapan dan pH Tanah pada Perkebunan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq)”

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Manfaat.....	3
1.3.1 Tujuan Penelitian.....	3
1.3.2 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Landasan Teori	5
2.1.1 Tanaman Kelapa Sawit dan Kebutuhan Kesuburan Tanah	5
2.1.2 Internet of Thing (IoT)	6
2.1.3 Soil Parameter Tester	6
2.1.4 Soil Detector Apk.....	7
2.1.5 Aplikasi Google Earth	8
2.1.6 Kelembapan Tanah dan Kaitannya dengan Kelapa Sawit.....	9
2.1.7 pH Tanah dan Dampaknya terhadap Produktivitas Kelapa Sawit.	10
2.2 Hipotesis.....	10
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	12
3.1 Tempat Dan Waktu.....	12
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Metode Penelitian	13
3.4 Analisis Statistik.....	14
3.4.1 Analisis Deskriptif (Mean, Standar Deviasi).....	15
3.4.2 Analisis Deskriptif (Standar Deviasi).....	15
3.4.3 Menentukan Satuan Peta Tanah	16
3.4.4 Pemetaan Lahan.....	17
3.5 Cara Kerja.....	18
3.5.1 Survei Lahan Awal	18
3.5.2 Pemetaan dan Penentuan Lokasi Penelitian	19

3.5.3 Penetapan Titik Sampling.....	19
3.5.4 Pengoperasian Soil Parameter Tester	19
3.5.5 Pengambilan Data Parameter Tanah	19
3.5.6 Tabulasi Dan Pengolahan Data.....	19
3.5.7 Analisis Kondisi Dan Kesuburan Tanah	20
3.5.8 Penyusunan Laporan Penelitian	20
3.6 Peubah yang Diamati.....	20
3.6.1 pH Tanah	20
3.6.2 Kelembapan Tanah (%).....	20
3.6.3 Data Hasil Pengukuran	21
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	22
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	22
4.2 Implementasi Perangkat Soil Parameter Tester Mencakup pH Tanah dan Kelembapan Tanah	23
4.3 Analisis Parameter Tanah.....	25
4.4 Pemetaan Kesuburan Tanah	29
4.5 Pembahasan	30
4.5.1 Distribusi dan Karakteristik pH Tanah.....	30
4.5.2 Distribusi dan Karakteristik Kelembapan Tanah	31
4.6 Kesesuaian Hasil Penelitian dengan Hipotesis.....	33
4.8 Implikasi Penelitian terhadap Pengelolaan Kebun Kelapa Sawit.....	33
4.9 Analisis Statistik.....	35
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	36
5.1 Kesimpulan.....	36
5.2 Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	39

DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Sebaran pH Tanah	30
2. Sebaran Kelembapan Tanah	30
3. Analisis statistik Mean	35
4. Analisis statistik standar deviasi.....	35

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Soil Parameter Tester.....	7
2. Apk Soil Detector	8
3. Aplikasi Google Earth	9
4. Lokasi Penelitian	12
5. Diagram Alir Penelitian.....	14
6. Peta Perkebunan Kelapa Sawit	17
7 Peta Grid Test	18
8. Contoh Peta Sebaran Kelembapan dan pH Tanah.....	18
9. Lokasi penelitian	23
10. Implementasi perangkat soil parameter tester	25
11. Rata-rata pH Tanah.....	27
12. Rata-rata Kelembapan Tanah	29
13. Sebaran Peta pH	29
14. Sebaran kelembapan Tanah	30

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. Kegiatan penelitian	39
2. Lahan Lebak yang tidak Produksi	40
3. Analisis Statistik.....	41

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia. Komoditas ini menjadi tulang punggung perekonomian nasional dan memberikan kontribusi besar terhadap ekspor non-migas. Namun, keberhasilan produksi kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah, terutama kadar kelembapan dan tingkat keasaman (pH). Kedua parameter ini berperan penting dalam penyerapan unsur hara dan pertumbuhan akar tanaman. Tanah dengan kelembapan yang terlalu rendah dapat menyebabkan stres air pada tanaman, sedangkan pH tanah yang tidak sesuai akan menghambat penyerapan nutrisi yang dibutuhkan oleh kelapa sawit (Arifin *et al.*, 2025).

Selama ini, pemantauan kondisi tanah di perkebunan kelapa sawit umumnya masih dilakukan secara manual, yaitu dengan mengambil sampel tanah secara periodik dan menganalisisnya di laboratorium. Metode ini membutuhkan waktu, biaya, dan tenaga yang cukup besar, serta tidak mampu memberikan informasi kondisi tanah secara real-time. Akibatnya, pengambilan keputusan terkait irigasi atau pemupukan sering kali terlambat dan tidak tepat sasaran (Multazam *et al.*, 2025).

Perkembangan teknologi *Internet of Things (IoT)* menghadirkan peluang baru dalam pengelolaan pertanian modern. IoT memungkinkan integrasi berbagai sensor yang dapat mengukur kelembapan, suhu, dan pH tanah secara kontinu, kemudian mengirimkan data tersebut ke sistem pemantauan melalui jaringan internet. Data real-time ini dapat digunakan untuk melakukan analisis cepat terhadap kondisi lahan dan memberikan peringatan dini apabila terjadi perubahan yang signifikan. Dengan demikian, petani dapat melakukan tindakan korektif lebih cepat untuk menjaga produktivitas tanaman (Sunanto *et al.*, 2024).

Sejumlah penelitian telah membuktikan bahwa penerapan IoT dalam bidang pertanian dapat meningkatkan efisiensi dan hasil produksi. Misalnya, pada penelitian sistem monitoring kelembapan dan pH tanah untuk tanaman hortikultura, diperoleh hasil bahwa sistem berbasis IoT dapat memantau kondisi tanah dengan tingkat akurasi tinggi

dan memberikan data yang membantu pengambilan keputusan agronomis (Rinanda, 2024). Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih difokuskan pada tanaman skala kecil seperti sayuran dan tanaman hias, bukan pada tanaman industri seperti kelapa sawit yang memiliki area perkebunan luas dan variasi tanah yang kompleks (Effendi *et al.*, 2024).

Dalam konteks perkebunan kelapa sawit, penerapan sistem pemantauan berbasis IoT masih tergolong baru dan belum banyak diimplementasikan secara luas. Tantangan utama terletak pada kondisi geografis kebun yang luas, kebutuhan jaringan komunikasi yang stabil, serta daya tahan perangkat terhadap cuaca ekstrem dan kelembapan tinggi. Oleh karena itu, dibutuhkan penelitian yang mengembangkan dan menguji sistem IoT berbasis alat “Soil Parameter Tester” yang mampu melakukan pemantauan kondisi tanah secara real-time dengan ketahanan perangkat yang baik di lapangan (Simatupang *et al.*, 2023).

Selain memberikan manfaat bagi petani dan pengelola kebun, penerapan sistem ini juga memiliki nilai strategis dalam mendukung praktik pertanian presisi (*precision agriculture*). Dengan adanya peta kelembapan dan pH tanah yang akurat, manajemen perkebunan dapat mengatur pemupukan, pengairan, serta pengelolaan lahan secara lebih efisien. Hal ini tidak hanya meningkatkan produktivitas, tetapi juga mengurangi penggunaan pupuk dan air secara berlebihan sehingga lebih ramah lingkungan (Tembusai, 2024).

Berdasarkan uraian di atas, dapat disimpulkan bahwa penerapan sistem IoT berbasis alat *Soil Parameter Tester* sangat relevan untuk diterapkan di perkebunan kelapa sawit. Penelitian ini diharapkan dapat menjawab kebutuhan akan sistem pemantauan tanah yang efektif, efisien, dan adaptif terhadap kondisi lapangan. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan sistem pemantauan agrikultur cerdas yang lebih luas di Indonesia (Effendi *et al.*, 2024).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan di lapangan, penelitian ini difokuskan untuk menjawab beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana sistem *Internet of Things (IoT)* berbasis alat *Soil Parameter Tester* dapat diimplementasikan untuk melakukan pengukuran dan pemantauan pH dan kelembapan tanah secara real-time di perkebunan kelapa sawit?
2. Bagaimana metode pemetaan dapat digunakan untuk menggambarkan nilai pH tanah pada berbagai titik lokasi di area Perkebunan kelapa sawit?
3. Bagaimana metode pemetaan dapat digunakan untuk menggambarkan nilai kelembapan tanah pada berbagai titik lokasi di area Perkebunan kelapa sawit?

1.3 Tujuan dan Manfaat

1.3.1 Tujuan Penelitian

1. Menerapkan sistem IoT berbasis *Soil Parameter Tester* untuk mengukur dan memantau parameter pH tanah dan kelembapan secara real-time.
2. Mengembangkan model pemetaan menggunakan data hasil sensor IoT berbasis *Soil Parameter Tester* untuk menggambarkan kondisi pH tanah di area perkebunan kelapa sawit.
3. Mengembangkan model pemetaan menggunakan data hasil sensor IoT berbasis *Soil Parameter Tester* untuk menggambarkan kondisi kelembapan tanah di area perkebunan kelapa sawit.

1.3.2 Manfaat Penelitian

A. Manfaat Teoretis

Secara teoritis, penelitian ini berkontribusi dalam pengembangan ilmu pertanian presisi dan Internet of Things (IoT) dengan menunjukkan bagaimana integrasi sensor pH dan kelembapan tanah dapat mendukung pemantauan serta pengambilan keputusan berbasis data di perkebunan kelapa sawit. Hasilnya juga memperkuat teori tentang hubungan kondisi tanah dengan produktivitas tanaman serta mendukung pengembangan konsep smart agriculture yang efisien dan berkelanjutan.

B. Manfaat Praktis

Memberikan solusi inovatif bagi pengelola perkebunan kelapa sawit dalam melakukan pemantauan kondisi tanah secara real-time. Data yang dihasilkan dapat membantu pengaturan jadwal pemupukan dan penyiraman yang lebih efisien, sehingga menghemat biaya dan meningkatkan produktivitas tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Akram, S., Muzaffar, A., Farooq, Q., dan Lashari, M. W. (2023). *Soil pH and its functions in plant nutrient uptake and restoration. International Journal of Agriculture and Environment*, 2(1), 1–5. <https://doi.org/10.62881/ijae.v2i1.26>
- Ardiansyah, M., Suyono, S., Titisariwati, I., Cahyadi, T. A., & Kresno, K. (2022). *Analisis Perbandingan Perhitungan Curah Hujan Rencana Berdasarkan Periode Ulang Hujan Dengan Metode Gumbell, Metode Log Pearson III, Metode Iway Kadoya Studi Kasus Tambang Andesit. Jurnal Inovasi Pertambangan Dan Lingkungan*, 1(2), 52–58. <https://doi.org/10.15408/jipl.v1i2.22731>
- Arifin, S., Kurniawati, N., Agustiani, R., & Elsandika, G. (2025). Sistem monitoring kesuburan lahan pertanian menggunakan sensor pH dan kelembapan tanah berbasis IoT. *Jurnal Riset Fisika Indonesia*, 5(2), 97–106. <https://doi.org/10.33019/jrfi.v5i2.5334>
- Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. (2017). *Pedoman Pengamatan Tanah di Lapangan*. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2019). *The nature and properties of soils* (15th ed.). Pearson.
- Effendi, N., Handoko, D., Azim, F., & Farida, F. (2024). *Rancangan sistem monitoring kelembapan tanah pembibitan kelapa sawit berbasis Internet of Things*. *Jurnal CoSciTech*.
- Ganesh, M. C., & Nadaf, S. A. (2025). *Soil pH and plant growth: A detailed review of interactions and management. International Journal of Advanced Biochemistry Research*, 9(7), 431-443. <https://doi.org/10.33545/26174693.2025.v9.i7f.4765>
- Hakim, N. (2016). *Kesuburan Tanah dan Pupuk*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Hardjowigeno, S. (2015). *Ilmu Tanah*. Jakarta: Akademika Pressindo.
- Hillel, D. (2004). *Introduction to environmental soil physics*. Academic Press.
- Lal, R. (2015). *Soil and environmental quality: Impacts of soil moisture and management*. Springer. <https://doi.org/10.15408/jipl.v1i2.22731>
- Khaled, F., & Sayed, A. (2023). *Soil pH and its influence on nutrient availability and plant health. International Journal of Advanced Chemistry Research*, 5(2), 61–63. <https://doi.org/10.33545/26646781.2023.v5.i2a.204>
- Mujahid, A., Jannah, M., Salahuddin, S., & Taufiq, T. (2023). Penyiram tanaman otomatis menggunakan sensor pH dan kelembapan tanah berbasis IoT. *Jurnal Arus Elektro Indonesia*, 9(2).

- Multazam, T., Syukriah, B., Burhanuddin, B., Bakhtiar, B., Ezwarsyah, E., & Zulmiardi, Z. (2025). Penerapan IoT dalam sistem deteksi kelembapan dan pH tanah. *Jurnal Malikussaleh Mengabdi*, 4(1). <https://doi.org/10.29103/jmm.v4i1.22634>
- Nurfadilah, A., Rahayu, S., & Prasetyo, H. (2021). Hubungan kelembapan tanah terhadap produktivitas kelapa sawit di lahan gambut. *Jurnal Agroteknologi Tropika*, 10(1), 56–63. <https://doi.org/10.21082/jat.v10n1.2021.56-63>
- Prasetyo, E., & Siregar, F. (2020). Pengaruh karakteristik tanah terhadap kemampuan menyimpan air pada perkebunan kelapa sawit. *Jurnal Ilmu Tanah Tropika*, 25(2), 89–97. <https://doi.org/10.21082/jitt.v25n2.2020.89-97>
- Rinanda, Z., & Armando, B. (2024). Sistem monitoring kualitas tanah tanaman hias berbasis IoT dengan sensor pH. *Jurnal Minfo Polgan*.
- Simatupang, H., dkk. (2023). An Internet of Things-based monitoring system for agricultural land suitability for oil palm planting. Indonesian Physics Communication.
- Sunanto, S., Unik, M., & Mualfah, D. (2024). Sistem monitoring pH dan kelembapan tanah berbasis IoT untuk optimasi pertumbuhan tanaman terong. *Jurnal CoSciTech*.
- Tembusai, Z. R., & Armando, B. (2024). Penerapan sistem monitoring kualitas tanah berbasis IoT pada tanaman hias. *Jurnal Minfo Polgan*.
- Xia, Y., Feng, J., Zhang, H., Xiong, D., Kong, L., & Seviour, R. (2024). Effects of soil pH on the growth, soil nutrient composition, and rhizosphere microbiome of *Ageratina adenophora*. *PeerJ*, e17231.
- Zhang, Y., Liu, Q., & Chen, X. (2022). Design of agricultural soil monitoring system based on STM32 and wireless sensor network. *Computers and Electronics in Agriculture*, 198, 107086. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107086>