

**PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI *Internet of Things (IoT)*
PERANGKAT SOIL PARAMETER TESTER UNTUK
MONITORING KESUBURAN TANAH
SECARA *Real-Time* PADA
KELAPA SAWIT**

Oleh

M ILHAM WAHYUDI



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
PALEMBANG**

2026

**PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI *Internet of Things (IoT)*
PERANGKAT SOIL PARAMETER TESTER UNTUK
MONITORING KESUBURAN TANAH
SECARA *Real-Time* PADA
KELAPA SAWIT**

**PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI *Internet of Things (IoT)*
PERANGKAT SOIL PARAMETER TESTER UNTUK
MONITORING KESUBURAN TANAH
SECARA *Real-Time* PADA
KELAPA SAWIT**

**Oleh
M ILHAM WAHYUDI**

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian

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

PALEMBANG

2026

Motto :

***Barangsiapa yang menempuh jalan untuk menuntut ilmu maka ALLAH SWT akan memudahkan baginya jalan untuk ke surga.
(Riwayat Muslim (4867))***

***Dirimu yang sebenarnya adalah yang kamu lakukan saat orang lain tidak melihatmu.
(Ali bin Abi Thalib)***

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

- ❖ *Kedua orang tua tercinta. Bapak Retno Wahyudi dan Ibu Siti Jumaroh Karena “Pasti do’amu yang lancarkan upayaku. Mesti do’a yang meluncur dari bibirmu. Dan yang kutahu kau takkan pernah berhenti. Tumbuh kini semoga sesuai yang kau impi. Tertulis jelas namaku. Di setiap harap malammu. Tentang masa depan, tentang masa terang. Warisan akal budi gemilang” (Gemilang - Perunggu).*
- ❖ *Adik perempuan penulis. Andien Azzahra, walaupun penulis sadar kalau belum bisa jadi kakak yang baik, tapi kelak “Pelan pasti ku kabulkan. Segala catatan harapmu. Tentang masa depan, tentang masa terang. Kebul jalan kuterjang” (Gemilang - Perunggu).*
- ❖ *Dosen Pembimbing saya Prof. Dr. Supli Effendi Rachim, MSc dan Ibu Ika Paridawati, SP., M.Si yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan selama proses penyelesaian skripsi ini serta tidak lupa juga dosen penguji saya Ibu Nurbaiti Amir, S.E, S.P., M.Si. Ibu Ir. Erni Hawayanti, M.Si. Dan Ibu Dessy Tri Astuti, S.P. M.Si.*

RINGKASAN

M Ilham Wahyudi, Perancangan dan Implementasi *Internet of Things (IoT)* Perangkat Soil Parameter Tester untuk Monitoring Kesuburan Tanah Secara Real-Time pada Kelapa Sawit. (dibimbing oleh **SUPLI EFFENDI RACHIM** dan **IKA PARIDAWATI**).

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan perangkat berbasis *Internet of Things (IoT)* berupa *Soil Parameter Tester* untuk memonitor kesuburan tanah secara *real-time* pada lahan kelapa sawit. Penelitian dilatarbelakangi oleh pentingnya informasi kondisi tanah yang cepat dan akurat, serta keterbatasan metode analisis konvensional yang memerlukan waktu dan biaya tinggi. Metode yang digunakan adalah eksperimen dengan pendekatan rekayasa teknologi, meliputi perancangan perangkat, pengujian, dan implementasi di lapangan. Perangkat dilengkapi sensor untuk mengukur pH, kelembapan, suhu, konduktivitas listrik (EC), serta kandungan nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), yang terintegrasi dengan aplikasi soil detector dan dipantau melalui smartphone. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perangkat mampu bekerja dengan baik, memiliki respon cepat, serta menghasilkan data yang relatif stabil. Variasi data yang diperoleh menunjukkan adanya perbedaan kondisi tanah antar titik pengamatan, sehingga menggambarkan heterogenitas lahan. Secara keseluruhan, perangkat ini efektif sebagai alat monitoring kesuburan tanah dan berpotensi mendukung penerapan pertanian presisi dalam pengelolaan lahan kelapa sawit.

SUMMARY

M Ilham Wahyudi, Design and Implementation of an *Internet of Things (IoT)*-Based Soil Parameter Tester Device for Real-Time Monitoring of Soil Fertility in Oil Palm (supervised by **SUPLI EFFENDI RACHIM** and **IKA PARIDAWATI**).

This study aims to design and implement an *Internet of Things (IoT)* based device in the form of a Soil Parameter Tester to monitor soil fertility in *real-time* on oil palm plantations. The research is motivated by the importance of obtaining fast and accurate soil condition information, as well as the limitations of conventional analysis methods which are time-consuming and costly. The method used is an experimental approach with an engineering design, including device development, testing, and field implementation. The device is equipped with sensors to measure soil pH, moisture, temperature, electrical conductivity (EC), and nutrient content such as nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K), integrated with a soil detector application and monitored via a smartphone. The results show that the device performs well, provides fast response, and produces relatively stable data. The variation in the obtained data indicates differences in soil conditions across observation points, reflecting land heterogeneity. Overall, this device is effective as a soil fertility monitoring tool and has the potential to support the implementation of precision agriculture in oil palm land management.

HALAMAN PENGESAHAN

**PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI *Internet of Things (IoT)*
PERANGKAT SOIL PARAMETER TESTER UNTUK
MONITORING KESUBURAN TANAH SECARA
Real-Time PADA KELAPA SAWIT**

Oleh

M ILHAM WAHYUDI

42 2022 016

Telah dipertabankan pada ujian, 23 April 2026

Pembimbing Utama



(Prof. Dr. Suni Effendi R. S. S. M. Sc.)

Pembimbing Pendamping



(Ika Paridawati, SP., M.Si.)

Palembang, 7 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 : M Ilham Wahyudi
Tempat/Tanggal Lahir : Jirak, 19 Januari 2005
NIM : 422022016
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


MEYER
TEMPER
*E2EAX004974471
(M Ilham Wahyudi)

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah penulis senantiasa bersyukur atas kehadiran Allah SWT karena atas rahmat dan ridho-Nya lah penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini yang berjudul ***“Perancangan dan Implementasi Internet of Things (IoT) Perangkat Soil Parameter Tester untuk Monitoring Kesuburan Tanah Secara Real-Time pada 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 :

1. Prof. Dr. Supli Effendi Rachim, MSc (Pembimbing Utama)
2. Ika Paridawati, SP., M.S (Pembimbing Pendamping)

Yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, perhatian, motivasi, dan saran dalam penulisan skripsi. Akhir kata, penulis mengharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca.

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

Palembang, 18 April 2026

M ILHAM WAHYUDI

RIWAYAT HIDUP

M Ilham Wahyudi anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Retno Wahyudi dan Ibu Siti jumaroh. Lahir di Desa Jirak pada tanggal 19 Januari 2005. Penulis memulai pendidikan di TK ABA Jirak pada tahun 2009 hingga 2010. Selanjutnya, penulis menempuh pendidikan dasar di SD Negeri 3 Jirak pada tahun 2010 hingga 2016. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 2 Sungai Keruh pada tahun 2016 sampai dengan tahun 2019, dan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 2 Sungai Keruh pada tahun 2019 hingga 2022. Pada tahun 2022, penulis terdaftar sebagai mahasiswa pada Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Palembang (FP-UMP). Selama menempuh pendidikan di perguruan tinggi, penulis juga mengikuti kegiatan magang di Balai Benih Induk Belitang dimulai dari bulan Januari 2025 sampai Maret 2025, Kabupaten Ogan Komering Ulu Timur. Penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Angkatan 64 pada bulan Juli sampai Agustus 2025 di Desa Payaraman Barat, Ogan Ilir.

Penulis melaksanakan penelitian di Kampus C Universitas Muhammadiyah Palembang, dimulai dari bulan Januari 2026 hingga Februari 2026 Dengan judul **“Perancangan dan Implementasi *Internet of Things (IoT)* Perangkat Soil Parameter Tester untuk Monitoring Kesuburan Tanah Secara *Real-Time* pada Kelapa Sawit”**.

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	vii
RIWAYAT HIDUP	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
 BAB I. PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan dan Manfaat	4
 BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	 5
2.1 Landasan Teori	5
2.1.1 Kelapa Sawit	5
2.1.2 Internet of Things (IoT)	6
2.1.3 Soil Parameter Tester	6
2.1.4 pH Tanah	7
2.1.5 Kelembapan Tanah (<i>Soil Moisture</i>)	7
2.1.6 Suhu Tanah (<i>Soil Temperature</i>)	8
2.1.7 Konduktivitas Tanah (EC)	8
2.1.8 Kandungan Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Terhadap Tingkat Kesuburan Tanah (Fertility Level)	9
2.1.9 Aplikasi Soil Detector	10
2.1.10 Aplikasi Google Earth	11
2.2 Hipotesis	12
 BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	 13
3.1 Tempat dan Waktu	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Metode Penelitian	14
3.4 Pemetaan (Grid Test)	15
3.5 Menentukan Satuan Peta Tanah	16
3.6 Analisis Statistik	17
3.6.1 Rata-rata (Mean)	17
3.6.2 Standar Deviasi (S)	18
3.6.3 Koefisien Variasi (CV)	18
3.7 Cara Kerja	19
3.8 Peubah yang Diamati	20
3.8.1 pH Tanah	20
3.8.2 Kelembapan Tanah (%)	21

3.8.3 Suhu Tanah (°C)	21
3.8.4 Konduktivitas Listrik Tanah (EC)	21
3.8.5 Kandungan Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K)	21
3.8.6 Data Hasil Pengukuran	22
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Gambaran Umum Lokasi Penelitian	23
4.2 Hasil Perancangan Perangkat Soil Parameter Tester	23
4.3 Implementaasi Perangkat Soil Parameter Tester Dilapangan	27
4.4 Analisis Parameter Tanah	29
4.5 Pemetaan Kesuburan Tanah	43
4.6 Pembahasan	49
4.7 Kesesuaian Hasil Penelitian dengan Hipotesis	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	59

DAFTAR TABEL

	Halaman
1 . Hasil Analisa Kadar Hara Makro Pada Daun Sebelum Aplikasi Pemupukan	9
2 . Sebaran pH Tanah	44
3 . Sebaran Kelembaban Tanah	45
4 . Sebaran Suhu Tanah	45
5 . Sebaran Konduktivitas	46
6 . Sebaran Nitrogen	47
7 . Sebaran Fosfor	47
8 . Sebaran Kalium	48
9 . Sebaran Kesuburan	49
10 . Nilai Rata-rata (Mean)	61
11 . Standar Deviasi	62
12 . Koefisien Variasi	63

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1 . Alat Soil Parameter Tester	7 .
2 . Aplikasi Soil Detector	10
3 . Aplikasi Google Earth	11
4 . Lokasi Penelitian	13
5 . Diagram Alir Penelitian	15 .
6 . Peta Kebun Kampus C UMP	15
7 . Peta Grid Test	16
8 . Perancangan Soil Parameter Tester	26
9 . Implementasi Perangkat Soil Parameter Tester	28
10 . Rata-rata pH Tanah	30 .
11 . Rata-rata Kelembaban	33
12 . Rata-rata Suhu	35
13 . Rata-rata Konduktivas	37
14 . Rata-rata Kandungan Nitrogen	39
15 . Rata-rata Kandungan Fosfor	40
16 . Rata-rata Kandungan Kalium	40
17 . Rata-rata Fertility	43
18 . Peta Sebaran pH Tanah	44 .
19 . Peta Sebaran Kelembaban	44
20 . Peta Sebaran Suhu Tanah	45
21 . Peta Sebaran Konduktivas	46
22 . Peta Sebaran Nitrogen	46
23 . Peta Sebaran Fosfor	47
24 . Peta Sebaran Kalium	48
25 . Peta Sebaran Tingkat Kesuburan	48

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1 . Kegiatan Penelitian.....	59
2 . Lahan Lebak Yang Tidak Berproduksi	60
3 . Analisis Statistik	61

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) adalah komoditas perkebunan utama di Indonesia yang berperan krusial dalam bidang pertanian dan ekonomi negara. Tanaman tersebut menyediakan minyak nabati utama yang dimanfaatkan di sektor makanan, kosmetik, serta bahan bakar nabati seperti biodiesel. Menurut informasi dari Direktorat Jenderal Perkebunan, luasan lahan kelapa sawit di Indonesia melebihi 16 juta hektar, dengan output produksi yang meningkat secara konsisten tiap tahunnya. Meski demikian, produktivitas tinggi ini amat tergantung pada aspek lingkungan, khususnya kondisi dan kesuburan tanah sebagai wadah pertumbuhan pokok bagi tanaman sawit (Roy dan Saha, 2021).

Kesuburan tanah merupakan elemen vital bagi perkembangan kelapa sawit, sebab tanaman ini butuh pasokan nutrisi makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) dalam proporsi yang harmonis. Di samping itu, tingkat pH tanah, kadar air, serta temperatur tanah ikut memengaruhi kapasitas akar untuk menyerap nutrisi tersebut. Apabila tanah terlampaui asam atau kering, mekanisme absorpsi gizi akan terhambat, yang berpotensi mengurangi panen tandan buah segar (TBS). Karena itu, pengawasan kondisi tanah secara berkala amat penting supaya langkah seperti pemberian pupuk dan penyiraman dapat dilaksanakan pada saat yang tepat (Tiwari dan Rajput, 2020).

Namun, berbagai penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar lahan perkebunan kelapa sawit di Indonesia dikelola pada tanah dengan tingkat kesuburan rendah hingga sedang, seperti tanah berjenis *Ultisol* dan *Inceptisol*. Tanah-tanah ini umumnya memiliki pH yang asam, kapasitas tukar kation (KTK) yang rendah, dan kandungan bahan organik yang minim. Hasil penelitian di Kabupaten Sanggau misalnya, menunjukkan bahwa tanah *Ultisol* di lahan kelapa sawit memiliki kadar C-organik dan nitrogen yang rendah, serta pH tanah yang tergolong masam, sehingga dikategorikan sebagai tanah dengan tingkat kesuburan rendah (Dinata *et al.*, 2023). Temuan serupa juga dilaporkan oleh (Lubis *et al.*

2024) yang menemukan pH tanah antara 5.0–5.2, kadar C-organik 1.42–1.67%, serta kandungan nitrogen total rendah pada lahan sawit di Pulo Padang. Kondisi ini menunjukkan adanya degradasi kesuburan tanah yang dapat menurunkan produktivitas tanaman.

Fenomena tersebut menjadi permasalahan penting karena sistem perkebunan kelapa sawit bersifat jangka panjang dan sangat bergantung pada kondisi tanah. Sementara itu, proses pemupukan sering kali dilakukan tanpa dasar data kesuburan yang akurat. Analisis laboratorium terhadap sifat fisik dan kimia tanah memang mampu memberikan hasil yang tepat, namun memiliki kelemahan yaitu membutuhkan waktu lama, biaya tinggi, serta tidak praktis dilakukan secara rutin di lapangan untuk area yang luas. Padahal, kondisi tanah bersifat dinamis dan dapat berubah tergantung curah hujan, pengelolaan lahan, dan intensitas pemupukan.

Oleh karena itu, dibutuhkan suatu metode praktis yang mampu memberikan informasi tentang status kesuburan tanah secara cepat dan efisien. Salah satu solusi yang potensial adalah pengembangan Soil Parameter Tester, yaitu alat berbasis sensor yang dapat mengukur parameter-parameter penting tanah seperti pH, kelembapan, suhu, dan konduktivitas listrik tanah yang berkaitan dengan kadar unsur hara. Penggunaan teknologi ini memungkinkan monitoring kesuburan tanah dilakukan secara berkala di lapangan tanpa harus selalu mengandalkan uji laboratorium.

Seiring perkembangan teknologi digital, pendekatan konvensional dalam memantau kesuburan tanah mulai digantikan dengan sistem berbasis teknologi modern. Salah satu teknologi yang berkembang pesat adalah *Internet of Things* (IoT), yaitu konsep yang menghubungkan berbagai perangkat elektronik untuk bertukar data secara real-time melalui jaringan internet. Dalam konteks pertanian, IoT berperan besar dalam mendukung konsep pertanian presisi (*precision agriculture*), di mana pemantauan kondisi lingkungan dan tanah dapat dilakukan secara otomatis dan berkelanjutan. Teknologi ini memungkinkan petani mengetahui secara langsung kondisi lahan seperti kelembapan, pH, suhu, dan

kadar nutrisi tanpa harus melakukan pengukuran manual yang memakan waktu (Muchtar dan Ulhaq, 2024).

Namun, penelitian mengenai IoT (*Internet of Things*) terutama alat pengukur kesuburan tanah di Indonesia masih terbatas. Sebagian besar riset masih berfokus pada pengembangan alat deteksi umum untuk pertanian pangan atau hortikultura, bukan pada komoditas perkebunan seperti kelapa sawit. Sebagai contoh, penelitian oleh (Susanti *et al.*, 2023) merancang alat pendeteksi kesuburan tanah berbasis sensor pH dan kelembapan, namun alat tersebut belum diujikan pada kondisi tanah perkebunan sawit yang memiliki karakteristik fisik dan kimia berbeda. Hal ini menunjukkan adanya kesenjangan penelitian, yaitu belum adanya pengembangan alat *Soil Parameter Tester* yang dirancang dan diimplementasikan khusus untuk lahan sawit.

Selain itu, hasil studi lapangan menunjukkan bahwa lahan sawit di beberapa daerah seperti Pantai Labu masih memiliki kandungan bahan organik yang tergolong sedang sekitar 2,1%, yang mengindikasikan perlunya pemantauan kesuburan tanah secara berkelanjutan (Satria Wardana *et al.*, 2024). Data seperti ini penting untuk menentukan dosis pupuk dan bahan amelioran yang tepat agar produktivitas sawit tetap optimal.

Melihat kondisi tersebut, penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi alat *Soil Parameter Tester* sebagai solusi inovatif dalam sistem monitoring kesuburan tanah. Alat ini diharapkan dapat membantu petani dan pengelola perkebunan kelapa sawit dalam mengukur parameter-parameter tanah secara cepat, tepat, dan ekonomis. Dengan adanya alat ini, proses pengambilan keputusan terkait pengelolaan lahan, pemupukan, dan konservasi tanah dapat dilakukan secara lebih efektif.

Selain memberikan manfaat praktis di lapangan, penelitian ini juga memiliki kontribusi akademik dalam bidang teknik pertanian dan sistem monitoring berbasis sensor. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar pengembangan alat pertanian cerdas (*smart agriculture tools*) yang lebih luas, khususnya dalam mendukung keberlanjutan sistem perkebunan kelapa sawit di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka permasalahan yang akan dibahas dalam proposal penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa metode untuk merancang dan menerapkan perangkat Soil Parameter Tester untuk monitoring kondisi tanah secara *real-time*?
2. Seberapa baik kinerja perangkat Soil Parameter Tester dalam hal ketepatan data sensor pada situasi langsung?
3. Apa hambatan teknis dan non-teknis yang muncul saat mengimplementasikan perangkat Soil Parameter Tester di lapangan?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui metode perancangan dan penerapan perangkat Soil Parameter Tester dalam melakukan monitoring kondisi tanah secara *real-time* di lapangan.
2. Untuk mengevaluasi kinerja perangkat Soil Parameter Tester, khususnya tingkat ketepatan dan konsistensi data sensor yang dihasilkan pada kondisi tanah secara langsung (*real-time*).
3. Untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi hambatan teknis dan non-teknis yang muncul selama proses implementasi dan pengujian perangkat Soil Parameter Tester di lapangan.

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan dan referensi ilmiah dalam bidang teknologi pertanian, khususnya terkait perancangan, penerapan, dan evaluasi kinerja perangkat Soil Parameter Tester berbasis monitoring kondisi tanah secara *real-time*, serta menjadi bahan rujukan bagi penelitian selanjutnya yang sejenis.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, M., Suyono, S., Titisariwati, I., Cahyadi, T. A., dan 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>
- Arianti, S., Sakti Mait Jaya Langit, P., Pertanian, F., dan Keguruan dan Ilmu pendidikan, F. (2025). Analisis Kerugian Serangan Hama Tikus Di Perkebunan Kelapa Sawit (*Studi Kasus Di Pt.Sakti Mait Jaya Langit*).
- Badan Standardisasi Nasional. (2018). *SNI 8473:2018 – Survei dan pemetaan tanah semidetil skala 1:50.000*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. (2017). *Pedoman Pengamatan Tanah di Lapangan*. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Basso, B., dan Antle, J. (2020). Digital agriculture to design sustainable agricultural systems. *Nature Sustainability*, 3(4), 254–256.
<https://doi.org/10.1038/s41893-020-0510-0>
- Corley, R. H. V., dan Tinker, P. B. (2021). *The oil palm* (6th ed.). Wiley- Blackwell.
- Dinata, M., Sulakhudin, dan Agustine, L. (2023). Analisis Beberapa Sifat Kimia Tanah Ultisol pada Lahan Kelapa Sawit di Desa Kelompu Kecamatan Kembayan Kabupaten Sanggau. *Pedontropika: Jurnal Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan*.
- Fauzi, 2005. *Kelapa Sawit : Budidaya, Pemanfaatan dan hasil limbah. Analisis usaha dan Pemasaran*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Elijah, O., Rahman, T. A., Orikumhi, I., Leow, C. Y., dan Hindia, M. N. (2022). An overview of Internet of Things (IoT) and data analytics in agriculture: Benefits and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(9), 6651– 6671.
<https://doi.org/10.1109/JIOT.2021.3101420>
- FAO. (2022). *Soil acidity and liming management in tropical agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fauzi, 2005. *Kelapa Sawit : Budidaya, Pemanfaatan dan hasil limbah. Analisis usaha dan Pemasaran*. Penebar Swadaya. Jakarta.

- Gomez, C., Oller, J., dan Paradells, J. (2021). Overview and evaluation of Bluetooth Low Energy: An emerging low-power wireless technology. *Sensors*, 21(1), 1–25. <https://doi.org/10.3390/s21010123>
- Keskin, H., dan Grunwald, S. (2022). Advances in digital soil mapping for precision agriculture. *Geoderma*, 405, 115406. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115406>
- Khan, R., Khan, S. U., Zaheer, R., dan Khan, S. (2022). Future Internet: The Internet of Things architecture, possible applications and key challenges. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 24(1), 74–109. <https://doi.org/10.1109/COMST.2021.3052239>
- Kodali, R. K., Sahu, A., dan Soratkal, S. (2021). IoT based soil moisture monitoring on cloud using STM32 microcontroller. *Procedia Computer Science*, 171, 1898–1906. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.04.203>
- Li, Y., Chen, D., dan Zhang, X. (2021). Effects of organic matter decomposition on soil pH dynamics in tropical soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 158, 108286. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2021.108286>
- Li, Y., Zhang, H., dan Chen, Q. (2022). Short-term effects of fertilization on soil electrical conductivity and nutrient dynamics in agricultural soils. *Agriculture*, 12(4), 520. <https://doi.org/10.3390/agriculture12040520>
- Liu, H., Zhao, Y., dan Wang, J. (2022). Soil physical properties and organic matter effects on water retention and plant growth. *Soil & Tillage Research*, 219, 105338. <https://doi.org/10.1016/j.still.2022.105338>
- Liu, J., Hu, Y., Yang, J., dan Abdi, D. (2021). Short-term phosphorus dynamics and availability in agricultural soils under different moisture regimes. *Geoderma*, 404, 115303. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115303>
- Lubis, A. M. S., Harahapa, S. F., Sitanggang, D. K., dan Hilwa, W. (2024). Evaluation of Soil Fertility Status on Oil Palm Cultivation Land in Pulo Padang Village. *Jurnal Agronomi Tanaman Tropika (JUATIKA)*, 6(2), 115–122. <https://doi.org/10.36378/juatika.v6i2.3592>
- Muchtar, H., dan Ulhaq, M. Z. H. (2024). Rancang Bangun Smart Monitoring Farming pada Media Tanah Menggunakan Sistem IoT (Internet of Things). *RESISTOR*, 6(2), 133–142. <https://doi.org/10.24853/resistor.6.2.133-142>

- Mubarak, Hasbi. S. (2022). Efektivitas Pengukuran Konduktivitas Listrik Tanah Untuk Menduga Kondisi Kesuburan Tanah Pada Lahan Pertanian. Vol7. <https://doi.org/DOI:10.32503/hijau.v7i2.2252>
- Mekki, K., Bajic, E., Chaxel, F., dan Meyer, F. (2022). A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment in agriculture. *Ad Hoc Networks*, 124, 102699. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2021.102699>
- Minasny, B., dan McBratney, A. B. (2021). Digital soil mapping: A brief history and some lessons. *Geoderma*, 264, 301–311. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.07.017>
- Rom, U. M. S. (2021). *Buku Ajar Kesuburan Tanah dan Pemupukan*. Yogyakarta: Poltek LPP Press.
- Roy, S., dan Saha, R. (2021). *Principles of agronomy for sustainable agriculture*. CRC Press.
- Raja, P., Kumar, R., dan Singh, V. (2023). Performance evaluation of electrochemical soil pH sensors for real-time agricultural monitoring. *Sensors*, 23(4), 1987. <https://doi.org/10.3390/s23041987>
- Rom, U. M. S. (2021). *Buku Ajar Kesuburan Tanah dan Pemupukan*. Yogyakarta: Poltek LPP Press.
- Roy, S., & Saha, R. (2021). *Principles of agronomy for sustainable agriculture*. CRC Press.
- Satria Wardana, T., Putra Pratama, F., Aura Zalwa, C., Aksan, A., dan Pakpahan, S. (2024). Analisis Kandungan Bahan Organik Tanah Pada Lahan Kelapa Sawit di Pantai Labu. *Jurnal Agroplant*, 8(2), 126–132. <https://doi.org/10.56013/agr.v8i2.4214>
- Satria Wardana, T., Putra Pratama, F., Aura Zalwa, C., Aksan, A., dan Pakpahan, S. (2024). Analisis Kandungan Bahan Organik Tanah Pada Lahan Kelapa Sawit di Pantai Labu. *Jurnal Agroplant*, 8(2), 126–132. <https://doi.org/10.56013/agr.v8i2.4214>
- Shanmugavel, S., Rajasekar, R., dan Karthikeyan, P. (2023). Calibration and stability assessment of IoT-based soil pH monitoring systems. *Measurement*, 213, 112701. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2023.112701>

- Sinha, R. S., Wei, Y., dan Hwang, S. H. (2023). A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT performance evaluation for smart agriculture. *Computer Networks*, 220, 109503. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2022.109503>
- STMicroelectronics. (2023). *STM32 microcontrollers overview*. STMicroelectronics. <https://www.st.com>
- Tagarakis, A. C., Ketterings, Q. M., dan Czymmek, K. J. (2021). Soil sampling strategies for precision agriculture. *Agronomy*, 11(8), 1547. <https://doi.org/10.3390/agronomy11081547>
- Tampubolon, G., dan Thalia, O. (2022). Tanaman Kelapa Sawit Menghasilkan (Content Of Soil Organic Matter and pH and Fresh Fruitbunch Production in the Management System Palm Oil Plant Produce). 6(1).
- Tiwari, V. N., dan Rajput, P. (2020). Smart agriculture: An approach towards better agriculture management. Springer.
- Wang, J., Liu, H., dan Zhao, Y. (2023). Influence of soil moisture variability on pH measurement accuracy in field conditions. *Agricultural Water Management*, 284, 108338. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108338>
- Wang, S., Li, Y., Zhang, X., dan Chen, Q. (2023). Soil potassium dynamics in response to moisture variation and fertilization management. *Agronomy*, 13(2), 389. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020389>
- Wang, X., Zhao, C., dan Li, J. (2021). Soil moisture controls on spatiotemporal variability of soil electrical conductivity in cropland. *Geoderma*, 404, 115280. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115280>
- Zhang, X., Davidson, E. A., dan Mauzerall, D. L. (2021). Managing nitrogen for sustainable development. *Nature Sustainability*, 4, 37–44. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00649-4>
- Zhang, Y., Liu, X., dan Zhao, B. (2022). Short-term nitrogen transformation and nitrate leaching in cropland soils under different rainfall events. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 327, 107812. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2022.107812>
- Zhang, Y., Chen, D., dan Li, X. (2022). Soil nutrient monitoring and evaluation for precision agriculture: Advances and challenges. *Agricultural Systems*, 195, 103304. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103304>

- Zhang, Y., Liu, Q., dan 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>
- Zhang, Y., Chen, D., dan Li, X. (2021). Soil moisture dynamics and plant water stress interactions under variable climatic conditions. *Agricultural Systems*, 194, 103277. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103277>
- Zhao, L., Liu, Y., dan Sun, B. (2023). Effects of temperature and moisture variation on soil electrical conductivity dynamics under field conditions. *Sensors*, 23(9), 4332. <https://doi.org/10.3390/s23094332>