

## ANALISIS KONSEP FISIKA PADA SENSOR KELEMBABAN TANAH DALAM MONITORING IRIGASI PERTANIAN

Fatimatus Zahro<sup>1</sup>, Dewinta Fresilia<sup>2</sup>, Kendid Mahmudi<sup>3</sup>, Sudarti<sup>4</sup>

[2302102069@mail.unej.ac.id](mailto:2302102069@mail.unej.ac.id)<sup>1</sup>, [dewintafresilia@gmail.com](mailto:dewintafresilia@gmail.com)<sup>2</sup>, [kendidmahmudi.fkip@unej.ac.id](mailto:kendidmahmudi.fkip@unej.ac.id)<sup>3</sup>,  
[sudarti.fkip@unej.ac.id](mailto:sudarti.fkip@unej.ac.id)<sup>4</sup>

Universitas Jember

### ABSTRAK

Seiring bertambahnya waktu, perkembangan teknologi juga semakin pesat, termasuk perkembangan teknologi dalam bidang pertanian. Misalnya teknologi yang dapat mengelola sumber daya air melalui sistem irigasi, di mana suatu sistem dapat mengukur kelembaban tanah dengan mudah. Penulisan ini bertujuan untuk menganalisis konsep fisika yang terdapat pada sensor kelembaban tanah dan prinsip fluida dalam sistem irigasi pertanian. Metode Penelitian yang diterapkan pada artikel ini adalah metode review jurnal ilmiah baik jurnal nasional maupun internasional. Terdapat sekitar 22 jurnal yang kami review yang berkaitan dengan judul di atas, diantaranya yaitu jurnal yang membahas tentang sensor kelembaban tanah, sistem irigasi, dan konsep fisika yang berkaitan dengan keduanya. Dari hasil yang kami dapat dari review jurnal, kami membahas lebih lanjut dan rinci mengenai hal-hal yang berkaitan, di mana kami membaginya dalam beberapa hal pokok. Antara lain, yaitu prinsip dasar sensor kelembaban tanah yang menerapkan prinsip hukum Ohm, peran fluida air dalam tanah, mekanisme kerja sensor kelembaban tanah, pengaruh tekstur dan komposisi tanah, pengaruh suhu tanah terhadap konduktivitas, dan kelebihan serta kekurangan sensor kelembaban tanah.

**Kata Kunci:** Sistem Irigasi, Sensor Kelembaban Tanah, Konsep Fisika.

### ABSTRACT

*As time goes by, technological developments are also increasingly rapid, including technological developments in the field of agriculture. For example, technology that can manage air resources through irrigation systems, where a system can measure soil moisture easily. This writing aims to analyze the physics concepts contained in soil moisture sensors and the principles of fluids in agricultural irrigation systems. The research method applied in this article is the scientific journal review method, both national and international journals. There are around 22 journals that we reviewed that are related to the title above, including journals that discuss soil moisture sensors, irrigation systems, and physics concepts related to both. From the results we get from the journal review, we discuss further and in detail the related matters, where we divide them into several main points. Among others, the basic principles of soil moisture sensors that apply the principle of Ohm's law, the role of air fluids in the soil, the working mechanism of soil moisture sensors, the effect of soil texture and composition, the effect of soil temperature on conductivity, and the advantages and disadvantages of soil moisture sensors.*

**Keywords:** Irrigation System, Soil Moisture Sensor, Physics Concept.

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi dalam bidang pertanian telah membawa inovasi yang signifikan, terutama dalam pengelolaan sumber daya air melalui sistem irigasi berbasis teknologi. Salah satu aspek penting dalam sistem ini adalah pengukuran kelembaban tanah, yang berperan krusial dalam menentukan kebutuhan air tanaman untuk mendukung proses fotosintesis, transportasi nutrisi, dan metabolisme (Marcos & Muzaki, 2022). Sensor kelembaban tanah, khususnya yang berbasis teknologi kapasitif dan resistif, telah menjadi alat yang efektif dalam memantau kondisi tanah secara real-time. Sensor kapasitif bekerja berdasarkan prinsip kapasitansi, memungkinkan pengukuran kadar air tanpa kontak

langsung dengan komponen logam yang rentan terhadap korosi, menjadikannya lebih tahan lama dan akurat dibandingkan sensor resistif (Saputra & Suryono, 2025). Sensor-sensor ini mendeteksi perubahan resistansi dan kapasitansi tanah akibat variasi kadar air, lalu mengkonversinya menjadi nilai digital kelembaban tanah.

Dengan integrasi Internet of Things (IoT), informasi tersebut dapat diakses secara langsung melalui perangkat mobile, memungkinkan pengelolaan irigasi yang lebih efisien dan adaptif. Penelitian menunjukkan bahwa sistem irigasi tetes yang dilengkapi sensor kelembaban tanah dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air hingga 55% serta mengurangi risiko gagal panen akibat kekurangan air, terutama di musim kemarau. Penerapan teknologi ini sangat relevan di wilayah seperti Provinsi Lampung, yang memiliki potensi pertanian tinggi namun didominasi oleh lahan kering. Pada komoditas jagung yang menjadi unggulan di wilayah tersebut, pemanfaatan sensor kelembaban tanah dapat membantu petani menentukan kebutuhan air yang optimal, mengurangi pemborosan, dan meningkatkan hasil panen.

Artikel ini bertujuan untuk menganalisis konsep-konsep fisika yang mendasari kerja sensor kelembaban tanah serta menelaah tantangan dan peluang implementasinya dalam sistem monitoring irigasi pertanian. Melalui pemahaman mendalam terhadap prinsip-prinsip fisika yang terlibat, diharapkan artikel ini dapat memberikan kontribusi nyata terhadap pengembangan teknologi pertanian berkelanjutan dan peningkatan kesejahteraan petani (Maghuna et al., 2024).

## METODOLOGI

Metode penelitian yang digunakan dalam penyusunan karya tulis ilmiah adalah metode penelitian berbasis literatur yang melibatkan pendekatan kualitatif. Peneliti mengumpulkan data tanpa terjun secara langsung ke lapangan, yaitu dengan menggunakan berbagai macam referensi dari berbagai jurnal ilmiah yang relevan baik dari jurnal ilmiah nasional maupun jurnal ilmiah internasional. Pustaka yang diteliti ialah pustaka yang telah dipublikasikan paling lama 5 tahun terakhir. Jumlah artikel yang kami review sebanyak 22 artikel.

Peneliti mengolah data dengan tahapan penelitian yang sesuai dengan studi literatur menurut (Noorhalida et al., 2023), dalam jurnalnya yang dikutip dari jurnal (Fitri, 2020). Adapun tahapan pertama yaitu, peneliti mengkaji jurnal bertaraf nasional dan internasional (yang diterjemah dari bahasa Inggris ke bahasa Indonesia) dalam rentang 5 tahun terakhir. Selanjutnya, penulis membaca, menelaah, dan mencatat point-point penting yang ada di dalam jurnal yang kemudian dianalisis atau diolah sesuai data yang relevan. Tahap terakhir, peneliti memuat data serta pustaka yang digunakan ke dalam bentuk tabel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Year	Title	Result
2025	Bella, A. S., Ilmawati, A., Afitri, D., Nabilla, S. E., Aprianto, K., & Masitoh, G. (2025). Penggunaan Konsep Hukum Ohm Untuk Menganalisis Kesuburan Tanah Melalui Indikator Lampu. <i>Jurnal Pendidikan Inklusif</i> , 9(1).	<b>Latar Belakang</b> : Jurnal ini membahas pentingnya kesuburan tanah sebagai fondasi utama produktivitas pertanian, yang menyediakan kebutuhan esensial bagi tanaman seperti air, nutrisi, dan udara. Penelitian ini memperkenalkan alat pendeteksi kesuburan tanah yang sederhana, berbasis hukum Ohm, yang memanfaatkan resistansi tanah untuk mengukur tingkat kesuburan melalui nyala lampu LED sebagai indikator visual. Alat ini dirancang dengan bahan ekonomis dan mudah digunakan, sehingga

		<p>diharapkan dapat menjadi solusi inovatif bagi petani dari berbagai kalangan. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa alat ini efektif dalam mendeteksi kesuburan tanah, di mana nyala terang mengindikasikan tanah subur, sedangkan nyala redup atau mati menunjukkan tanah kurang subur.</p> <p><b>Metode :</b> Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif untuk menganalisis hubungan antara parameter listrik, seperti resistansi, tegangan, dan arus, terhadap tingkat kesuburan tanah. Proses eksperimen melibatkan penggunaan tanah sebagai medium dalam rangkaian listrik sederhana, di mana nyala lampu digunakan sebagai indikator visual untuk mengukur resistansi tanah berdasarkan hukum Ohm (<math>R = V/I</math>). Sampel tanah diambil dari berbagai lokasi dengan karakteristik kesuburan yang berbeda untuk memastikan variasi data. Hasil pengukuran dibandingkan dengan parameter kimia tanah melalui uji laboratorium untuk memvalidasi korelasi antara sifat listrik dan tingkat kesuburan tanah.</p> <p><b>Hasil :</b> Hasil penelitian menunjukkan bahwa percobaan pada tanah biasa menghasilkan lampu yang tidak menyala, menandakan rendahnya kualitas unsur hara. Percobaan pada tanah hasil pembakaran sampah menunjukkan lampu menyala terang, yang menunjukkan potensi peningkatan kandungan mineral, meskipun ada risiko kontaminasi. Sementara itu, percobaan pada tanah yang dicampur pupuk organik menghasilkan lampu yang sangat terang, menunjukkan bahwa tanah tersebut subur dan kaya akan unsur hara, cocok untuk tanaman yang membutuhkan banyak nutrisi.</p> <p><b>Kesimpulan :</b> Alat pendeteksi kesuburan tanah yang dikembangkan dalam penelitian ini dirancang dengan prinsip kesederhanaan, sehingga dapat dibuat oleh siapa saja. Meskipun demikian, pelatihan dan sosialisasi yang tepat diperlukan untuk menghindari kesalahan penggunaan. Bahan-bahan yang digunakan mudah didapat dan terjangkau, menjadikannya relevan bagi masyarakat luas. Melalui uji coba alat ini, diharapkan masyarakat dapat memahami dan memanfaatkan teknologi ini untuk meningkatkan produktivitas pertanian mereka. Keberlanjutan penggunaan alat ini sangat penting, dan diharapkan dapat terus dikembangkan untuk meningkatkan efektivitasnya dalam mendukung pertanian.</p>
2022	Bogena HR, Weuthen A, Huisman JA. Perkembangan Terbaru dalam Penginderaan	<b>Latar Belakang :</b> Jurnal ini membahas kemajuan dalam teknologi jaringan sensor nirkabel (WSN) untuk pengukuran kelembaban tanah, yang sangat penting untuk penelitian ilmiah dan manajemen pertanian. Kelembaban tanah

	<p>Kelembaban Tanah Nirkabel untuk Mendukung Penelitian Ilmiah dan Manajemen Pertanian. <i>Sensors (Basel)</i>. 13 Desember 2022;22(24):9792. doi: 10.3390/s22249792. PMID: 36560160; PMCID: PMC9783927.</p>	<p>memiliki pengaruh besar terhadap proses hidrologi dan sistem iklim, sehingga pemahaman yang baik tentang dinamika kelembaban tanah sangat diperlukan. Dengan adanya teknologi WSN, pengukuran kelembaban tanah dapat dilakukan secara real-time dan terdistribusi, yang meningkatkan validasi data satelit dan model hidrologi.</p> <p><b>Metode :</b> Jurnal ini mengkaji berbagai teknologi WSN, termasuk ZigBee, LoRa, dan Narrowband Internet of Things (NB-IoT). Penelitian ini juga membahas metode kalibrasi sensor kelembaban tanah, termasuk proses kalibrasi dua langkah untuk meningkatkan akurasi pengukuran. Selain itu, jurnal ini membahas perbandingan antara teknologi komunikasi seperti LoRa dan NB-IoT dalam konteks pemantauan kelembaban tanah untuk pertanian pintar.</p> <p><b>Hasil :</b> Hasil penelitian menunjukkan bahwa WSN dapat memberikan data kelembaban tanah yang luas dan akurat, yang bermanfaat untuk berbagai aplikasi, termasuk pemantauan banjir secara real-time, sistem peringatan dini kekeringan, dan manajemen pertanian. Meskipun WSN menawarkan banyak keuntungan, tantangan tetap ada, seperti kebutuhan akan banyak sensor untuk menangkap variabilitas spasial dan perlunya personel yang terlatih untuk pemeliharaan.</p> <p><b>Kesimpulan :</b> Jurnal ini menyimpulkan bahwa meskipun teknologi sensor kelembaban tanah yang terjangkau seringkali memiliki kalibrasi pabrik yang tidak optimal, penerapan proses kalibrasi yang tepat dapat meningkatkan akurasi pengukuran. WSN memiliki potensi besar untuk meningkatkan pemahaman kita tentang sistem hidrologi dan mendukung pengelolaan sumber daya air yang lebih baik. Dengan kemajuan dalam teknologi sensor dan komunikasi, efisiensi dan efektivitas pemantauan kelembaban tanah diharapkan akan meningkat di masa depan.</p>
2021	<p>Hikmah, P.I.N., Mislan., dan Rahmiati. 2021. Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembaban Tanah Pada Media Tanam Berbasis Mikrokontroler Atmega328P. <i>Progressive Physics Journal</i>. 2(1) :</p>	<p><b>Latar Belakang :</b> Pada penelitian ini kita dapat memanfaatkan teknologi yang ada dan memanfaatkannya pada bidang pertanian. Penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan informasi mengenai suhu dan kelembaban tanah pada media tanam serta dapat mempermudah pekerjaan manusia dalam segi tenaga dan efisien waktu dalam proses penyiraman.</p> <p><b>Metode :</b> Hal pertama yang dilakukan adalah melakukan perencanaan alat dan pembuatan alat.</p>

		<p>Setelah alat dibuat, maka alat diujikan pada media tanam tanaman.</p> <p><b>Hasil :</b> Penyiraman tanaman dibuat dengan mendeteksi kelembaban tanah (kering dan basah) oleh sensor YL69 Saat tanah dalam keadaan kering, maka sensor akan memonitoring keadaan tanah dan pompa air yang dihubungkan ke relay akan bekerja sesuai kondisi tanah. Saat tanah dalam keadaan basah, maka pompa air tidak akan mengeluarkan air. Nilai yang dikeluarkan oleh sensor suhu dan kelembaban akan ditampilkan di LCD</p> <p><b>Kesimpulan :</b> lat yang dirancang akan bekerja dengan mengeluarkan air apabila kondisi tanah dalam keadaan kering dan apabila tanah dalam keadaan basah alat tidak akan mengeluarkan air. Alat penyiram tanaman ini hanya bekerja dengan mendeteksi kondisi tanah dalam keadaan kering</p>
2020	<p>Jong, S.M.D., Renee, A. H., Wiebe, N., and Mark, V. D. M. 2020. Monitoring Soil Moisture Dynamics Using Electrical Resistivity Tomography under Homogeneous Field Conditions. <i>Sensors</i>. 20(18):5313.</p>	<p><b>Latar Belakang ;</b> Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan wawasan yang lebih baik dalam prosedur pengukuran ERT dan respon sensor data ERT terhadap kondisi kelembaban yang berubah dan dinamis. Peneliti merancang eksperimen di mana pengaturan lingkungan lebih terkontrol (laboratorium luar terbaik) daripada yang dimungkinkan di tanah heterogen dari studi in situ sebelumnya.</p> <p><b>Metode :</b> Penelitian dilakukan dengan metode percobaan menggunakan pengukuran referensi yang kemudian berlanjut ke tahap pengolahan data.</p> <p><b>Hasil :</b> Dalam percobaan kami, pola spasial kelembaban tanah setelah hujan dapat dijelaskan sebagian, yaitu perkembangan front basah, dan menghubungkannya dengan pengukuran kelembaban gravimetrik. Hubungan kuantitatif antara pengukuran ERT dan kelembaban tanah sederhana dan serupa dengan banyak penelitian lainnya. Korelasi sederhana ini sebagian dapat dijelaskan oleh sifat konduktivitas air hujan dan air permukaan yang berbeda di parit dibandingkan dengan air tanah.</p>

		<p><b>Kesimpulan</b> : ERT memungkinkan pengukuran spasial terperinci dari estimasi kelembaban tanah dan pola yang dihasilkan dari presipitasi dan evapotranspirasi, dan sangat cocok untuk tanah yang tidak dapat diakses dan analisis spasial terperinci, di mana metode probe atau berbasis sampel tidak memadai.</p>
2021	<p>Jupita, R., Arjun, N.T., Arinda, R., Chindy, S., dan Mico, F. 2021. Optimalisasi Penyiraman Tanaman Dengan Sensor Soil Moisture. <i>Portalddata.org</i>. 7(2) : 1-10.</p>	<p><b>Latar Belakang</b> : Seiring dengan perkembangan teknologi suatu sistem otomatisasi tentu akan sangat membantu kehidupan manusia, termasuk dalam hal menyiram tanaman. Untuk mengatasi permasalahan yang ada, maka perlu dibuat suatu alat yang dapat mendeteksi kelembaban tanah, alat ini didesain untuk mendeteksi apakah tanaman tersebut memiliki tanah dengan kadar air yang cukup basah atau kering, sehingga mampu mengurangi kadar kekeringan pada tanah. Pada penelitian ini dirancang alat penyiraman tanaman otomatis menggunakan sensor kelembaban tanah. Sensor kelembaban tanah merupakan sensor yang mampu mendeteksi intensitas air di dalam tanah (moisture).</p> <p><b>Metode</b> : Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen, dimana metode ini dilakukan dengan melakukan percobaan sampai mendapatkan hasil yang sesuai. Adapun langkah-langkahnya adalah melakukan studi literatur, merancang software dan hardware, menguji alat, pengerjaan alat baik mekanik dan rangkaian, terakhir Prototype membangun perancangan sementara yang berpusat pada penyajian kedalam sistem mekanik yang akan dirancang</p> <p><b>Hasil</b> : Pengujian sensor soil moisture dilakukan untuk mengetahui kondisi awal pada tanah. Untuk mendapatkan data dapat dilakukan dengan cara menancapkan sensor soil moisture kedalam permukaan tanah pada tanaman. Sistem yang terdiri dari sensor soil moisture bekerja untuk membaca nilai kelembaban tanah, ketika tanah dalam keadaan kering maka sistem akan menyiram tanaman sampai tanah menjadi basah dan ketika sudah basah maka sistem akan berhenti dengan sendirinya sesuai penjadwalan yang sudah ditentukan. Disamping itu, perancangan alat penyiram tanaman otomatis juga memanfaatkan arduino untuk mendeteksi kadar kelembaban tanah pada tanaman. Apabila kadar kelembaban tanah diatas atau sama dengan 500 nilai kelembaban tanah, maka pompa akan menyiram secara otomatis dan akan berhenti apabila kadar kelembaban tanah dibawah 500 nilai kelembaban tanah.</p> <p><b>Kesimpulan</b> : Dari hasil pengujian didapatkan bahwa</p>

		<p>rancang bangun penyiraman tanaman otomatis menggunakan sensor soil moisture yang telah dibuat oleh peneliti dapat bekerja dengan baik dan dapat diterapkan pada tanaman. Parameter penentuan kadar kelembaban tanah diatas atau sama dengan 500 kelembaban tanah basah sedangkan apabila kadar kelembaban tanah dibawah 500 nilai kelembaban tanah kering</p>
2024	<p>Maghuna, K. T. J., Wibawa, I. M. S., Suardana, P., Widagda, I. A., Trisnawati, N. L. P., &amp; Kasmawan, I. G. A. (2024). Perancangan Alat Ukur Kelembaban Tanah Menggunakan Capacitive Soil Moisture Sensor Berbasis Android. <i>Kappa Journal</i>, 8(2), 165-173. DOI: <a href="https://doi.org/10.29408/kpj.v8i1.25122">https://doi.org/10.29408/kpj.v8i1.25122</a>.</p>	<p><b>Latar Belakang :</b> Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan alat ukur kelembaban tanah menggunakan sensor kelembaban tanah kapasitif berbasis Android. Alat ini dirancang untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi dalam pengukuran kelembaban tanah, yang penting untuk pertanian dan penelitian tanah. Penelitian dilakukan di Laboratorium Elektronika dan Instrumentasi, Universitas Udayana, dengan fokus pada lima jenis tanah yang berbeda.</p> <p><b>Metode :</b> Alat ukur kelembaban tanah dirancang menggunakan komponen seperti sensor kelembaban tanah kapasitif, Arduino Mega 2560, modul Bluetooth HC-05, dan LCD 20x4. Data kelembaban tanah ditampilkan melalui aplikasi Android bernama Soil App yang terhubung via Bluetooth. Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran alat dengan alat referensi, yaitu soil moisture meter pH tester VT05, pada lima jenis tanah (pasir hitam, pasir putih, kapur, liat, dan humus).</p> <p><b>Hasil :</b> Hasil kalibrasi menunjukkan kesesuaian pengukuran yang sangat tinggi, dengan nilai regresi linear mencapai 99,82% dan tingkat keakuratan 99,83%. Data kelembaban tanah yang diperoleh bervariasi tergantung pada jenis tanah yang diuji, dan hasilnya ditampilkan dalam bentuk grafik regresi dan grafik batang.</p> <p><b>Kesimpulan :</b> Penelitian ini berhasil mengembangkan alat ukur kelembaban tanah yang efektif dan akurat, mendekati standar alat referensi. Penggunaan sensor kapasitif menunjukkan keunggulan dibandingkan sensor resistif dalam hal daya tahan dan akurasi. Alat ini memungkinkan pengguna untuk mengakses data kelembaban tanah secara efisien melalui smartphone, yang dapat bermanfaat dalam aplikasi pertanian dan penelitian tanah.</p>
2022	<p>Maison, M., Samsidar, S., Angraini, R. M., Afrianto, M. F., Peslinof, M., Handayani, L., ... &amp; Lestari, A. P. (2022). Analisis Nilai Konduktivitas Terhadap Perubahan Unsur Hara Pada Tanah Inseptisol. <i>Journal Online Of Physics</i>, 8(1), 36-42.</p>	<p><b>Latar Belakang :</b> Jurnal ini membahas analisis nilai konduktivitas terhadap perubahan unsur hara pada tanah inseptisol, yang merupakan jenis tanah yang banyak ditemukan di Indonesia dan memiliki potensi kesuburan yang baik. Latar belakang penelitian ini berfokus pada pentingnya pemahaman tentang konduktivitas tanah sebagai indikator kesuburan, yang dipengaruhi oleh penambahan pupuk NPK. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi hubungan</p>

		<p>antara konduktivitas tanah dan unsur hara yang terkandung di dalamnya, serta untuk mengembangkan model pemodelan alat kesuburan tanah berdasarkan nilai konduktivitas.</p> <p><b>Metode :</b> Metode yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan pengujian nilai konduktivitas menggunakan alat Impedance Analyzer. Sampel tanah inseptisol diambil dari lima titik berbeda di lahan perkebunan Universitas Jambi. Pengukuran dilakukan pada hari pertama dengan variasi penambahan pupuk NPK sebesar 0%, 1%, 3%, 5%, dan 7%, dengan kelembaban tanah dijaga pada kisaran 40%-45%. Setelah pengambilan data awal, sampel ditutup dalam plastik untuk memungkinkan penguraian pupuk secara anaerob selama 12 hari, setelah itu dilakukan pengujian nilai impedansi kembali untuk melihat perubahan konduktivitas.</p> <p><b>Hasil :</b> Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai konduktivitas tanah meningkat seiring dengan penambahan pupuk NPK dan setelah proses penguraian. Penurunan nilai impedansi yang terukur menunjukkan adanya peningkatan konduktivitas, yang berkorelasi positif dengan penambahan unsur hara. Semua jenis sampel tanah menunjukkan hubungan linier yang kuat dengan nilai regresi lebih dari 99% terhadap penambahan pupuk dan penguraian unsur hara.</p> <p><b>Kesimpulan :</b> Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa penambahan pupuk NPK dan waktu penguraian berkontribusi signifikan terhadap peningkatan nilai konduktivitas tanah. Hubungan yang kuat antara konduktivitas dan unsur hara ini menunjukkan potensi penggunaan nilai konduktivitas sebagai parameter dalam pemodelan alat kesuburan tanah. Penelitian ini memberikan dasar untuk pengembangan lebih lanjut dalam teknologi pemantauan kesuburan tanah yang lebih efisien dan non-destruktif.</p>
2022	<p>Marcos, H., &amp; Muzaki, H. (2022). Monitoring Suhu Udara Dan Kelembaban Tanah Pada Budidaya Tanaman Pepaya. Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam, 3(2), 32-43.</p>	<p><b>Latar Belakang :</b> Jurnal ini membahas pentingnya pemantauan suhu dan kelembaban tanah dalam budidaya tanaman, khususnya pada tanaman pepaya. Kelembaban tanah merupakan faktor lingkungan yang krusial yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Dengan kemajuan teknologi, penggunaan sistem berbasis Internet of Things (IoT) dapat membantu petani dalam mengelola kondisi tanah secara lebih efektif.</p> <p><b>Metode :</b> Penelitian ini menggunakan sistem monitoring yang dirancang dengan mikrokontroler Arduino dan sensor kelembaban tanah. Sistem ini dilengkapi dengan sensor suhu untuk mengontrol pompa penyiraman otomatis. Data kelembaban tanah dan suhu ditampilkan pada layar LCD. Proses desain mencakup pemrograman Arduino dan integrasi</p>

		<p>berbagai komponen untuk memastikan pemantauan yang efektif.</p> <p><b>Hasil :</b> Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berfungsi dengan baik, meskipun terdapat beberapa kesalahan yang perlu diperbaiki. Kelembaban tanah terukur berkisar antara 35% hingga 60%, tergantung pada kondisi tanah, sedangkan suhu ruangan berkisar antara +24°C hingga +28°C. Sistem ini berhasil memberikan data yang dapat membantu petani dalam pengambilan keputusan terkait penyiraman tanaman.</p> <p><b>Kesimpulan :</b> Penelitian ini menunjukkan bahwa sistem monitoring suhu dan kelembaban tanah berbasis IoT dapat meningkatkan praktik pertanian dengan memberikan informasi yang akurat kepada petani. Penulis menyarankan perlunya kalibrasi sensor dan penambahan fitur untuk penelitian selanjutnya guna meningkatkan kinerja sistem.</p>
2022	<p>Mirzakhani, H., Indra, M., 2, Murtaza, H., Ali, M. N., Roaf, A. P., dan Dinesh, . 2022. Development of Prediction Models for Soil Nitrogen Management Based on Electrical Conductivity and Moisture Content. <i>Sensors</i>. 22(18) : 6728.</p>	<p><b>Latar Belakang :</b> Penelitian ini berupaya mengatasi kesenjangan ini guna mengembangkan sensor yang dapat menjadi dasar bagi semua jenis deteksi laju variabel menggunakan konduktivitas listrik untuk aplikasi N spesifik lokasi dengan mengeksplorasi hubungan antara konduktivitas listrik, kadar kelembaban, dan tingkat N untuk berbagai tanah terpilih di lapangan.</p> <p><b>Metode :</b> Adapun metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode percobaan dengan melibatkan pengukuran sifat fisik tanah (tekstur tanah, kapasitas lahan, titik layu permanen, dan kapasitas air yang tersedia), penentuan sifat kimia jenis tanah tertentu (pH tanah, total N tanah, dan N yang tersedia dalam tanah), dan pengukuran konduktivitas listrik tanah (pengukuran EC pada berbagai tingkat kelembaban tanah, pengukuran EC tanah pada berbagai tingkat N, dan analisis statistik).</p> <p><b>Hasil :</b> Koefisien determinasi untuk kadar N adalah 0,98, 0,90, dan 0,99 untuk lempung liat (46% lempung), lempung berpasir (61% pasir), dan lempung berpasir (41% lanau). Data menunjukkan bahwa ketika dimasukkan ke dalam persamaan yang dihasilkan dari korelasi antara EC dan konsentrasi nitrat-N tanah, nilai EC memberikan informasi yang dapat diandalkan tentang ketersediaan N. EC tanah yang berbeda berkisar antara 0,00–0,59 mS m<sup>-1</sup> untuk kadar air tanah yang berbeda antara 0–22% dan EC meningkat dengan</p>

		<p>meningkatnya kadar air tanah. Hasil perubahan EC dengan perubahan kadar N menunjukkan adanya korelasi antara EC tanah dan N tanah, dan EC tanah meningkat pada sampel tanah yang berbeda dengan meningkatnya N tanah.</p> <p><b>Kesimpulan :</b> Kandungan nitrogen dan kadar air di semua jenis tanah yang dipilih ditemukan secara signifikan mempengaruhi EC tanah. Hubungan yang terbentuk dapat digunakan untuk mengembangkan sensor untuk pengukuran N tanah yang tersedia secara real-time, yang memungkinkan petani untuk menerapkan pupuk nitrogen secara tepat.</p>
2024	<p>Nanda, A. P., Jeprianto, J., &amp; Mahdi, M. I. (2024). Sistem Otomatis Penyiraman Tanaman Berbasis Sensor Kelembaban Tanah Untuk Peningkatan Produktivitas Pertanian. <i>Technologia: Jurnal Ilmiah</i>, 15(4), 764-774.</p>	<p><b>Latar Belakang :</b> Jurnal ini membahas pentingnya sistem otomatis penyiraman tanaman untuk meningkatkan produktivitas pertanian dengan memanfaatkan sensor kelembaban tanah, yang dapat mengatur penyiraman secara efisien berdasarkan kondisi tanah.</p> <p><b>Metode :</b> Penelitian menggunakan metode observasi dan pengumpulan data melalui sensor kelembaban tanah, serta analisis terhadap operasi sistem penyiraman otomatis, termasuk pengamatan terhadap kondisi lingkungan seperti suhu dan kelembaban udara.</p> <p><b>Hasil :</b> Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem penyiraman otomatis berfungsi dengan baik, mampu mengatur penyiraman sesuai kebutuhan tanaman, dan dapat dioperasikan melalui aplikasi smartphone.</p> <p><b>Kesimpulan :</b> Sistem otomatis penyiraman berbasis sensor kelembaban tanah efektif dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air dan produktivitas pertanian, serta memberikan kemudahan dalam pengelolaan irigasi.</p>
2022	<p>Narji, M., Rano, A., Dedi, S., dan Muhammad, R.E. 2022. Simulasi Otomatisasi Sistem Penyiraman Tanaman Menggunakan Moisture Sensor Berbasis Mobile. <i>Jurnal Teknologi Informatika dan Komputer MH. Thamrin</i>. 8(1) : 216-226.</p>	<p><b>Latar Belakang :</b> Dengan memanfaatkan perkembangan teknologi <i>Internet of Things</i> (IoT), dibuatlah alat pendeteksi kelembaban tanah dan penyiraman tanaman otomatis untuk mempermudah pekerjaan petani untuk menyiram tanaman. Dengan adanya alat pendeteksi kelembaban tanah dan penyiraman tanaman otomatis ini, diharapkan penyiraman dapat dilakukan tepat pada waktunya.</p> <p><b>Metode :</b> Adapun metode yang digunakan dalam hal melakukan penelitian yaitu menggunakan metode kuantitatif eksperimen dengan tahapan pertama mengidentifikasi masalah kemudian studi literatur, analisa kebutuhan perangkat , perancangan perangkat, dan yang terakhir pengujian perangkat.</p> <p><b>Hasil :</b> Pengujian sensor kelembaban tanah dilakukan untuk mengetahui berapa besar tegangan yang dihasilkan oleh sensor dalam mendeteksi keadaan tanah yang pkh lembap, basah atau kering. Pengujian ini dilakukan dengan cara</p>

		<p>mengukur arus voltage Output pada sensor kelembaban tanah. Pada penelitian ini memerlukan voltase 12 V DC agar dapat terhubung dengan pin Ao.</p> <p><b>Kesimpulan :</b> Berdasarkan hasil pembuatan dan pengujian, alat penyiraman tanaman dapat beroperasi menggunakan sumber tegangan listrik dari PLN maupun baterai sebagai cadangan saat listrik padam. Perawatan rutin diperlukan untuk menjaga kinerja optimal dan mengurangi risiko kerusakan. Tegangan listrik yang tidak stabil dapat mempengaruhi performa alat, sehingga disarankan penggunaan sumber daya yang lebih stabil. Setelah dilakukan 10 kali uji coba secara berkelanjutan, alat terbukti bekerja secara stabil tanpa kendala yang signifikan.</p>
2023	<p>Priyonggo, B., Azadi, A., Hafidz, M., Wirawan, A., Ummah, N., Rahayu, D., &amp; Mufidah, Z. (2023). Kalibrasi silang pengukur EC tanah (RS-485) dengan WET-2 sensor di Rumpin, Bogor. <i>Sultra Journal of Mechanical Engineering</i>, 2(2), 100-106.</p>	<p><b>Latar Belakang :</b> Jurnal ini membahas pentingnya kalibrasi sensor pengukur EC tanah untuk meningkatkan akurasi data yang diperoleh, dengan fokus pada penggunaan sensor tipe RS485 dan WET-2 di Rumpin, Bogor.</p> <p><b>Metode :</b> Penelitian dilakukan dengan pengambilan data EC pada 40 titik sampel menggunakan sensor RS485 yang dikalibrasi dan WET-2 sebagai kalibrator, serta analisis kuantitatif untuk menghitung koefisien korelasi dan regresi linier.</p> <p><b>Hasil :</b> Hasil analisis menunjukkan nilai R square sebesar 0.8127, yang menunjukkan hubungan yang sangat tinggi antara kedua sensor, dengan nilai multiple R sebesar 0.9015.</p> <p><b>Kesimpulan :</b> Metode kalibrasi silang yang diterapkan dalam penelitian ini terbukti efektif dalam meningkatkan akurasi pengukuran EC tanah, sehingga dapat diandalkan untuk aplikasi lebih lanjut dalam penelitian tanah.</p>
2024	<p>Sarkar, S., Dipty, K. D., Abhinandan, S., Ranjan, L., Santosh, K, S., Harold, M. V. E., Kavya, K., Amit, K. S., Anup, D., Utkarsh, S., Hosam, O. E., dan Eman, A. M. 2024 Seasonal variations in soil characteristics control microbial respiration and carbon use under tree plantations in the middle gangetic region. <i>Heliyon</i>. 10(16):e35593.</p>	<p><b>Latar Belakang :</b> Percobaan ini bertujuan untuk mempelajari bagaimana penanaman pohon mempengaruhi tren musiman dalam SR dan biomassa mikroba di wilayah Indo-Gangga, menentukan apakah qCO<sub>2</sub> dapat menjadi parameter yang dapat diandalkan untuk penggunaan karbon mikroba dalam TP dan musim yang berbeda, menyelidiki hubungan antara indeks mikroba (MBC, respirasi, nitrogen, dll.) dan karakteristik fisikokimia tanah.</p> <p><b>Metode :</b> Adapun metode penelitian yang dilakukan adalah metode eksperimen dengan menentukan lokasi dan karakteristik penanaman pohon, kemudian mendesain eksperimen dan mengambil sampel, menganalisis laboratorium, dan yang terakhir menganalisis data.</p>

		<p><b>Hasil</b> : qCO<sub>2</sub> memiliki korelasi negatif dengan pH tanah dan korelasi positif dengan EC tanah. SR yang lebih tinggi dapat disebabkan oleh stres pH yang lebih tinggi yang mengakibatkan qCO<sub>2</sub> yang lebih rendah. Investigasi saat ini melaporkan korelasi positif antara qCO<sub>2</sub> dan EC, yang dikaitkan dengan karya Ebrahimi et al. (2022). Di sisi lain, Akburak et al. (2018) mengamati hubungan negatif antara qCO<sub>2</sub> dan EC, dan berpendapat bahwa EC yang lebih rendah meningkatkan aktivitas mikroba yang mengakibatkan qCO<sub>2</sub> yang lebih tinggi. Temuan kami menunjukkan korelasi positif qCO<sub>2</sub> dengan rasio C/N di semua TP, yang serupa dengan temuan Brzezińska et al. (2018) dan Cai et al. (2022)</p> <p><b>Kesimpulan</b> : Studi ini menunjukkan pentingnya karakteristik mikroba untuk mengevaluasi pengaruh musiman dan sifat tanah terhadap dinamika nitrogen dan karbon dan secara praktis diperlukan untuk pengembangan TP yang berkelanjutan.</p>
2025	<p>Saputra, M. J., &amp; Suryono, R. R. (2025). Implementasi Teknologi Irigasi Tetes pada Tanaman Jagung Menggunakan Sensor Soil Moisture dan Mikrokontroler Esp 32: Technology Implementation Drip Irrigation on Plants Corn Uses Soil Moisture Sensor and Esp 32 microcontroller. MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science, 5(1), 111-118</p>	<p><b>Latar Belakang</b> : Penelitian ini dilatarbelakangi oleh tantangan yang dihadapi petani dalam menyiram tanaman jagung secara manual dan menentukan kebutuhan air yang optimal. Dengan meningkatnya kebutuhan akan efisiensi penggunaan air, terutama di daerah dengan sumberdaya air terbatas, diperlukan sistem irigasi yang lebih efektif.</p> <p><b>Metode</b> : Penelitian ini mengembangkan sistem irigasi tetes otomatis yang menggunakan sensor kelembaban tanah dan mikrokontroler ESP32. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi kadar kelembaban tanah secara real-time dan mengontrol pompa air secara otomatis. Prototipe sistem terdiri dari komponen elektronik seperti ESP32, sensor kelembaban, relay, dan pompa air.</p> <p><b>Hasil</b> : Pengujian sistem menunjukkan bahwa sistem irigasi otomatis ini efektif dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air dan produktivitas tanaman jagung. Sistem dapat mengaktifkan pompa air ketika kadar kelembaban tanah turun di bawah ambang batas tertentu, sehingga menjaga kelembaban tanah yang optimal. Meskipun hasilnya menjanjikan, sistem ini belum diuji secara luas di lapangan dan bergantung pada sumber energi matahari.</p> <p><b>Kesimpulan</b> : Sistem irigasi tetes otomatis yang dikembangkan menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan produktivitas tanaman jagung dan efisiensi penggunaan air. Penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji sistem dalam berbagai kondisi cuaca dan mempertimbangkan sumber daya cadangan untuk meningkatkan keandalan sistem.</p>
2023	<p>Sheng, Z., Yaoyao L, Shuo, Z., Jun, N., Yan, Z., Weixing, C., dan</p>	<p><b>Latar Belakang</b> : Dalam studi ini, sensor kelembaban profil tanah tarik-keluar satu probe berbiaya rendah dirancang</p>

	<p>Xiaoping, J. 2023. A Portable Pull-Out Soil Profile Moisture Sensor Based on High-Frequency Capacitance. <i>Sensors</i>. 23(8):3806.</p>	<p>mengikuti prinsip metode dielektrik kapasitif, yang mana panjang batang pengikatnya dapat dikonfigurasi secara fleksibel untuk menggerakannya ke atas dan ke bawah probe cincin tunggal untuk mengukur kelembaban berbagai lapisan tanah, dan aplikasi telepon pintar digunakan untuk membaca kadar air dan informasi kelembaban lainnya untuk tanah secara real time.</p> <p><b>Metode</b> : Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan langkah awal melakukan studi literatur, kemudian melakukan prinsip pengukuran, mendesain alat, menguji alat dan yang terakhir memproses data..</p> <p><b>Hasil</b> : Analisis menunjukkan bahwa lempung coklat Jiangsu yang digunakan untuk uji laboratorium adalah sampel dengan kadar air berbeda yang dikonfigurasi secara artifisial setelah penggilingan, yang dipengaruhi oleh sifat fisik dan kimia lempung. Akibatnya, model pengukuran sensor yang dikembangkan sendiri tidak dapat disesuaikan dengan baik dengan situasi khusus kadar air tinggi dan rendah. Jika celah udara terlalu besar, lumpur perlu diisi untuk mengeluarkan udara, dan umumnya perlu dibiarkan selama 2 atau 3 minggu untuk memastikan bahwa lumpur dan kelembaban tanah yang akan diukur benar-benar tertembus. Jika struktur lumpur berbeda dari struktur tanah yang akan diukur, kesalahan baru akan terjadi, sehingga tanah grouting harus diambil sampelnya sedekat mungkin dengan lokasi pengujian.</p> <p><b>Kesimpulan</b> : Dalam penelitian ini, sensor kelembaban profil tanah portabel yang dapat ditarik dikembangkan berdasarkan metode kapasitansi frekuensi tinggi. Pekerjaan ini terutama inovatif dalam hal desain struktur probe sensor, desain perangkat lunak dan perangkat keras unit pemrosesan data, desain rangka dan struktur yang dapat ditarik, serta pengujian kinerja sensor dan pemrosesan data.</p>
2022	<p>Tian, H., Chao G., Xin Z., Chongchong Y., dan Tao X. Smart Soil Water Sensor with Soil Impedance Detected via Edge Electromagnetic Field Induction. 2022. 13(9):1427.</p>	<p><b>Latar Belakang</b> : Dalam penelitian ini, sensor induksi medan elektromagnetik tepi (EEMFI) dirancang untuk pengukuran kadar air tanah berdasarkan metode deteksi impedansi dan mengusulkan metode kalibrasi yang dinormalisasi untuk menghilangkan kesalahan yang disebabkan oleh rangkaian pengukuran itu sendiri dan meningkatkan konsistensi keluaran.</p> <p><b>Metode</b> : Penelitian ini dilakukan dengan cara menguji alat yang digunakan untuk memperoleh data yang relevan.</p> <p><b>Hasil</b> : Berdasarkan metode normalisasi, kalibrasi sensor kadar air tanah konvensional menunjukkan bahwa setiap sensor memiliki hubungan pemetaannya sendiri karena karakteristik sensor dan tekstur tanah. Jika jenis tanah atau sensor berubah, sensor perlu dikalibrasi ulang. Rentang</p>

		<p>pengukuran menunjukkan nilai maksimum dan minimum yang diukur oleh sensor. Ketika medan elektromagnetik berdiameter lebih dari 10 cm, kekuatan elektromagnetik kurang dari 1 V/m. Pada saat ini, probe sensor EEMFI tidak dapat secara efektif merasakan perubahan pada medan magnet di sekitarnya, yang menunjukkan bahwa jangkauan sensitif sensor EEMFI untuk probe adalah 0-5 cm dari pusat, atau diameter pengukuran 10 cm. Ketika curah hujan meningkat, kadar air tanah yang terukur juga meningkat, yang membuktikan bahwa sensor dapat secara akurat menanggapi perubahan kadar air tanah.</p> <p><b>Kesimpulan :</b> Probe pengukuran air EEFMI yang diusulkan memiliki fleksibilitas yang lebih baik, perawatan dan penggantian yang lebih mudah, dan lebih banyak digunakan dalam aplikasi praktis daripada probe sebelumnya. Model kalibrasi yang dinormalisasi dan kuadratik ditetapkan melalui eksperimen kalibrasi, dan koefisien determinasi yang dipasang melebihi 0,98.</p>
2022	<p>Thoriq, A., Pratopo, L. H., Sampurno, R. M., &amp; Shafiyullah, S. H. (2022). Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Tanah Berbasis Internet of Things. <i>Jurnal Keteknikan Pertanian</i>, 10(3), 268-280.</p>	<p><b>Latar Belakang :</b> Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring suhu dan kelembaban tanah berbasis Internet of Things (IoT) untuk meningkatkan efisiensi pertanian dan pengelolaan sumber daya air.</p> <p><b>Metode :</b> Metode yang digunakan meliputi studi literatur untuk analisis kebutuhan, perancangan alat dengan komponen seperti sensor DHT22 dan DS18B20, serta pengendali NodeMCU ESP32. Pengujian dilakukan untuk mengukur akurasi sensor dan ketahanan baterai.</p> <p><b>Hasil :</b> Hasil pengujian menunjukkan akurasi sensor suhu tanah 98,05%, kelembaban tanah 90,2%, suhu udara 98,3%, dan kelembaban udara 96,88%. Ketahanan baterai mencapai 10 jam 27 menit, dan sistem dapat menyimpan data pada SD Card saat koneksi internet tidak stabil.</p> <p><b>Kesimpulan :</b> Sistem yang dikembangkan efektif dalam memonitor suhu dan kelembaban tanah, memberikan data akurat untuk mendukung keputusan pertanian yang lebih baik, serta memiliki ketahanan baterai yang memadai untuk penggunaan lapangan.</p>
2022	<p>Vivaldi, F., Tana, S., E. Vaneckova, D. Biagini, A. Bonini, dan Villiam, K. 2022. Electric conductivity measurements employing 3D printed electrodes and cells. <i>Analytica Chimica Acta</i>. 1203.</p>	<p><b>Latar Belakang :</b> penggunaan teknik fused deposition modeling (FDM) dan teknik pencetakan 3D (3DP) terkait dalam aplikasi penginderaan telah meningkat pesat berkat pengembangan bahan cetak fungsional. Konduktansi listrik objek cetak 3D dapat berubah akibat beban mekanis akibat perubahan dimensi serta perubahan konduktivitas listrik</p>

		<p>sebagai sifat intrinsik komposit yang digunakan (efek piezoresistive).</p> <p><b>Metode</b> : Penelitian ini dibuat dengan merancang, membangun, memeriksa, dan menguji platform eksperimental untuk pengukuran konduktansi larutan berair, yang menggabungkan keunggulan sirkuit elektronik yang dikembangkan sendiri dan manufaktur berdasarkan pencetakan 3D.</p> <p><b>Hasil</b> : Platform cetak 3D dikontrol oleh perangkat elektronik yang dikembangkan secara internal berdasarkan kit prototipe sistem-pada-chip yang dapat diprogram. Fungsionalitas konduktometer yang dibangun tersebut diverifikasi oleh pengukuran yang menggunakan standar konduktansi komersial serta larutan elektrolit kuat dan lemah buatan laboratorium dengan nilai konsentrasi yang bervariasi secara sistematis.</p> <p><b>Kesimpulan</b> : Sirkuit elektronik dirakit dengan bantuan perangkat prototipe sistem yang dapat diprogram pada chip. Desain berbantuan komputer dan pemodelan deposisi lebur bi-material pencetakan 3D diterapkan untuk merancang dan memproduksi platform pengukuran</p>
2024	<p>Witkowski , J.S., dan Andrzej, G. 2024. Dual-Frequency Soil Moisture Meter Method for Simultaneous Estimation of Soil Moisture and Conductivity. Sensors. 24(10):2969</p>	<p><b>Latar Belakang</b> : Air memungkinkan tumbuhnya tumbuhan tetapi jumlah harus tetap dalam batas tertentu. Terlalu banyak air dan terlalu sedikit air sama-sama berbahaya. Kemajuan dalam ilmu pertanian membuat orang bermimpi tidak hanya rentang analisis kualitatif tetapi juga kuantitatif tentang hubungan antara pertumbuhan tanaman yang optimal secara ekonomi dan kadar air tanah.</p> <p><b>Metode</b> : Penelitian ini dilakukan secara kuantitatif yang melibatkan beberapa metode, yaitu metode pensimetri, metode pelat tekanan, metode TDR (reflektometri domain waktu) metode FDR (reflectometri domain frekuensi), metode DPHP (pulsa panas probe ganda), metode GPR (kadar penetrasi tanah), metode isotop, dan metode optik.</p> <p><b>Hasil</b> : Permittivitas relatif tanah tidak bergantung secara linear pada komponen tanah titik interaksi antara air dan partikel pada juga harus diperhitungkan ternyata permittivitas relatif air dalam bentuk lapisan tipis yang menutupi benda padat adalah sekitar 3,6 bukan 80. Banyak hubungan timbal balik lainnya antara air, batu, dan udara juga perlu diperhitungkan.</p> <p><b>Kesimpulan</b> : Setelah prosedur kalibrasi mengukur</p>

		transmigrasinya bersama dengan media yang diukur, yang memungkinkan konduktivitas dan kadar air media diperkirakan titik kedua algoritma untuk kalibrasi dan penentuan prosedur optimasi $\epsilon_w$ dan $\sigma$ digunakan.
2020	Yin, Y., and Zhongzheng, Y. 2020. Variations of soil bacterial diversity and metabolic function with tidal flat elevation gradient in an artificial mangrove wetland. Science of The Total Environment. 718 : 137385.	<p><b>Latar Belakang :</b> Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki variasi dalam keanekaragaman dan fungsi metabolisme bakteri di berbagai kompartemen (tanah curah, tanah litosfer tanah dan rhizovalan) di taman lahan basah bakau Xiantanwei sepanjang gradien relasi pasang surut.</p> <p><b>Metode :</b> Metode sekuensi generasi berikutnya dan metode pelat mikro Biolog-ECO diterapkan dalam penelitian ini, karena kedua teknologi ini memungkinkan representasi spesies bakteri dan keanekaragaman fungsional yang lebih baik di tanah.</p> <p><b>Hasil :</b> Hasil uji Biolog-ECO menunjukkan bahwa kelompok bakteri pada tanah curah dataran pasang surut rendah memiliki kemampuan tertinggi dalam memanfaatkan sumber karbon, yang ditunjukkan dengan tingginya nilai rata-rata perkembangan warna Sumut dan tingginya indeks McIntosh, dan kemampuan pemanfaatan sumber karbon menurun dengan meningkatnya elevasi dataran pasang surut. Variasi kelembaban tanah dan Eh secara bersama-sama membentuk keragaman dan fungsi metabolisme komunitas bakteri tanah pada gradien edukasi dataran pasang surut.</p> <p><b>Kesimpulan :</b> Penelitian ini memberikan perbandingan yang komprehensif mengenai komunitas bakteri di berbagai kompartemen (tanah curah, tanah rizosfer, dan rizopalan) tanah dan tanaman mangrove sepanjang gradien elevasi datar pasang surut di lahan basah mangrove buatan.</p>
2021	Yu1, L., Wanlin, G., Redmond R.S., Sha, T., Yanzhao, R., Yanjun, Z., and Guilian, S. 2021. Review of research progress on soil moisture sensor technology. Int J Agric & Biol Eng. 14(4) : 32-38	<p><b>Latar Belakang :</b> Dakochayev dari Rusia melakukan pengamatan lokasi kelembaban tanah, yang menciptakan preseden untuk penelitian tentang kelembaban tanah. Pada tahun 1943, Edferson dan Anderson dari Amerika Serikat memperluas cakupan penelitian kelembaban tanah berdasarkan pengamatan termodinamika; penelitian mereka tentang kelembaban tanah dan perubahan energi memunculkan cara penelitian dan metode pengujian baru.</p> <p><b>Metode :</b> Penelitian ini menerapkan metode studi literatur dengan mereview beberapa jurnal ilmiah yang berkaitan dengan sensor kelembaban tanah.</p> <p><b>Hasil :</b> Keakuratan sensor merupakan hal mendasar bagi penggunaannya secara luas, mulai dari aplikasi terpadu yang</p>

		<p>mempertimbangkan pertimbangan ekonomi hingga aplikasi penelitian yang memerlukan data kelembaban tanah yang akurat. Kalibrasi yang disediakan oleh sensor komersial tidak selalu memenuhi kebutuhan semua aplikasi, sehingga kalibrasi khusus tanah, baik yang dikembangkan di lapangan maupun di laboratorium, sering kali meningkatkan keakuratan sensor.</p> <p><b>Kesimpulan :</b> Penjadwalan otomatis sistem irigasi cerdas perlu didasarkan pada parameter yang diperoleh oleh peralatan sensor, dan pemilihan sensor perlu mempertimbangkan secara komprehensif biaya, pengoperasian, integrasi, stabilitas kinerja, dan akurasi.</p>
2024	Zebua, RA, & Zega, ANS (2024). Pengaruh Komposisi Mineral Tanah terhadap Konduktivitas Listrik dan Ketersediaan Nutrisi. Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan , 1 (1), 178-183.	<p><b>Latar Belakang :</b> Tanah merupakan komponen penting dalam ekosistem yang mendukung kehidupan tumbuhan. Komposisi mineral tanah mempengaruhi produktivitas tanaman, sehingga penting untuk memahami hubungan antara komposisi mineral, konduktivitas listrik, dan ketersediaan nutrisi.</p> <p><b>Metode :</b> Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan eksperimen laboratorium. Sampel tanah diambil dari berbagai lokasi dan dianalisis menggunakan metode X-ray diffraction (XRD) untuk menentukan komposisi mineral, serta pengukuran konduktivitas listrik dan ketersediaan nutrisi menggunakan metode ekstraksi.</p> <p><b>Hasil :</b> Analisis menunjukkan bahwa tanah lempung memiliki konduktivitas listrik dan ketersediaan nutrisi yang lebih tinggi dibandingkan tanah berpasir. Hasil ini menunjukkan variasi komposisi mineral yang mempengaruhi kemampuan tanah dalam menghantarkan listrik dan menyimpan nutrisi.</p> <p><b>Kesimpulan :</b> Terdapat pengaruh signifikan antara komposisi mineral tanah dengan konduktivitas listrik dan ketersediaan nutrisi. Penemuan ini dapat berkontribusi pada pengelolaan tanah yang lebih efektif untuk meningkatkan kesuburan dan produktivitas tanah.</p>

## Pembahasan

### 1. Prinsip Dasar

Menurut (Hikmah et al,2021), suhu tanah dapat mempengaruhi penyerapan air yang berdampak pada pertumbuhan tanaman. Apabila suhu tanah rendah, maka air yang diserap oleh akar hanya sedikit sehingga mengakibatkan kelayuan pada tanaman. Menurut (Bella et al, 2025), kondisi kelembaban tanah dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Apabila

tanah memiliki kelembaban yang optimal, maka tanaman pada tanah tersebut akan tumbuh dengan maksimal. Sebaliknya, apabila tanah memiliki kelembaban yang berlebih atau kurang, maka tanaman akan terhambat dan akan mengalami kerusakan. Kelembaban tanah bersifat dinamis disebabkan oleh penguapan melalui permukaan tanah, transpirasi, dan perkolasi.

Salah satu konsep fisika yang diterapkan pada sensor kelembaban tanah adalah hukum ohm. Hukum ohm menjelaskan hubungan antara beda potensial ( $V$ ), kuat arus listrik ( $I$ ), dan hambatan ( $R$ ) yang dirumuskan dalam persamaan :  $V = I \times R$ . Artinya, besar sumber tegangan listrik akan berbanding lurus dengan kuat arus listrik yang mengalir melalui suatu penghantar dan beda potensial yang diberikan. Prinsip ini menjelaskan bahwa nilai hambatan antara dua elektroda sensor dipengaruhi oleh perubahan kadar air tanah pada sensor resistif. Apabila tanah dalam keadaan basah, maka hambatan akan menurun disebabkan oleh air yang dapat meningkatkan aliran arus listrik. Begitupun sebaliknya, apabila tanah dalam keadaan kering, maka hambatan akan meningkat.

## **2. Peran fluida air dalam tanah**

Irigasi pertanian merupakan sistem yang bertujuan untuk menyediakan, mengatur, dan menyalurkan air ke lahan pertanian yang kering untuk memenuhi kebutuhan air tanaman. Menurut (Amatullah et al, 2024), Air dialirkan melalui pipa dengan tekanan yang telah ditentukan, sehingga air yang keluar (tetesan) akan mengarah langsung pada akar tanaman. Aliran terbagi menjadi 2, yaitu aliran saluran terbuka dan aliran saluran tertutup. Ada beberapa sifat-sifat aliran fluida, antara lain sifat kekasaran, kemiringan dasar, tampang lintang saluran, dan belokan debit aliran. Fluida yang mengalir melalui aliran saluran terbuka akan mengalir pada suatu permukaan yang bebas, contohnya fluida yang mengalir di sungai. Sedangkan contoh dari fluida yang mengalir melalui saluran tertutup adalah fluid yang memiliki volume penuh dan mengalir melalui pipa yang berbentuk lingkaran.

Pada Sistem Irigasi, pengelolaan distribusi air dan larutan nutrisi melalui sebuah pipa harus berdasarkan konsep dasar aliran fluida. Prinsip ini menjelaskan bagaimana air dan larutan nutrisi dapat mengalir dengan lancar ke seluruh bagian lahan pertanian atau ke seluruh akar tanaman secara merata tanpa menyebabkan kelebihan (genangan) maupun kelebihan fluida. Salah satu prinsip utama dinamika fluida yang diterapkan dalam sistem irigasi pertanian adalah hukum Kontinuitas yang menyatakan bahwa debit aliran fluida pada setiap titik bersifat konstan (tetap) selama tidak ada penambahan atau pengurangan jumlah fluida di dalamnya. Artinya, jumlah air yang diterima oleh setiap tanaman harus sama dengan jumlah air dan nutrisi yang masuk ke sistem. Hal ini sesuai dengan rumus kontinuitas, yaitu  $A_1 V_1 = A_2 V_2$ . Dengan adanya penerapan prinsip ini, sistem irigasi dapat menjaga agar seluruh tanaman menerima suplai nutrisi secara merata dan pertumbuhan pertanaman dapat berlangsung secara maksimal.

## **3. Mekanisme Kerja Sensor Kelembaban Tanah**

Sensor kelembaban tanah merupakan alat yang sangat penting dalam pengukuran dan pemantauan kelembaban tanah, yang berperan krusial dalam berbagai aplikasi, termasuk pertanian, pengelolaan sumber daya air, dan penelitian lingkungan. Mekanisme kerja sensor kelembaban tanah dapat dijelaskan melalui beberapa prinsip dasar yang mendasari pengukuran kelembaban tanah. Sensor ini mampu memberikan gambaran kondisi kadar air dalam tanah yang sangat berguna bagi perencanaan dan pengambilan keputusan berbasis data. (Bogena HR et al., 2022). Sensor kelembaban tanah umumnya bekerja berdasarkan dua prinsip utama: kapasitansi dan waktu domain reflektometri (TDR). Sensor kapasitansi mengukur kelembaban tanah dengan memanfaatkan perubahan permitivitas dielektrik tanah. Ketika kelembaban tanah meningkat, permitivitas dielektrik juga meningkat, yang dapat diukur oleh sensor. Sensor ini biasanya terdiri dari dua elektroda yang dipasang dalam

tanah. Ketika arus listrik dialirkan melalui elektroda, perubahan permitivitas dielektrik tanah akan mempengaruhi kapasitansi yang terukur. Dengan demikian, sensor ini dapat memberikan informasi yang akurat mengenai kadar air dalam tanah. (Bogena HR et al., 2022)

Di sisi lain, sensor TDR menggunakan gelombang elektromagnetik untuk mengukur kelembaban tanah. Prinsip kerja TDR melibatkan pengiriman pulsa gelombang elektromagnetik melalui kabel yang ditanam dalam tanah. Ketika pulsa ini bergerak melalui tanah, kecepatan dan bentuk gelombang yang diterima kembali akan dipengaruhi oleh kadar air tanah. Dengan menganalisis waktu yang dibutuhkan untuk gelombang kembali dan karakteristik gelombang tersebut, sensor TDR dapat menghitung kelembaban tanah dengan akurasi tinggi. (Bogena HR et al., 2022). Selain itu, perkembangan teknologi sensor kelembaban tanah juga telah melibatkan penggunaan jaringan sensor nirkabel (WSN) yang memungkinkan pengumpulan data kelembaban tanah secara real-time dan dalam skala yang lebih luas. Dengan menggunakan teknologi komunikasi nirkabel, data dari berbagai sensor dapat dikumpulkan dan dianalisis secara bersamaan, memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang distribusi kelembaban tanah di suatu area. Ini sangat berguna dalam penelitian hidrologi dan pengelolaan sumber daya air, di mana pemahaman yang mendalam tentang pola kelembaban tanah sangat penting. (Bogena HR et al., 2022)

Dalam konteks pertanian, sensor kelembaban tanah membantu petani dalam mengoptimalkan penggunaan air untuk irigasi. Dengan informasi yang akurat mengenai kelembaban tanah, petani dapat menentukan waktu dan jumlah air yang diperlukan untuk tanaman, sehingga mengurangi pemborosan air dan meningkatkan efisiensi irigasi. Hal ini sangat penting mengingat tantangan perubahan iklim dan kebutuhan untuk mengelola sumber daya air secara berkelanjutan. (Bogena HR et al., 2022). Sensor kelembaban tanah juga dapat bekerja berdasarkan prinsip konduktivitas, khususnya dalam jenis sensor resistif. Sensor kelembaban tanah berbasis konduktivitas memanfaatkan fakta bahwa air meningkatkan kemampuan tanah untuk menghantarkan arus listrik. Sensor ini terdiri dari dua elektroda logam yang ditanam ke dalam tanah. Ketika tanah basah, air di antara elektroda memungkinkan aliran arus listrik yang lebih besar, sehingga resistansi atau hambatan listrik yang diukur menjadi lebih rendah. Sebaliknya, saat tanah kering, hambatannya meningkat karena kurangnya medium penghantar. Prinsip konduktivitas ini sangat sederhana namun efektif dalam memberikan data kadar kelembaban tanah, terutama pada sistem monitoring yang hemat biaya. (Nanda, A.P et al., 2024).

Sensor resistif ini banyak digunakan dalam sistem irigasi otomatis berbasis Internet of Things (IoT). Setelah mengukur kelembaban tanah, data yang diperoleh dari sensor akan dikirimkan ke sistem kontrol melalui koneksi nirkabel seperti WiFi. Sistem ini menggunakan algoritma tertentu untuk menentukan apakah tanah memerlukan penyiraman atau tidak, lalu secara otomatis mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air. Pendekatan ini memungkinkan efisiensi air yang lebih tinggi, mengurangi beban kerja petani, dan mendorong praktik pertanian yang lebih berkelanjutan. (Nanda, A.P et al., 2024). Di samping sensor resistif, sensor kapasitif juga semakin populer karena keunggulannya dalam hal akurasi dan daya tahan. Tidak seperti sensor resistif yang rentan terhadap korosi akibat kontak langsung dengan air dan tanah, sensor kapasitif tidak mengandalkan konduksi listrik langsung dan karenanya lebih awet dalam jangka panjang. Sensor ini mengukur perubahan medan listrik yang diakibatkan oleh kelembaban tanah, yang kemudian dikonversi menjadi nilai digital untuk diproses lebih lanjut. (Nanda, A.P et al., 2024)



Gambar: Sensor Kelembaban Tanah  
(Sumber: *Mardika, AG, & Kartadie, R. (2019)*)

#### 4. Pengaruh Tekstur dan Komposisi Tanah

Tekstur dan komposisi tanah merupakan dua faktor penting yang mempengaruhi sifat fisik dan kimia tanah, yang pada gilirannya berdampak besar terhadap produktivitas tanaman serta efektivitas sistem monitoring kelembaban berbasis sensor. Tekstur tanah menggambarkan ukuran partikel-partikel mineral pembentuk tanah yang secara umum diklasifikasikan menjadi pasir, debu (silt), dan lempung (clay). Setiap jenis tekstur membawa karakteristik unik yang mempengaruhi kapasitas tanah dalam menyimpan air, mengalirkan udara, serta menyediakan unsur hara penting bagi tanaman (Zebua, R.A. dan Zega, Ans., 2024).

Tanah bertekstur pasir memiliki partikel yang lebih besar dan celah antar partikel yang lebar, sehingga bersifat sangat porous. Sifat ini memungkinkan air untuk cepat mengalir melewati profil tanah, tetapi juga mengakibatkan rendahnya kapasitas tanah dalam mempertahankan kelembaban dan nutrisi. Sebaliknya, tanah bertekstur lempung mengandung partikel halus yang rapat, memberikan kemampuan retensi air yang tinggi namun sering kali menyebabkan rendahnya aerasi dan masalah drainase. Perbedaan ini akan sangat mempengaruhi kerja sensor kelembaban, karena kelembaban tanah yang fluktuatif pada tanah berpasir dapat menyebabkan pembacaan sensor menjadi kurang stabil, sementara tanah lempung yang terlalu basah dapat memperlambat respon sensor terhadap perubahan kondisi air di dalam tanah (Zebua, R.A. dan Zega, Ans., 2024).

Selain tekstur, komposisi tanah juga berperan besar terhadap kinerja sensor kelembaban. Tanah yang kaya akan bahan organik seperti humus memiliki kemampuan menyerap dan menyimpan air lebih baik, serta menjaga kelembaban dalam jangka waktu yang lebih lama. Hal ini berdampak langsung pada kestabilan pembacaan sensor yang bekerja berdasarkan perubahan konduktivitas atau kapasitansi akibat kadar air di sekitar elektroda. Kandungan bahan organik dan mineral tanah seperti lempung juga menentukan kapasitas tukar kation yang berpengaruh pada kemampuan tanah dalam mempertahankan ion-ion nutrisi. Dalam tanah yang didominasi oleh mineral seperti montmorillonit atau kaolinit, nilai konduktivitas tanah cenderung lebih tinggi dibandingkan tanah berpasir yang miskin mineral, sehingga memberikan sinyal listrik yang lebih kuat dan jelas kepada sensor (Zebua, R.A. dan Zega, Ans., 2024).

Interaksi antara tekstur dan komposisi tanah tidak dapat diabaikan. Tanah dengan tekstur lempung yang memiliki kandungan mineral tinggi cenderung mampu menahan air dan nutrisi dalam jumlah besar. Namun, tanpa sistem drainase yang baik, tanah jenis ini dapat menimbulkan genangan air yang mengganggu pertumbuhan akar dan mempengaruhi pembacaan sensor. Sebaliknya, tanah berpasir yang memiliki kandungan mineral rendah bisa menjadi terlalu cepat kering dan miskin nutrisi, menyebabkan sensor sering menunjukkan nilai kelembaban yang sangat rendah meskipun tanaman belum mengalami

kekeringan ekstrem. Oleh karena itu, pemahaman menyeluruh mengenai tekstur dan komposisi tanah sangat penting dalam mengkalibrasi sensor kelembaban agar hasil pengukuran benar-benar mencerminkan kondisi riil tanah (Zebua, R.A. dan Zega, Ans., 2024).

Dalam praktik monitoring irigasi berbasis sensor kelembaban, informasi tentang tekstur dan komposisi tanah memungkinkan petani untuk menyesuaikan pengaturan irigasi secara lebih presisi. Tanah berpasir mungkin memerlukan irigasi lebih sering namun dengan volume yang lebih sedikit, sementara tanah lempung memerlukan irigasi yang lebih jarang tetapi dalam jumlah yang cukup agar air dapat meresap sempurna ke zona akar. Dengan mempertimbangkan karakteristik fisik ini, maka sistem sensor dapat dioptimalkan untuk memberikan data yang akurat, mendukung efisiensi penggunaan air, dan menghindari pemborosan yang dapat merusak struktur tanah atau merugikan tanaman secara ekonomis (Zebua, R.A. dan Zega, Ans., 2024).

#### 5. Pengaruh Suhu Tanah terhadap Konduktivitas

Suhu tanah merupakan salah satu faktor lingkungan yang memiliki pengaruh signifikan terhadap sifat fisik dan kimia tanah, termasuk dalam hal konduktivitas listriknya. Dalam konteks penggunaan sensor kelembaban tanah yang berbasis prinsip fisika, khususnya konduktivitas atau kapasitansi, suhu tanah tidak dapat diabaikan karena dapat mempengaruhi akurasi data yang dihasilkan sensor. Konduktivitas listrik tanah, yang menjadi dasar kerja banyak sensor kelembaban, berkaitan erat dengan pergerakan ion-ion dalam larutan tanah, dan pergerakan ini sangat sensitif terhadap perubahan suhu (Maghuna, K. T. J et al, 2024).

Secara fisika, semakin tinggi suhu tanah, semakin besar energi kinetik partikel-partikel di dalamnya. Hal ini menyebabkan ion-ion dalam larutan tanah bergerak lebih cepat, sehingga meningkatkan konduktivitas listrik tanah. Dengan kata lain, saat suhu tanah naik, sensor yang mendeteksi kelembaban melalui konduktivitas akan mencatat nilai yang lebih tinggi, meskipun kadar air tanah mungkin tetap sama. Sebaliknya, pada suhu rendah, pergerakan ion melambat dan konduktivitas turun, sehingga sensor bisa memberikan pembacaan yang tampak lebih rendah dari kondisi aktual kelembaban tanah. Fenomena ini menunjukkan bahwa suhu tanah berperan sebagai variabel pengganggu (interferensi) dalam interpretasi data sensor kelembaban (Saputra, M. J., & Suryono, R. R, 2025).

Hubungan antara suhu dan konduktivitas ini menjadi sangat penting saat sensor digunakan dalam sistem monitoring irigasi pertanian yang beroperasi di berbagai kondisi lingkungan. Misalnya, pada pagi hari saat suhu tanah rendah, pembacaan sensor mungkin menunjukkan kelembaban rendah, padahal sebenarnya kadar air masih mencukupi. Sebaliknya, saat siang hari ketika suhu tanah meningkat, sensor bisa menunjukkan kelembaban tinggi karena konduktivitas meningkat, meskipun kandungan air telah berkurang. Oleh karena itu, kalibrasi sensor kelembaban harus mempertimbangkan pengaruh suhu, atau dilengkapi dengan sensor suhu yang mampu mengoreksi pembacaan berdasarkan fluktuasi termal di lapangan (Marcos, H., & Muzaki, H, 2022).

Selain memengaruhi konduktivitas, suhu tanah juga berdampak pada dinamika air dalam tanah. Suhu yang lebih tinggi mempercepat proses evaporasi, sehingga kelembaban tanah akan berkurang lebih cepat. Dalam hal ini, suhu menjadi faktor ganda: tidak hanya memengaruhi pembacaan sensor melalui peningkatan konduktivitas, tetapi juga mempercepat perubahan kadar air itu sendiri. Oleh karena itu, pemantauan kelembaban tanah yang akurat tidak cukup hanya mengandalkan satu parameter. Pendekatan integratif yang melibatkan suhu, kelembaban, dan mungkin juga tekstur tanah akan menghasilkan sistem monitoring yang lebih presisi dan adaptif (Priyonggo, B, et al 2023).

## 6. Kelebihan dan Kekurangan Sensor Kelembaban Tanah

Sensor kelembaban tanah telah menjadi komponen penting dalam sistem pertanian modern, terutama dalam penerapan irigasi presisi yang bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan air dan meningkatkan efisiensi budidaya tanaman. Dari sudut pandang konsep fisika, sensor ini bekerja dengan memanfaatkan perubahan sifat listrik tanah—seperti konduktivitas dan kapasitansi—yang sangat dipengaruhi oleh kadar air dalam tanah. Meski demikian, seperti halnya teknologi lainnya, penggunaan sensor kelembaban tanah memiliki kelebihan sekaligus kekurangan yang perlu dipahami agar implementasinya di lapangan dapat berlangsung secara efektif (Thoriq, A, et al 2022).

Salah satu kelebihan utama dari sensor kelembaban tanah adalah kemampuannya untuk memberikan data real-time mengenai kondisi air dalam tanah. Hal ini memungkinkan petani atau pengelola lahan untuk menentukan waktu dan jumlah irigasi secara tepat, berdasarkan kebutuhan aktual tanaman. Ketimbang mengandalkan perkiraan atau jadwal irigasi tetap, sistem berbasis sensor mampu menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan yang dinamis. Selain itu, penggunaan sensor ini juga mendukung penghematan air, mengurangi risiko over-irrigation atau under-irrigation, serta menjaga keseimbangan kadar air tanah yang ideal bagi pertumbuhan akar tanaman (Bella, A. S, et al (2025).

Dari segi teknis, sensor kelembaban tanah menawarkan fleksibilitas karena tersedia dalam berbagai jenis dan teknologi, mulai dari sensor berbasis resistansi, kapasitansi, hingga TDR (Time Domain Reflectometry). Beberapa sensor juga dilengkapi dengan kemampuan konektivitas nirkabel yang memudahkan pengumpulan data dari lokasi-lokasi terpencil dan meminimalisir intervensi manusia secara langsung. Dengan kemajuan ini, sistem monitoring kelembaban tanah tidak hanya bermanfaat bagi pertanian skala besar, tetapi juga semakin terjangkau untuk diterapkan pada lahan pertanian kecil hingga menengah (Maison, M, et al (2022).

Namun demikian, terdapat sejumlah keterbatasan yang menyertai penggunaan sensor kelembaban tanah. Salah satunya adalah sensitivitas sensor terhadap kondisi fisik tanah seperti tekstur, komposisi mineral, dan suhu. Variabel-variabel ini dapat memengaruhi pembacaan sensor secara signifikan, sehingga diperlukan proses kalibrasi yang cermat agar hasil pengukuran benar-benar akurat. Selain itu, beberapa sensor rentan terhadap korosi atau kerusakan jika digunakan dalam jangka panjang, terutama pada tanah yang memiliki kadar garam atau kelembaban tinggi secara terus-menerus. Biaya awal untuk pengadaan dan pemasangan sistem sensor yang canggih juga bisa menjadi hambatan bagi petani dengan keterbatasan modal.

Kekurangan lain yang perlu dicermati adalah potensi kesalahan interpretasi data jika pengguna tidak memiliki pengetahuan yang cukup tentang cara kerja sensor dan faktor-faktor yang mempengaruhinya. Misalnya, peningkatan suhu tanah dapat menaikkan konduktivitas secara alami tanpa adanya perubahan kadar air, yang dapat menyebabkan pembacaan sensor keliru jika tidak dikoreksi dengan data suhu yang relevan. Oleh karena itu, penggunaan sensor sebaiknya diintegrasikan dengan pelatihan pengguna dan sistem pendukung pengambilan keputusan yang berbasis sains.

## KESIMPULAN

Pemanfaatan prinsip-prinsip fisika dalam teknologi sensor kelembaban tanah merupakan langkah strategis dalam mendukung pertanian yang lebih efisien dan berkelanjutan. Sensor kelembaban tanah, yang bekerja berdasarkan perubahan konduktivitas dan kapasitansi listrik, memberikan kemampuan monitoring kadar air tanah secara real-time sehingga keputusan irigasi dapat dilakukan secara lebih tepat guna. Namun, efektivitas sensor ini sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor fisik tanah seperti tekstur,

komposisi mineral, dan suhu tanah, yang semuanya turut membentuk respons sensor terhadap kondisi aktual di lapangan.

Pemahaman mendalam mengenai pengaruh tekstur dan komposisi tanah menjadi sangat penting dalam menafsirkan data sensor secara akurat. Tanah berpasir dan tanah lempung memiliki karakteristik penyimpanan air yang berbeda, dan ini berdampak langsung terhadap pembacaan sensor. Demikian pula, suhu tanah memengaruhi kecepatan pergerakan ion dalam larutan tanah, yang pada akhirnya memengaruhi nilai konduktivitas listrik yang terdeteksi oleh sensor. Oleh karena itu, penggabungan antara sensor kelembaban dan sensor suhu dapat meningkatkan akurasi sistem monitoring secara keseluruhan.

Meskipun sensor kelembaban tanah memiliki banyak kelebihan, seperti efisiensi penggunaan air dan kemampuan pemantauan berkelanjutan, terdapat pula keterbatasan teknis yang harus diatasi, seperti kebutuhan akan kalibrasi berdasarkan jenis tanah dan potensi kerusakan perangkat di lingkungan ekstrem. Penggunaan sensor secara optimal menuntut integrasi antara teknologi, pengetahuan ilmiah, dan pemahaman lokal tentang kondisi tanah dan iklim.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amatullah, S., Nanda, Y.N.P., Tiara, A., Niken, N.M., Netty, B.H., Firdha, K.A.A., dan Kendid, M. 2024. Kajian Konsep Fluida Dalam Sistem Irigasi Di Lahan Pertanian. *Agritechno Jurnal Teknologi Pertanian*. 17(1) : 100-103.
- Bella, A. S., Ilmawati, A., Afitri, D., Nabilla, S. E., Aprianto, K., & Masitoh, G. (2025). Penggunaan Konsep Hukum Ohm Untuk Menganalisis Kesuburan Tanah Melalui Indikator Lampu. *Jurnal Pendidikan Inklusif*. 9(1).
- Bogena HR, Weuthen A, Huisman JA. Perkembangan Terbaru dalam Penginderaan Kelembaban Tanah Nirkabel untuk Mendukung Penelitian Ilmiah dan Manajemen Pertanian. *Sensors (Basel)*. 13 Desember 2022;22(24):9792. doi: 10.3390/s22249792. PMID: 36560160; PMCID: PMC9783927.
- Hikmah, P.I.N., Mislani, dan Rahmiati. 2021. Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu Dan Kelembaban Tanah Pada Media Tanam Berbasis Mikrokontroler Atmega328P. *Progressive Physics Journal*. 2(1) : 29-30.
- Jong, S.M.D., Renee, A. H., Wiebe, N., and Mark, V. D. M. 2020. Monitoring Soil Moisture Dynamics Using Electrical Resistivity Tomography under Homogeneous Field Conditions. *Sensors*. 20(18):5313. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7570526/>.
- Jupita, R., Arjun, N.T., Arinda, R., Chindy, S., dan Mico, F. 2021. Optimalisasi Penyiraman Tanaman Dengan Sensor Soil Moisture. *Portaldata.org*. 7(2) : 1-10. <http://portaldata.org/index.php/portaldata/article/view/29/28>.
- Maghuna, K. T. J., Wibawa, I. M. S., Suardana, P., Widagda, I. A., Trisnawati, N. L. P., & Kasmawan, I. G. A. (2024). Perancangan Alat Ukur Kelembaban Tanah Menggunakan Capacitive Soil Moisture Sensor Berbasis Android. *Kappa Journal*, 8(2), 165-173. DOI: <https://doi.org/10.29408/kpj.v8i1.25122>.
- Maison, M., Samsidar, S., Angraini, R. M., Afrianto, M. F., Peslinof, M., Handayani, L., ... & Lestari, A. P. (2022). Analisis Nilai Konduktivitas Terhadap Perubahan Unsur Hara Pada Tanah Inseptisol. *Journal Online Of Physics*. 8(1), 36-42.
- Marcos, H., & Muzaki, H. (2022). Monitoring Suhu Udara Dan Kelembaban Tanah Pada Budidaya Tanaman Pepaya. *Jurnal Teknologi dan Sistem Tertanam*. 3(2), 32-43.
- Mirzakhani-fachi, H., Indra, M., 2, Murtaza, H., Ali, M. N., Roaf, A. P., dan Dinesh, . 2022. Development of Prediction Models for Soil Nitrogen Management Based on Electrical Conductivity and Moisture Content. *Sensors*. 22(18) : 6728. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9502749/#sec1-sensors-22-06728>.
- Noorhalida, Yuliani, H., dan Santiani. 2023. Studi Literatur : Pengaruh Project Based Learning Pada Pembelajaran Fisika. 9(2) : 201-202.
- Nanda, A. P., Jeprianto, J., & Mahdi, M. I. (2024). Sistem Otomatis Penyiraman Tanaman Berbasis

- Sensor Kelembaban Tanah Untuk Peningkatan Produktivitas Pertanian. *Technologia: Jurnal Ilmiah*, 15(4), 764-774.
- Narji, M., Rano, A., Dedi, S., dan Muhammad, R.E. 2022. Simulasi Otomatisasi Sistem Penyiraman Tanaman Menggunakan Moisture Sensor Berbasis Mobile. *Jurnal Teknologi Informatika dan Komputer MH. Thamrin*. 8(1): 216-226.
- Priyonggo, B., Azadi, A., Hafidz, M., Wirawan, A., Ummah, N., Rahayu, D., & Mufidah, Z. (2023). Kalibrasi silang pengukur EC tanah (RS-485) dengan WET-2 sensor di Rumpin, Bogor. *Sultra Journal of Mechanical Engineering*, 2(2), 100-106.
- Saputra, M. J., & Suryono, R. R. (2025). Implementasi Teknologi Irigasi Tetes pada Tanaman Jagung Menggunakan Sensor Soil Moisture dan Mikrokontroler Esp 32: Technology Implementation Drip Irrigation on Plants Corn Uses Soil Moisture Sensor and Esp 32 microcontroller. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*. 5(1), 111-118. DOI: <https://doi.org/10.57152/malcom.v5i1.1642>
- Sarkar, S., Dipty, K. D., Abhinandan, S., Ranjan, L., Santosh, K, S., Harold, M. V. E., Kavya, K., Amit, K. S., Anup, D., Utkarsh, S., Hosam, O. E., dan Eman, A. M. 2024 Seasonal variations in soil characteristics control microbial respiration and carbon use under tree plantations in the middle gangetic region. *Heliyon*. 10(16):e35593. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11379560/>.
- Sheng, Z., Yaoyao L, Shuo, Z., Jun, N., Yan, Z., Weixing, C., dan Xiaoping, J. 2023. A Portable Pull-Out Soil Profile Moisture Sensor Based on High-Frequency Capacitance. *Sensors*. 23(8):3806. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10145346/>.
- Thoriq, A., Pratopo, L. H., Sampumo, R. M., & Shafiyullah, S. H. (2022). Rancang Bangun Sistem Monitoring Suhu dan Kelembaban Tanah Berbasis Internet of Things. *Jurnal Keteknikaan Pertanian*, 10(3), 268-280.
- Tian, H., Chao G., Xin Z., Chongchong Y., dan Tao X. Smart Soil Water Sensor with Soil Impedance Detected via Edge Electromagnetic Field Induction. 2022. 13(9):1427. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9504250/>
- Vivaldi, F., Tana, S., E. Vaneckova, D. Biagini, A. Bonini, dan Villiam, K. 2022. Electric conductivity measurements employing 3D printed electrodes and cells. *Analytica Chimica Acta*. 1203. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003267022001714?via%3Dihub#preview-section-abstract>.
- Witkowski , J.S., dan Andrzej, G. 2024. Dual-Frequency Soil Moisture Meter Method for Simultaneous Estimation of Soil Moisture and Conductivity. *Sensors*. 24(10):2969. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11125082/#sec4-sensors-24-02969>.
- Yin, Y., and Zhongzheng, Y. 2020. Variations of soil bacterial diversity and metabolic function with tidal flat elevation gradient in an artificial mangrove wetland. *Science of The Total Environment*. 718 : 137385. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720308950?via%3Dihub>.
- Zebua, RA, & Zega, ANS (2024). Pengaruh Komposisi Mineral Tanah terhadap Konduktivitas Listrik dan Ketersediaan Nutrisi. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan* , 1 (1), 178-183.