

Analisis Sistem Monitoring Kelembaban Tanah Berbasis Internet of Things (IoT) untuk Mendukung Penyiraman Tanaman Cabai

Rafael Ainur Hayat ^{1)*} , Verditya Puja Dharmawan ²⁾ 

^{1) 2) 3)} Universitas Madura, Pamekasan, Indonesia

¹⁾rafaelhayat29@gmail.com, ²⁾pujaverdit@gmail.com

Abstrak

Kelembaban tanah merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi pertumbuhan dan produktivitas tanaman cabai. Pemantauan kelembaban tanah yang masih dilakukan secara manual sering kali menyebabkan penyiraman kurang tepat karena bergantung pada pengamatan visual dan pengalaman petani. Perkembangan Internet of Things (IoT) menawarkan solusi melalui sistem monitoring yang mampu menyediakan informasi kondisi tanah secara real-time. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem monitoring kelembaban tanah berbasis Internet of Things (IoT) dalam mendukung proses penyiraman tanaman cabai. Penelitian menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan analisis sistem. Data diperoleh melalui pengukuran kelembaban tanah menggunakan sensor yang terintegrasi dengan mikrokontroler, jaringan internet, platform IoT, dan dashboard monitoring. Data hasil pembacaan sensor kemudian dianalisis secara deskriptif kuantitatif untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mendukung pengambilan keputusan penyiraman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan monitoring kelembaban tanah secara real-time dan menampilkan data melalui dashboard monitoring. Nilai kelembaban tanah yang diperoleh selama pengamatan berturut-turut sebesar 35%, 42%, 55%, 68%, 74%, dan 63%. Pada kondisi kelembaban 35% dan 42%, sistem mengidentifikasi tanah dalam kategori kering sehingga memerlukan penyiraman. Setelah penyiraman dilakukan, nilai kelembaban meningkat hingga mencapai 74% yang menunjukkan kondisi tanah berada pada kategori basah. Sistem juga berhasil mengirimkan data secara otomatis melalui jaringan internet sehingga dapat dipantau dari jarak jauh. Sistem monitoring kelembaban tanah berbasis IoT terbukti mampu mendukung penyiraman tanaman cabai secara lebih efektif dan efisien melalui penyediaan informasi kondisi tanah yang akurat dan real-time. Penelitian selanjutnya dapat mengembangkan sistem dengan fitur penyiraman otomatis untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan tanaman.

Kata Kunci: Internet of Things (IoT), Kelembaban Tanah, Pemantauan Real-Time, Penyiraman Tanaman Cabai, Pertanian Cerdas.

Article history: Received 5 April 20XX, first decision 22 April 20XX, accepted 22 August 20XX, available online 28 October 20XX

I. PENDAHULUAN

Sektor pertanian merupakan salah satu pilar penting dalam mendukung ketahanan pangan dan pertumbuhan ekonomi di berbagai negara, termasuk Indonesia. Di tengah meningkatnya kebutuhan pangan akibat pertumbuhan jumlah penduduk, produktivitas pertanian dituntut untuk terus meningkat melalui penerapan teknologi yang mampu meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengelolaan lahan[1], [2]. Salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan banyak dibudidayakan oleh petani Indonesia adalah cabai. Komoditas ini memiliki peran strategis karena menjadi bahan pangan utama yang dikonsumsi masyarakat setiap hari[3]. Namun demikian, budidaya cabai masih menghadapi berbagai permasalahan, terutama yang berkaitan dengan pengelolaan air dan kondisi kelembaban tanah yang sangat memengaruhi pertumbuhan serta hasil panen tanaman[4], [5].

Kelembaban tanah merupakan salah satu parameter lingkungan yang berpengaruh langsung terhadap proses fisiologis tanaman cabai[6], [7]. Kondisi tanah yang terlalu kering dapat menyebabkan gangguan penyerapan unsur hara, menghambat pertumbuhan akar, menurunkan produktivitas tanaman, bahkan menyebabkan kematian tanaman pada kondisi ekstrem[8]. Sebaliknya, kelembaban tanah yang berlebihan juga dapat memicu pembusukan akar, meningkatkan risiko serangan penyakit, serta mengurangi ketersediaan oksigen di dalam tanah[9], [10]. Oleh karena itu, pemantauan kelembaban tanah secara berkelanjutan menjadi faktor penting dalam menentukan kebutuhan penyiraman yang tepat sesuai dengan kondisi aktual lahan pertanian. Pada praktik pertanian konvensional, proses pemantauan kelembaban tanah dan penyiraman tanaman umumnya masih dilakukan secara manual berdasarkan pengalaman petani atau pengamatan visual terhadap kondisi tanah dan tanaman[11], [12]. Metode ini memiliki

*Rafael Ainur Hayat

berbagai keterbatasan karena sangat bergantung pada subjektivitas manusia serta tidak mampu memberikan informasi kondisi tanah secara real-time. Akibatnya, keputusan penyiraman sering kali kurang akurat sehingga dapat menyebabkan penggunaan air yang tidak efisien[13]. Dalam konteks perubahan iklim yang ditandai dengan meningkatnya ketidakpastian cuaca dan ketersediaan sumber daya air, diperlukan suatu pendekatan yang lebih cerdas dan berbasis data untuk mendukung pengelolaan irigasi yang optimal[14], [15].

Perkembangan teknologi digital, khususnya Internet of Things (IoT), membuka peluang besar dalam transformasi sektor pertanian menuju konsep smart agriculture[16]. IoT merupakan paradigma yang memungkinkan berbagai perangkat fisik terhubung melalui jaringan internet untuk melakukan pengumpulan, pertukaran, dan pengolahan data secara otomatis[17], [18]. Dalam bidang pertanian, teknologi IoT dapat dimanfaatkan untuk memantau berbagai parameter lingkungan seperti suhu, kelembaban udara, intensitas cahaya, dan kelembaban tanah secara real-time. Data yang diperoleh dari sensor dapat dikirimkan ke platform digital sehingga pengguna dapat mengakses informasi kondisi lahan kapan saja dan di mana saja melalui perangkat komputer maupun telepon pintar. Implementasi sistem monitoring kelembaban tanah berbasis IoT memberikan sejumlah keuntungan dibandingkan metode konvensional. Pertama, sistem mampu menyediakan data yang lebih akurat dan berkelanjutan mengenai kondisi tanah[19], [20]. Kedua, proses pemantauan dapat dilakukan secara jarak jauh tanpa memerlukan kehadiran fisik petani di lahan. Ketiga, data yang terkumpul dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam menentukan waktu dan volume penyiraman yang sesuai dengan kebutuhan tanaman[21], [22]. Dengan demikian, penggunaan air dapat menjadi lebih efisien, sementara pertumbuhan tanaman dapat dipertahankan pada kondisi optimal. Keunggulan tersebut menjadikan teknologi IoT sebagai salah satu komponen utama dalam pengembangan sistem pertanian presisi (precision agriculture) yang saat ini semakin banyak diterapkan di berbagai negara[23].

Berbagai penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa penggunaan sensor kelembaban tanah yang terintegrasi dengan platform IoT mampu meningkatkan efektivitas pemantauan kondisi lahan pertanian. Namun demikian, sebagian besar penelitian masih berfokus pada aspek perancangan perangkat keras dan implementasi sistem tanpa melakukan analisis yang komprehensif mengenai kinerja sistem monitoring dalam mendukung proses penyiraman tanaman tertentu, khususnya tanaman cabai. Selain itu, karakteristik kebutuhan air setiap jenis tanaman berbeda-beda sehingga diperlukan kajian yang lebih spesifik untuk mengetahui sejauh mana sistem monitoring berbasis IoT mampu menyediakan informasi yang relevan dan akurat sebagai dasar pengambilan keputusan penyiraman. Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis sistem monitoring kelembaban tanah berbasis Internet of Things (IoT) dalam mendukung penyiraman tanaman cabai[24], [25]. Analisis dilakukan terhadap kemampuan sistem dalam memperoleh data kelembaban tanah secara real-time, mengirimkan data melalui jaringan internet, serta menyajikan informasi yang dapat digunakan untuk mendukung pengelolaan penyiraman yang lebih efektif dan efisien. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai potensi penerapan teknologi IoT dalam meningkatkan kualitas pengelolaan budidaya cabai sekaligus mendukung transformasi pertanian konvensional menuju pertanian cerdas berbasis teknologi digital[26], [27].

Kontribusi penelitian ini terletak pada penyajian analisis yang lebih mendalam mengenai peran sistem monitoring kelembaban tanah berbasis IoT sebagai pendukung pengambilan keputusan penyiraman tanaman cabai. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi referensi bagi peneliti, akademisi, maupun praktisi pertanian dalam mengembangkan solusi teknologi yang berorientasi pada efisiensi penggunaan air, peningkatan produktivitas tanaman, serta penerapan konsep smart agriculture yang berkelanjutan[28]. Dengan adanya sistem monitoring yang mampu menyediakan informasi secara cepat, akurat, dan real-time, proses pengelolaan pertanian diharapkan dapat menjadi lebih adaptif terhadap perubahan kondisi lingkungan dan kebutuhan tanaman, sehingga mampu meningkatkan produktivitas pertanian secara

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat fisik saling terhubung melalui jaringan internet untuk melakukan proses pengumpulan, pengiriman, dan pertukaran data secara otomatis. Dalam sistem IoT, objek fisik dilengkapi dengan sensor, aktuator, mikrokontroler, dan modul komunikasi yang memungkinkan perangkat memperoleh informasi dari lingkungan sekitar serta mengirimkan data ke platform digital untuk diproses lebih lanjut[29], [30].

Penerapan IoT dalam sektor pertanian menjadi salah satu bentuk transformasi menuju smart agriculture yang menekankan penggunaan teknologi digital dalam pengelolaan lahan secara lebih efisien dan berbasis data. Melalui teknologi IoT, berbagai parameter lingkungan seperti suhu, kelembaban udara, intensitas cahaya, dan kelembaban tanah dapat dipantau secara real-time[31], [32]. Data yang diperoleh kemudian dapat diakses oleh pengguna melalui perangkat komputer maupun telepon pintar sehingga proses pengambilan keputusan menjadi lebih cepat dan akurat.

Dalam konteks budidaya tanaman cabai, IoT berperan sebagai sarana untuk memperoleh informasi kondisi lahan secara berkelanjutan. Kemampuan sistem dalam menyediakan data real-time memungkinkan petani mengetahui kondisi aktual tanah tanpa harus melakukan pengamatan secara langsung di lokasi[33]. Dengan demikian, keputusan terkait penyiraman dapat dilakukan berdasarkan data yang terukur sehingga mampu meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya air.

2.2 Sistem Monitoring Kelembaban Tanah

Sistem monitoring kelembaban tanah merupakan sistem yang dirancang untuk mengukur dan memantau tingkat kandungan air di dalam tanah secara berkelanjutan.[34] Sistem ini memanfaatkan sensor kelembaban tanah yang berfungsi mendeteksi kondisi tanah berdasarkan nilai kadar air yang terkandung pada media tanam. Hasil pengukuran kemudian diolah oleh mikrokontroler dan ditampilkan dalam bentuk informasi yang mudah dipahami oleh pengguna. Monitoring kelembaban tanah memiliki peranan penting dalam kegiatan budidaya tanaman karena kondisi kelembaban yang tidak sesuai dapat memengaruhi pertumbuhan dan produktivitas tanaman[35], [34]. Tanah yang terlalu kering dapat menghambat penyerapan unsur hara dan mengurangi laju pertumbuhan tanaman. Sebaliknya, kondisi tanah yang terlalu basah dapat menyebabkan gangguan pada sistem perakaran serta meningkatkan risiko serangan penyakit tanaman.

Pemanfaatan sistem monitoring berbasis sensor memberikan keuntungan berupa kemampuan pemantauan secara terus-menerus tanpa bergantung pada pengamatan manual. Informasi yang dihasilkan menjadi lebih objektif karena diperoleh berdasarkan hasil pengukuran langsung dari kondisi tanah. Oleh karena itu, sistem monitoring kelembaban tanah menjadi salah satu komponen penting dalam penerapan pertanian modern yang mengutamakan ketepatan dan efisiensi pengelolaan lahan[36].

2.3 Penyiraman Tanaman Cabai

Penyiraman merupakan salah satu kegiatan pemeliharaan tanaman yang bertujuan memenuhi kebutuhan air untuk mendukung proses pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pada tanaman cabai, ketersediaan air yang cukup sangat diperlukan untuk mendukung proses fotosintesis, penyerapan unsur hara, pembentukan bunga, serta perkembangan buah. Kebutuhan air tanaman cabai dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain umur tanaman, kondisi cuaca, jenis tanah, dan tingkat kelembaban media tanam. Oleh karena itu, penyiraman yang dilakukan tanpa mempertimbangkan kondisi aktual tanah berpotensi menyebabkan ketidakseimbangan kadar air[37], [38]. Kondisi tersebut dapat menurunkan kualitas pertumbuhan tanaman dan mengurangi hasil produksi.

Penerapan sistem monitoring kelembaban tanah memberikan dukungan dalam menentukan waktu penyiraman yang lebih tepat. Informasi mengenai kondisi kelembaban tanah dapat digunakan sebagai dasar untuk mengetahui apakah tanaman memerlukan tambahan air atau masih berada pada kondisi yang sesuai[39], [40]. Dengan demikian, proses penyiraman dapat dilakukan secara lebih efektif dan efisien sesuai kebutuhan tanaman cabai.

2.4 Smart Agriculture

Smart agriculture merupakan pendekatan modern dalam bidang pertanian yang memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi untuk meningkatkan produktivitas, efisiensi, serta keberlanjutan pengelolaan pertanian. Konsep ini menekankan penggunaan data sebagai dasar dalam pengambilan keputusan sehingga berbagai aktivitas budidaya dapat dilakukan secara lebih terukur dan terkendali. Salah satu teknologi utama yang mendukung implementasi smart agriculture adalah Internet of Things (IoT)[41]. Melalui integrasi sensor dan jaringan internet, data lingkungan dapat dikumpulkan secara real-time dan digunakan untuk mendukung berbagai aktivitas pertanian, termasuk pengelolaan irigasi dan penyiraman tanaman. Pemanfaatan teknologi tersebut memungkinkan petani memperoleh informasi yang akurat mengenai kondisi lahan sehingga dapat melakukan tindakan yang sesuai dengan kebutuhan tanaman.

Dalam penelitian ini, sistem monitoring kelembaban tanah berbasis IoT menjadi bagian dari implementasi smart agriculture yang berfokus pada pengelolaan penyiraman tanaman cabai[42]. Sistem tersebut diharapkan mampu mendukung pengambilan keputusan yang lebih efektif, meningkatkan efisiensi penggunaan air, serta membantu menciptakan proses budidaya yang lebih produktif dan berkelanjutan.

III. METODE

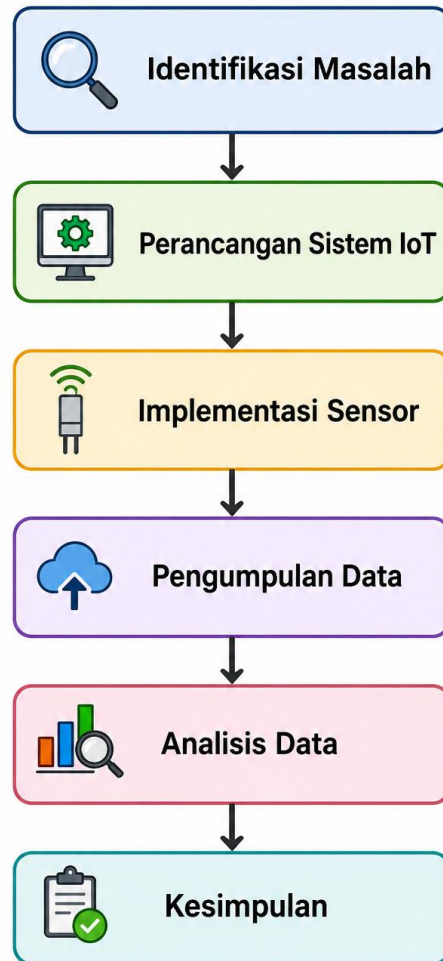
Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode analisis sistem untuk mengevaluasi kinerja sistem monitoring kelembaban tanah berbasis Internet of Things (IoT) dalam mendukung proses penyiraman tanaman cabai. Pendekatan kuantitatif dipilih karena penelitian berfokus pada pengukuran data kelembaban tanah yang diperoleh dari sensor dan dianalisis untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menyediakan informasi yang akurat, real-time, dan dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan penyiraman[43], [44].

Objek penelitian adalah sistem monitoring kelembaban tanah berbasis IoT yang terdiri atas sensor kelembaban tanah, mikrokontroler, modul komunikasi internet, platform monitoring, dan pengguna sebagai penerima informasi. Sistem dirancang untuk melakukan pembacaan kondisi kelembaban tanah secara berkala, kemudian mengirimkan data

melalui jaringan internet sehingga dapat dipantau secara jarak jauh. Data yang diperoleh digunakan untuk mengetahui kondisi aktual media tanam cabai dan menentukan kebutuhan penyiraman berdasarkan tingkat kelembaban tanah yang terukur.

3.1 Tahapan Penelitian

Penelitian dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang dilakukan secara sistematis. Tahap pertama adalah identifikasi kebutuhan sistem yang meliputi penentuan parameter yang akan diamati, yaitu kelembaban tanah pada media tanam cabai[45]. Tahap kedua adalah perancangan sistem monitoring yang mencakup integrasi sensor kelembaban tanah dengan mikrokontroler dan platform IoT. Tahap ketiga adalah pengumpulan data hasil monitoring secara real-time. Tahap keempat adalah analisis data untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam mendukung keputusan penyiraman tanaman cabai. Tahap terakhir adalah penarikan kesimpulan berdasarkan hasil analisis yang diperoleh[46], [47].



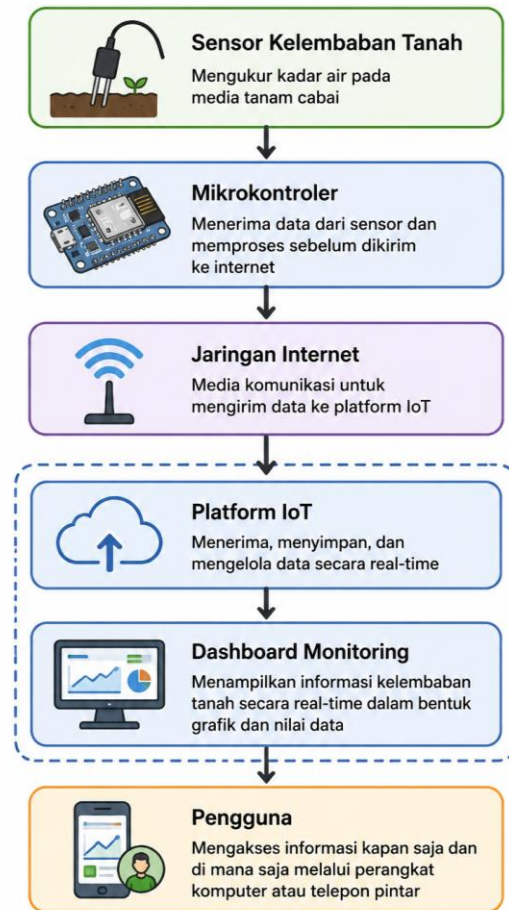
Gambar 1. Diagram Alur Penelitian

Diagram alur penelitian pada Gambar 1 menunjukkan tahapan penelitian mulai dari identifikasi masalah hingga penarikan kesimpulan. Diagram ini perlu ditampilkan dalam bentuk flowchart menggunakan perangkat lunak seperti Microsoft Visio, Draw.io, atau SmartArt Microsoft Word agar lebih representatif dalam naskah jurnal.

3.2 Arsitektur Sistem Monitoring

Sistem monitoring yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas beberapa komponen utama. Sensor kelembaban tanah berfungsi mendeteksi kadar air pada media tanam cabai. Data hasil pembacaan sensor dikirim ke mikrokontroler untuk diproses sebelum diteruskan ke platform IoT melalui jaringan internet. Selanjutnya, data disimpan dan ditampilkan pada dashboard monitoring sehingga dapat diakses oleh pengguna secara real-time menggunakan komputer atau telepon pintar.

Melalui mekanisme tersebut, pengguna dapat mengetahui kondisi kelembaban tanah tanpa harus melakukan pemeriksaan langsung di lokasi penanaman[48]. Informasi yang diperoleh menjadi dasar dalam menentukan apakah tanaman memerlukan penyiraman atau masih berada pada kondisi kelembaban yang sesuai.



Gambar 2. Arsitektur Sistem Monitoring Kelembaban Tanah Berbasis IoT

Gambar 2 menggambarkan hubungan antar komponen dalam sistem monitoring yang digunakan pada penelitian. Diagram ini dapat dibuat dalam bentuk blok diagram sehingga memudahkan pembaca memahami alur pengiriman data dari sensor hingga diterima oleh pengguna.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Data penelitian diperoleh melalui observasi langsung terhadap hasil pembacaan sensor kelembaban tanah yang terpasang pada media tanam cabai. Sensor melakukan pengukuran secara berkala dan menghasilkan nilai kelembaban tanah yang kemudian dikirim ke platform IoT[49]. Data yang tersimpan pada platform digunakan sebagai sumber utama dalam proses analisis.

Selain data hasil sensor, dilakukan pula dokumentasi terhadap proses monitoring dan tampilan dashboard sistem. Dokumentasi tersebut digunakan untuk mendukung analisis mengenai kemampuan sistem dalam menyajikan informasi kondisi tanah secara real-time.

3.4 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dengan mengevaluasi nilai kelembaban tanah yang diperoleh dari sistem monitoring. Data dianalisis untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mendeteksi perubahan kondisi kelembaban tanah dan menyajikan informasi secara real-time kepada pengguna[50].

Hasil pengukuran kemudian dikategorikan ke dalam kondisi kering, normal, dan basah berdasarkan nilai kelembaban yang diperoleh. Kategori tersebut digunakan sebagai dasar dalam menentukan kebutuhan penyiraman

tanaman cabai. Semakin cepat dan akurat sistem mendeteksi perubahan kelembaban tanah, maka semakin baik kemampuan sistem dalam mendukung proses penyiraman.

IV. HASIL

4.1 Hasil Implementasi Sistem Monitoring Kelembaban Tanah Berbasis IoT

Berdasarkan hasil implementasi, sistem monitoring kelembaban tanah berbasis Internet of Things (IoT) berhasil melakukan pembacaan kondisi kelembaban tanah pada media tanam cabai secara real-time. Data yang diperoleh dari sensor kelembaban tanah dikirimkan melalui mikrokontroler menuju platform IoT menggunakan jaringan internet. Selanjutnya, data ditampilkan pada dashboard monitoring sehingga pengguna dapat memantau kondisi tanah kapan saja dan di mana saja.

Sistem yang dikembangkan terdiri atas sensor kelembaban tanah sebagai perangkat input, mikrokontroler sebagai pengolah data, jaringan internet sebagai media komunikasi, platform IoT sebagai pusat penyimpanan data, serta dashboard monitoring sebagai media visualisasi informasi. Integrasi antar komponen tersebut memungkinkan proses pemantauan berlangsung secara otomatis tanpa memerlukan pengukuran manual secara terus-menerus.



Gambar 3. Implementasi perangkat monitoring kelembaban tanah berbasis IoT pada media tanam cabai.

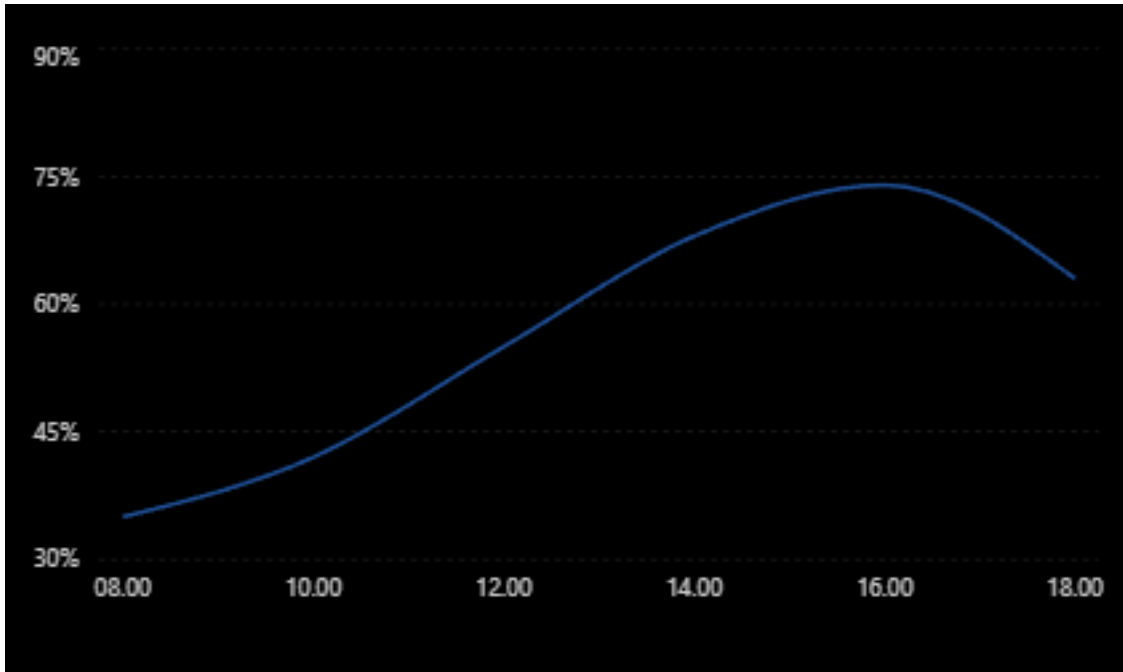
4.2 Hasil Monitoring Kelembaban Tanah

Pengamatan dilakukan secara berkala untuk mengetahui perubahan kondisi kelembaban tanah pada media tanam cabai. Hasil monitoring menunjukkan bahwa nilai kelembaban tanah mengalami perubahan sesuai kondisi lingkungan dan kebutuhan air tanaman.

Tabel 1. Hasil Monitoring Kelembaban Tanah

No	Waktu Pengamatan	Kelembaban (%)	Kondisi Tanah	Status Penyiraman
1	08.00 WIB	35	Kering	Perlu Penyiraman
2	10.00 WIB	42	Kering	Perlu Penyiraman
3	12.00 WIB	55	Normal	Tidak Perlu
4	14.00 WIB	68	Normal	Tidak Perlu
5	16.00 WIB	74	Basah	Tidak Perlu
6	18.00 WIB	63	Normal	Tidak Perlu

Berdasarkan data pada Tabel 1, kondisi tanah pada pagi hari menunjukkan nilai kelembaban relatif rendah sehingga sistem mengidentifikasi kebutuhan penyiraman. Setelah dilakukan penyiraman, nilai kelembaban meningkat dan berada pada kategori normal hingga basah. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perubahan kondisi tanah secara baik.

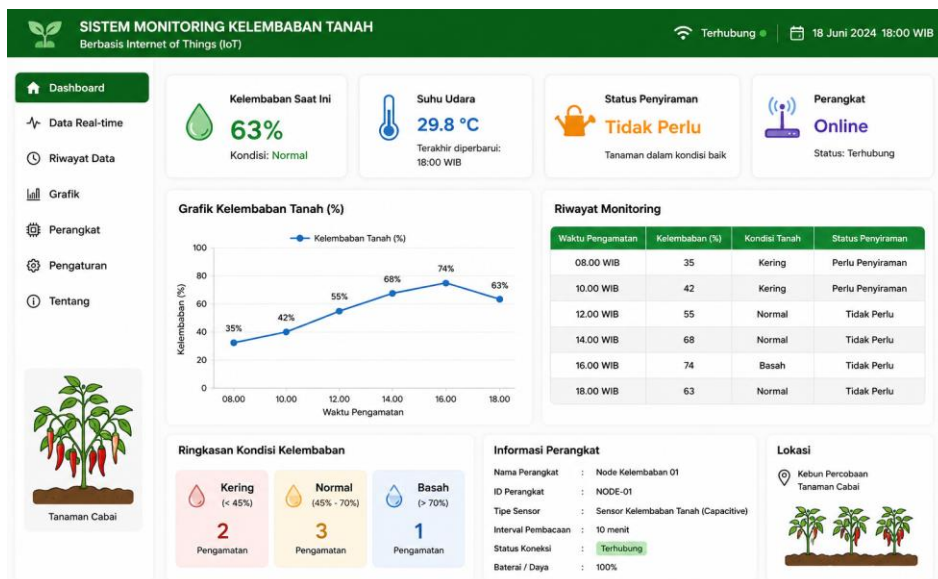


Grafik 1. Tren Kelembaban Tanah Selama Pengamatan

Berdasarkan Grafik 1, nilai kelembaban tanah mengalami peningkatan setelah proses penyiraman dilakukan. Nilai tertinggi tercatat sebesar 74% pada pukul 16.00 WIB, sedangkan nilai terendah sebesar 35% pada pukul 08.00 WIB. Grafik tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu merekam perubahan kelembaban tanah secara kontinu dan menyajikannya dalam bentuk visual yang mudah dipahami pengguna.

4.3 Tampilan Dashboard Monitoring

Data hasil pembacaan sensor yang telah dikirimkan ke platform IoT ditampilkan melalui dashboard monitoring. Dashboard berfungsi sebagai antarmuka pengguna untuk melihat nilai kelembaban tanah secara real-time. Informasi yang disajikan meliputi nilai kelembaban terkini, status kondisi tanah, serta riwayat data hasil monitoring.



Gambar 4. Dashboard Monitoring Kelembaban Tanah

Tampilan dashboard monitoring yang digunakan untuk memantau kondisi kelembaban tanah secara real-time.

Gambar 4. Tampilan dashboard monitoring yang digunakan untuk memantau kondisi kelembaban tanah secara real-time.

V. PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring kelembaban tanah berbasis Internet of Things (IoT) mampu bekerja secara efektif dalam mendukung proses penyiraman tanaman cabai. Sistem berhasil melakukan pembacaan kelembaban tanah secara real-time dan menampilkan informasi tersebut pada dashboard monitoring yang dapat diakses pengguna melalui perangkat digital. Berdasarkan data pengamatan, nilai kelembaban tanah mengalami perubahan sesuai kondisi media tanam dan aktivitas penyiraman. Pada pagi hari, kelembaban tanah berada pada kategori kering dengan nilai 35% dan 42%, sehingga sistem merekomendasikan penyiraman. Setelah dilakukan penyiraman, kelembaban meningkat menjadi 55%, 68%, hingga 74% yang termasuk kategori normal dan basah. Kondisi ini menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perubahan kadar air tanah secara responsif dan memberikan informasi yang relevan untuk pengambilan keputusan penyiraman.

Penggunaan sistem monitoring berbasis IoT memberikan keunggulan dibandingkan metode konvensional yang masih mengandalkan pengamatan visual atau pengalaman petani. Pada metode konvensional, keputusan penyiraman sering kali bersifat subjektif sehingga berpotensi menyebabkan kekurangan atau kelebihan air. Dalam penelitian ini, keputusan penyiraman didasarkan pada data aktual hasil pembacaan sensor, sehingga proses penyiraman menjadi lebih terukur dan efisien. Selain itu, kemampuan sistem dalam mengirimkan data melalui jaringan internet memungkinkan pemantauan dilakukan dari jarak jauh tanpa harus datang langsung ke lokasi tanam. Hal ini sangat mendukung penerapan konsep smart agriculture yang menekankan penggunaan teknologi digital untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan pertanian.

Berdasarkan hasil yang diperoleh, terdapat beberapa aspek penting yang dapat dibahas lebih lanjut:

1. Akurasi monitoring kelembaban tanah
Sensor kelembaban tanah mampu mendeteksi perubahan kadar air pada media tanam cabai secara kontinu. Data yang dihasilkan menunjukkan pola yang logis, yaitu nilai kelembaban meningkat setelah penyiraman dilakukan dan menurun secara bertahap seiring waktu. Hal ini menandakan bahwa sistem memiliki kemampuan monitoring yang baik dalam menggambarkan kondisi aktual tanah.
2. Efektivitas sistem dalam mendukung penyiraman
Sistem memberikan informasi kondisi tanah dalam kategori kering, normal, dan basah. Kategori tersebut membantu pengguna menentukan apakah tanaman memerlukan penyiraman atau tidak. Dengan adanya informasi ini, penyiraman dapat dilakukan secara lebih tepat sehingga penggunaan air menjadi lebih efisien dan risiko overwatering dapat dikurangi.
3. Kontribusi terhadap smart agriculture
Integrasi sensor, mikrokontroler, jaringan internet, dan dashboard monitoring menunjukkan implementasi nyata konsep smart agriculture. Sistem tidak hanya berfungsi sebagai alat pemantau, tetapi juga sebagai pendukung pengambilan keputusan berbasis data. Kemampuan akses jarak jauh melalui dashboard monitoring menjadi nilai tambah yang penting dalam modernisasi pengelolaan pertanian.

VI. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring kelembaban tanah berbasis Internet of Things (IoT) mampu mendukung proses penyiraman tanaman cabai secara efektif dan efisien. Sistem yang terdiri atas sensor kelembaban tanah, mikrokontroler, jaringan internet, platform IoT, dan dashboard monitoring berhasil melakukan pengukuran serta pengiriman data kelembaban tanah secara real-time. Informasi yang diperoleh dapat diakses oleh pengguna kapan saja dan di mana saja melalui perangkat yang terhubung dengan internet. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi perubahan kondisi kelembaban tanah sesuai dengan keadaan aktual media tanam. Pada kondisi tanah kering dengan nilai kelembaban 35% dan 42%, sistem menunjukkan perlunya dilakukan penyiraman. Setelah penyiraman dilakukan, nilai kelembaban meningkat hingga mencapai kategori normal dan basah, yaitu antara 55% sampai 74%. Kondisi tersebut membuktikan bahwa sistem mampu memberikan informasi yang relevan sebagai dasar pengambilan keputusan penyiraman tanaman cabai.

Selain meningkatkan akurasi pemantauan, penerapan teknologi IoT juga memberikan kemudahan dalam pengelolaan budidaya tanaman melalui pemantauan jarak jauh. Sistem ini mendukung konsep smart agriculture dengan memanfaatkan data real-time untuk membantu petani mengoptimalkan penggunaan air dan menjaga kondisi kelembaban tanah sesuai kebutuhan tanaman. Oleh karena itu, sistem monitoring kelembaban tanah berbasis IoT berpotensi menjadi solusi yang efektif dalam meningkatkan efisiensi penyiraman, produktivitas tanaman cabai, serta mendukung pengembangan pertanian modern yang lebih cerdas dan berkelanjutan.

Kontribusi Penulis: Rafael Ainur Hayat: konseptualisasi, metodologi penelitian, perancangan sistem monitoring kelembaban tanah berbasis Internet of Things (IoT), penulisan naskah, serta analisis data.
Verditya Puja Dharmawan: pengumpulan data, visualisasi hasil, validasi data, serta peninjauan dan penyuntingan naskah.

Semua penulis telah membaca dan menyetujui versi naskah yang telah diterbitkan.

Pendanaan: -

Ucapan Terima Kasih: -

Konflik Kepentingan: Para penulis menyatakan tidak memiliki konflik kepentingan.

Ketersediaan Data: -

Persetujuan Berdasarkan Informasi ORCID: Tidak tersedia.

Penulis Pertama: <https://> -

Penulis Kedua: <https://> -

Penulis Ketiga: -

REFERENSI

- [1] S. Lestari, T. Fadly Ramadhan, A. Hardiyanto, and P. Pramono, "Sistem Irigasi Otomatis Berbasis Sensor Kelembaban Tanah Pada Tanaman Cabai Menggunakan Esp32," *Pros. Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Bisnis*, pp. 1154–1158, 2025, doi: 10.47701/rcryjz73.
- [2] D. J. Nuraini, G. A. Windari, S. Sudarti, and K. Mahmud, "Analisis Konsep Fisika pada Sistem Penyiram Otomatis untuk Budidaya Tanaman Hortikultura," 2025, *jurnal.poltekgo.ac.id*. doi: 10.30869/jtpg.v10i1.1460.
- [3] R. K. Laday, J. Prasetyana, D. D. Saputra, and Y. F. Achmad, "Rancang Bangun SMART Gardenig Tanaman menggunakan Blynk berbasis IoT," *KETIK J. Inform.*, vol. 2, no. 03, pp. 15–21, 2025, doi: 10.70404/ketik.v2i03.146.
- [4] A. Hanafi, A. Putri Yuniar, S. Dhiya Ananda, and P. Pramono, "Sistem Penyiraman Otomatis Tanaman Cabai Berbasis ESP32 dan Internet of Things," *Pros. Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Bisnis*, pp. 467–472, 2025, doi: 10.47701/b4cwpk49.
- [5] A. A. Aulia, L. D. Samsumar, and E. Suryadi, "Sistem Monitoring Kelembaban Dan Otomatisasi Penyiraman Tanaman Cabai Berbasis Internet of Things (Iot)," *J. Rekayasa Sist. Inf. dan Teknol.*, vol. 2, no. 2, pp. 681–695, 2024, doi: 10.70248/jrsit.v2i2.1366.
- [6] T. Multazam, Syukriah, Burhanuddin, Bakhtiar, Ezwarsyah, and Zulmiardi, "Penerapan IoT dalam Sistem Deteksi Kelembapan pH Tanah pada Tanaman Jagung untuk Meningkatkan Hasil Panen," *J. Malikussaleh Mengabdi*, vol. 4, no. 1, pp. 212–220, 2025, doi: 10.29103/jmm.v4i1.22634.
- [7] F. P. E. Putra, U. Ubaidi, R. N. Saputra, F. M. Haris, and S. N. R. Barokah, "Application of Internet of Things Technology in Monitoring Water Quality in Fishponds," *Brill. Res. Artif. Intell.*, vol. 4, no. 1, pp. 356–361, 2024, doi: 10.47709/brilliance.v4i1.4231.
- [8] C. P. Suhita, D. A. Nurafian, and D. Setyaningrum, "Budidaya Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) melalui Pemanfaatan Hormon GSA (Giberelin Sitokinin Auksin) Organik," *J. Kridatama Sains Dan Teknol.*, vol. 6, no. 02, pp. 852–868, 2024, doi: 10.53863/kst.v6i02.1464.
- [9] I. G. N. S. Hernanda, I. M. Y. Negara, D. A. Asfani, D. Fahmi, T. Suryani, and D. Kuswidiastuti, "Pemanfaatan Ultrasonic Wave Generator Berbasis Solar Cell serta Monitoring Kelembaban Tanah untuk Membasmi Hama Pertanian Guna Meningkatkan Kualitas Hasil Panen Kelompok Tani Desa Ngronggot," *Sewagati*, vol. 9, no. 1, pp. 2595–2609, 2025, doi: 10.12962/j26139960.v9i1.2206.
- [10] A. Sutiya and U. Latifa, "Monitoring dan Kendali Sistem Penyiraman pada Cabai Merah dengan Aplikasi Android," *ELECTRON J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 5, no. 1, pp. 98–105, 2024, doi: 10.33019/electron.v5i1.141.
- [11] LM. Fid Aksara, Asri Samsudin, Jumadil Nangi, and Isnawaty, "Sistem Kontrol Penyiraman Air Dan Nutrisi Tanaman Cabai Berbasis Internet Of Things (IoT) Menggunakan Decision Tree C5," *Semant. Tek. Inf.*, vol. 11, no. 2, 2025, doi: 10.55679/semantik.v11i2.268.
- [12] E. Christian, S. Geges, P. B. A. A. Putra, and R. Alyura, "Sistem Iot Berbasis Arduino Cloud Untuk Monitoring Dan Kontrol Lahan Pertanian Cabai," *Technol. J. Ilm.*, vol. 16, no. 1, p. 86, 2025, doi: 10.31602/tji.v16i1.17029.
- [13] A. L. Duguma and X. Bai, "How the internet of things technology improves agricultural efficiency," 2025, *Springer*. doi: 10.1007/s10462-024-11046-0.

- [14] F. P. E. Putra, I. N. S. Degeng, S. Ulfa, and W. Kamdi, "The Evolution of Quality Education: Impacts and Challenges of Using Open Educational Resources (OER) and Open Educational Practices (OEP) in the Conceive - Design - Implement - Operate (CDIO) Framework," *TEM J.*, vol. 13, no. 1, pp. 386–395, 2024, doi: 10.18421/TEM131-40.
- [15] B. Muttaqi, N. Nurchim, and P. W. Ningsih, "Penerapan Logika Fuzzy Mamdani dalam Sistem Penyiraman Cerdas untuk Pertanian," *Gener. J.*, vol. 8, no. 2, pp. 111–120, 2024, doi: 10.29407/gj.v8i2.23175.
- [16] T. W. Kang and Y. Mo, "A comprehensive digital twin framework for building environment monitoring with emphasis on real-time data connectivity and predictability," 2024, *Elsevier*. doi: 10.1016/j.dibe.2023.100309.
- [17] M. I. R. Stiawan and Z. A. I. Supardi, "Smart Farming - Merancang Alat Penyiram Tanaman Otomatis Berbasis Kelembapan Tanah Dan Waktu Menggunakan Mikrokontroler Esp32," *Inov. Fis. Indones.*, vol. 13, no. 3, pp. 124–132, 2024, doi: 10.26740/ifi.v13n3.p124-132.
- [18] L. O. Sari, M. F. E. Saputra, and E. Safrianti, "Sistem Monitoring Arus Listrik Berbasis Internet of Things (IoT) pada Solar Panel di Laboratorium Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) UIN Suska Riau," *MALCOM Indones. J. Mach. Learn. Comput. Sci.*, vol. 4, no. 1, 2024, doi: 10.57152/malcom.v4i1.1033.
- [19] Fauzan Prasetyo Eka Putra, Dian Tri Agustina, Triana Selvia Khusnul Khotimah, and Tarisha Ramadhanty, "Analisis Kinerja Jaringan 5G dalam Meningkatkan Konektivitas Internet of Things (IoT)," 2025, *researchgate.net*. doi: 10.55606/jitek.v5i1.5836.
- [20] S. N. Aurellia, "Implementasi Sistem Monitoring Kelembaban Tanah, Ph Tanah Dan Intensitas Cahaya Tanaman Lahan Terbuka Dengan Wsn Berbasis Modul Nrf24L01," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 3S1, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3s1.5263.
- [21] M. R. Ariwibowo, L. A. Setiawan, and A. Iman, "Sistem Pemantau Kelembaban Tanah Dan Debit Air Pada Tanaman Cabai Menggunakan Esp32 Berbasis Internet of Things," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 13, no. 2, 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i2.6382.
- [22] M. R. Al Huda, I. Bukhori, and M. Galina, "Sistem Pengontrolan pH Serta Kelembapan Tanah pada Tanaman Bayam Menggunakan Kontrol Logika Fuzzy," *Semin. Nas. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 296–308, 2025, doi: 10.46962/snte.25.095.
- [23] Fauzan Prasetyo Eka Putra, Mustafida Mustafida, Royhan Alfadili, and Afifatun Nahriyah, "Perancangan Jaringan Nirkabel Berbasis Mesh untuk Menunjang Aplikasi Smart City," 2025, *researchgate.net*. doi: 10.55606/jitek.v5i1.5934.
- [24] A. Hasna Khaira Aswha, F. Yovandi, A. Nafi Rosyadi, and P. Pramono, "Implementasi Internet of Things (IoT) pada Sistem Irigasi Otomatis untuk Tanaman Cabai Menggunakan Aplikasi Blynk," *Pros. Semin. Nas. Teknol. Inf. dan Bisnis*, pp. 546–553, 2025, doi: 10.47701/68b08q38.
- [25] R. Eka Budiani, J. Dedy Irawan, and D. Rudhistiar, "Sistem Monitoring Dan Penyiraman Otomatis Pada Tanaman Cabai Berbasis Internet of Things (IoT)," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 8, no. 2, pp. 1331–1338, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i2.9149.
- [26] F. Anggraeni and M. Rofiq, "Sistem Monitoring Penyiraman Bibit Tanaman Jeruk Siam Dengan Menggunakan Modul Nodemcu ESP 8266 Dan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis IOT," *J. Sist. Komput. Asia*, vol. 2, no. 01, pp. 173–185, 2024, doi: 10.32815/jiskomsia.v2i01.47.
- [27] Fauzan Prasetyo Eka Putra, Dea Aulia Siswoyo, M. Idris Ainul Yaqin, and Rica Oktavia, "Tinjauan Regulasi Siber dan Kebijakan Keamanan Jaringan 5G: Perspektif Nasional dan Internasional," 2025, *researchgate.net*. doi: 10.55606/jitek.v5i1.6141.
- [28] F. M. Tangorra, E. Buio, A. Calcante, A. Bassi, and A. Costa, "Internet of Things (IoT): Sensors Application in Dairy Cattle Farming," 2024, *mdpi.com*. doi: 10.3390/ani14213071.
- [29] M. S. Peelam, A. A. Rout, and V. Chamola, "Quantum computing applications for Internet of Things," *IET Quantum Commun.*, vol. 5, no. 2, pp. 103–112, 2024, doi: 10.1049/qtc2.12079.
- [30] U. H. Westergren, V. Mähler, and T. Jadaan, "Enabling digital transformation: Organizational implementation of the internet of things," 2024, *Elsevier*. doi: 10.1016/j.im.2024.103996.
- [31] S. Wijaya, L. Delsi Samsumar, and M. Masjun Efendi, "Perancangan Sistem Monitoring Kelembapan Dan Penyiraman Otomatis Tanaman Jagung Berbasis Internet of Things," *J. Comput. Sci. Inf. Technol.*, vol. 1, no. 4, pp. 267–276, 2024, doi: 10.70248/jcsit.v1i4.1253.
- [32] I. K. A. R. Gunawan, N. P. R. Artini, I. W. T. Aryasa, and I. K. A. Sugianta, "Rancang Bangun Alat Pengukur Unsur Hara dan Kelembapan Tanah Menggunakan Sensor NPK, Sensor Kelembapan Kapasitif, dan Mikrokontroler Arduino Nano," *J. Resist. (Rekayasa Sist. Komputer)*, vol. 7, no. 2, pp. 91–99, 2024, doi: 10.31598/jurnalresistor.v7i2.1608.
- [33] F. P. Eka Putra, . S., A. Ramadhani, and . M., "Integrasi Teknologi Kuantum dan fiber Optik untuk Meningkatkan Keamanan dan Efisiensi Jaringan Masa Depan," *J. Ilm. Ilk. - Ilmu Komput. Inform.*, vol. 8, no.

- 2, pp. 151–163, 2025, doi: 10.47324/ilkominfo.v8i2.342.
- [34] R. E. Fajriyah and D. Faiza, “Rancang Bangun Sistem Kontrol dan Monitoring Penyiraman Tanaman Cabai Otomatis Berbasis Internet of Things,” 2024. doi: 10.24036/voteteknika.v12i1.125663.
- [35] N. Khairunisa, H. Sunardi, and F. Antony, “Implementasi Sistem Alarm Dan Monitoring Kelembaban Tanah Dan Suhu Terhadap Tanaman Cabai Berbasis Internet of Things (Iot) Menggunakan Logika Fuzzy,” 2024, *ejournal.uigm.ac.id*. doi: 10.36982/jinig.v2i1.4437.
- [36] N. Effendi, Dedi Handoko, Fauzan Azim, and Fitri Farida, “Rancangan sistem monitoring kelembapan tanah pembibitan kelapa sawit berbasis internet of things,” *J. CoSciTech (Computer Sci. Inf. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 358–366, 2024, doi: 10.37859/coscitech.v5i2.7572.
- [37] D. P. Romadan, V. Arinal, F. M. Sarimole, and T. Tundo, “Prototipe Sistem Monitoring Kelembapan Tanah pada Tanaman Cabai Berbasis Internet of Things dengan Metode Fuzzy Logic Menggunakan NodeMCU Esp8266, Blynk dan Thingspeak,” *MALCOM Indones. J. Mach. Learn. Comput. Sci.*, vol. 5, no. 1, pp. 130–140, 2024, doi: 10.57152/malcom.v5i1.1600.
- [38] M. I. Mahfud, F. Azzahrotunnisa, N. S. Ishak, and R. Kurniawan, “Perbandingan Metode Supervised Machine Learning untuk Prediksi Kelembapan Tanah di Jakarta,” *Pros. Semin. Nas. Sains Data*, vol. 4, no. 1, pp. 77–87, 2024, doi: 10.33005/senada.v4i1.166.
- [39] J. Junaidi and K. Ramadhani, “Efektivitas Internet of Things (Iot) Pada Sektor Pertanian,” 2024. doi: 10.54314/teknisi.v4i1.1793.
- [40] Fauzan Prasetyo Eka Putra, Maksuful Ghummah, Moh. Amrullah, and Rafli Hidayatullah, “Studi Kinerja Mesh Network untuk Penerapan Internet of Things (IoT) di Lingkungan Perkotaan,” 2025, *researchgate.net*. doi: 10.55606/jitek.v5i1.5895.
- [41] S. Li, M. Iqbal, and N. Saxena, “Future Industry Internet of Things with Zero-trust Security,” 2024, *Springer*. doi: 10.1007/s10796-021-10199-5.
- [42] F. P. E. Putra, U. Ubaidi, M. Aziz, M. Irfan, and R. Alim, “Improving Network Service Quality in parts of Sampang City: QoS Evaluation and User Perception of QoE,” *Brill. Res. Artif. Intell.*, vol. 4, no. 1, pp. 408–412, 2024, doi: 10.47709/brilliance.v4i1.4311.
- [43] K. M. Hosny, W. M. El-Hady, and F. M. Samy, “Technologies, Protocols, and applications of Internet of Things in greenhouse Farming: A survey of recent advances,” 2025, *Elsevier*. doi: 10.1016/j.inpa.2024.04.002.
- [44] F. P. E. Putra, N. Ramadhani, F. Fauzan, and M. Mursidi, “Service Quality Analysis of RFID-Based Smart Door Lock in Front One Azana Style Hotel Area,” *Brill. Res. Artif. Intell.*, vol. 4, no. 1, pp. 372–381, 2024, doi: 10.47709/brilliance.v4i1.4292.
- [45] I. L. Laksono, D. P. Kynta, M. Fadli, V. Wijaya, and D. Hermanto, “Pemantauan Kelembaban tanah Berbasis IoT Menggunakan Sensor Soil Moisture,” *J. Algoritme.*, vol. 5, no. 1, pp. 24–34, 2024, doi: 10.35957/algoritme.v5i1.8961.
- [46] F. P. Eka Putra, L. Fitriyah, Z. Naimah, and S. A. Rofika, “Evaluasi Kinerja Aplikasi Wireshark Dalam Monitoring Jaringan Kecil Dengan Topologi Star dan Bus,” *J. Ilm. Ilk. - Ilmu Komput. Inform.*, vol. 8, no. 2, pp. 164–176, 2025, doi: 10.47324/ilkominfo.v8i2.343.
- [47] F. P. E. Putra, U. Ubaidi, R. O. F. Kusuma, A. M. Syam, and S. A. Efendy, “Effect Of Distance On Wi-Fi Signal Quality In The Home Environment,” *Brill. Res. Artif. Intell.*, vol. 4, no. 1, pp. 391–398, 2024, doi: 10.47709/brilliance.v4i1.4319.
- [48] F. Apriansyah, F. Antony, and H. Sunardi, “Pemanfaatan Solar Panel Sebagai Studi Efisiensi Penyiraman Tanaman Cabai Berbasis IoT,” *J. Intell. Networks IoT Glob.*, vol. 3, no. 2, pp. 74–84, 2025, doi: 10.36982/jinig.v3i2.6597.
- [49] Z. Zulkipli, I. Sulaini, D. Rahmayati, and E. Efan, “Prototipe Penyiram Pupuk Cair Pada Tanaman Cabai Berbasis Iot (Internet of Things) Menggunakan Algoritma Fuzzy Logic,” *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 2, pp. 2208–2212, 2024, doi: 10.36040/jati.v8i2.9451.
- [50] Y. Roza, M. KH, Y. Fernando, I. Syafrinal, and K. Kaharuddin, “Rancang Bangun Monitoring Debit Air Pdam Rumah Tangga Berbasis Internet of Things (Iot),” *SKANIKA Sist. Komput. dan Tek. Inform.*, vol. 7, no. 2, pp. 214–223, 2024, doi: 10.36080/skanika.v7i2.3196.