



Penerapan Sistem Irigasi Tetes Otomatis Berbasis Sensor Kelembaban Tanah: Upaya Pertanian Presisi pada Tanaman Semangka

Eka Fibriyani^{1*}, Welmy Soumena¹, Nia Amrina Rosada¹, Rizka Azhari¹, Misbahuddin²,
Muhamad Husni Idris¹

¹Program Magister Lahan Kering, Pascasarjana, ²Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Mataram, Jl. Majapahit No.62, Gomong, Kecamatan Selaparang, Mataram, Indonesia 83125.

Email Korespondensi: ekafibriyani17@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan sistem irigasi tetes otomatis berbasis sensor kelembaban tanah dalam mendukung pertanian presisi pada budidaya tanaman semangka. Metode yang digunakan adalah *narrative literature review* dengan mengkaji berbagai sumber ilmiah yang relevan, meliputi jurnal internasional bereputasi, jurnal nasional terakreditasi, serta prosiding ilmiah. Hasil kajian menunjukkan bahwa sistem irigasi tetes berbasis sensor mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air hingga 30–80% dibandingkan metode konvensional, karena proses penyiraman dilakukan secara *real-time* sesuai kondisi aktual kelembaban tanah. Selain itu, teknologi ini mampu menjaga stabilitas kelembaban tanah sehingga berdampak positif terhadap pertumbuhan tanaman, kualitas buah, serta produktivitas hasil panen. Integrasi teknologi sensor, *Internet of Things* (IoT), dan sistem otomatisasi juga memberikan kemudahan dalam monitoring dan pengelolaan irigasi secara lebih akurat dan efisien. Namun demikian, kajian ini masih memiliki keterbatasan karena bergantung pada data sekunder serta belum didukung oleh pengujian empiris langsung di lapangan. Di sisi lain, implementasi teknologi ini juga menghadapi kendala seperti biaya investasi awal, kebutuhan infrastruktur, serta keterbatasan kapasitas teknis pengguna. Dengan demikian, meskipun penerapan sistem ini berpotensi menjadi solusi strategis dalam menghadapi keterbatasan sumberdaya air dan mendukung pertanian berkelanjutan berbasis teknologi, diperlukan kajian lanjutan untuk memperkuat validasi dan penerapannya di berbagai kondisi lapangan.

Kata kunci: Irigasi Tetes Otomatis; Pertanian Presisi; Efisiensi Penggunaan Air; Internet of Things (IoT).

Implementation of an Automatic Drip Irrigation System Based on Soil Moisture Sensors: a Precision Agriculture Effort for Watermelon Plants

Abstract

This article aims to analyze the application of an automatic drip irrigation system based on soil moisture sensors to support precision agriculture in watermelon cultivation. The method used is a narrative literature review by examining various relevant scientific sources, including reputable international journals, accredited national journals, and scientific proceedings. The results of the study indicate that the sensor-based drip irrigation system can increase water use efficiency by 30–80% compared to conventional methods, because the watering process is carried out in real time according to actual soil moisture conditions. In addition, this technology is able to maintain soil moisture stability, thus positively impacting plant growth, fruit quality, and crop productivity. The integration of sensor technology, the Internet of Things (IoT), and automation systems also facilitates more accurate and efficient irrigation monitoring and management. However, this study still has limitations because it relies on secondary data and is not supported by direct empirical testing in the field. Furthermore, the implementation of this technology also faces obstacles such as initial investment costs, infrastructure requirements, and limited user technical capacity. Therefore, although the implementation of this system has the potential to be a strategic solution to address limited water resources and support technology-based sustainable agriculture, further studies are needed to strengthen its validation and application in various field conditions.

Keywords: Automatic Drip Irrigation; Precision Agriculture; Water use Efficiency; Internet of Things (IoT).

How to Cite: Fibriyani, E., Soumena, W., Rosada, N. A., Azhari, R., Misbahuddin, M., & Idris, M. H. (2025). Penerapan Sistem Irigasi Tetes Otomatis Berbasis Sensor Kelembaban Tanah: Upaya Pertanian Presisi pada Tanaman Semangka. *Empiricism Journal*, 7(2), 1202-1214. <https://doi.org/10.36312/ej.v7i2.4844>



<https://doi.org/10.36312/ej.v7i2.4844>

Copyright© 2026, Fibriyani et al.

This is an open-access article under the CC-BY-SA License.



PENDAHULUAN

Tanaman semangka (*Citrullus lanatus*) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan prospek pasar yang menjanjikan. Permintaan terhadap semangka cenderung stabil bahkan meningkat setiap tahun, seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk dan perubahan pola konsumsi masyarakat yang mengarah pada buah segar bernilai gizi tinggi. Selain itu, semangka memiliki siklus budidaya yang relatif singkat sehingga menjadi pilihan strategis bagi petani dalam meningkatkan pendapatan. Secara umum, produktivitas semangka di dunia menunjukkan tren yang cukup tinggi dengan rata-rata berkisar 20–35 ton per hektar, bahkan pada sistem budidaya intensif dapat mencapai lebih dari 40 ton/ha, sementara di Indonesia produktivitasnya masih berada pada kisaran 15–20 ton/ha (FAO, 2024). Namun demikian, peningkatan produksi semangka tidak hanya bergantung pada luas lahan, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh pengelolaan faktor lingkungan, khususnya air dan nutrisi yang tepat (Leiva Soto, 2024). Dengan demikian, diperlukan pendekatan budidaya yang lebih efisien dan berbasis teknologi untuk menjaga stabilitas produksi.

Dalam praktik budidaya, ketersediaan air menjadi faktor kunci yang menentukan keberhasilan pertumbuhan dan hasil tanaman semangka. Tanaman ini memiliki kebutuhan air yang cukup tinggi, terutama pada fase vegetatif hingga pembentukan buah, di mana defisit air dapat menyebabkan penurunan ukuran dan kualitas buah secara signifikan. Kebutuhan air tanaman semangka juga bervariasi pada setiap fase pertumbuhannya, di mana pada fase vegetatif air diperlukan untuk mendukung pembentukan akar, batang, dan daun secara optimal (Irmak, 2022). Memasuki fase pembungaan, kebutuhan air tetap penting namun harus dikontrol karena kelebihan air dapat menyebabkan kegagalan pembentukan bunga dan buah (Zhang, 2023). Selanjutnya, pada fase pembesaran buah, kebutuhan air meningkat secara signifikan karena berperan dalam proses pengisian buah dan menentukan kualitas hasil panen, sehingga kekurangan air pada fase ini dapat menurunkan ukuran, berat, dan kualitas rasa buah (Pereira, 2021). Sebaliknya, kelebihan air juga dapat berdampak negatif terhadap kondisi tanah, seperti menurunkan aerasi tanah dan meningkatkan risiko penyakit akar. Penelitian menunjukkan bahwa pengelolaan air yang tidak tepat dapat mengganggu keseimbangan fisiologis tanaman, termasuk proses fotosintesis dan penyerapan hara (Liu, 2025).

Permasalahan yang sering dihadapi petani adalah penggunaan metode penyiraman konvensional yang masih dilakukan secara manual atau berdasarkan kebiasaan. Metode ini cenderung tidak mempertimbangkan kondisi aktual tanah dan kebutuhan spesifik tanaman, sehingga sering terjadi pemborosan air atau sebaliknya kekurangan air pada waktu tertentu. Distribusi air yang tidak merata juga menjadi kendala yang dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman tidak seragam. Studi oleh Miller & Vellidis (2018) menunjukkan bahwa sistem irigasi tanpa kontrol berbasis sensor memiliki tingkat efisiensi yang lebih rendah dibandingkan sistem yang terotomatisasi. Kondisi ini pada akhirnya berdampak pada rendahnya efisiensi usahatani dan produktivitas yang tidak optimal.

Di sisi lain, keterbatasan sumberdaya air menjadi tantangan global yang semakin nyata, terutama akibat perubahan iklim dan meningkatnya kebutuhan air lintas sektor. Dalam pertanian, air merupakan input utama yang penggunaannya harus dikelola secara efisien agar tetap berkelanjutan. Liang (2020) menekankan bahwa efisiensi penggunaan air merupakan salah satu indikator penting dalam sistem pertanian modern yang berkelanjutan. Oleh karena itu, diperlukan inovasi teknologi yang mampu mengoptimalkan penggunaan air tanpa mengurangi produktivitas tanaman.

Salah satu teknologi yang telah banyak dikembangkan adalah sistem irigasi tetes. Sistem ini dirancang untuk menyalurkan air secara langsung ke zona perakaran tanaman dalam jumlah yang terukur dan terkontrol. Dibandingkan dengan metode konvensional, irigasi tetes mampu mengurangi kehilangan air akibat evaporasi dan aliran permukaan. Penelitian menunjukkan bahwa sistem irigasi tetes dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air hingga lebih dari 80% serta meningkatkan hasil tanaman secara signifikan (Bao *et al.* 2023). Selain itu, sistem ini juga mampu menjaga kelembapan tanah tetap stabil sehingga mendukung pertumbuhan akar yang optimal.

Pengembangan sistem irigasi tetes saat ini telah mengarah pada integrasi dengan sensor kelembapan tanah yang memungkinkan pengoperasian secara otomatis. Sensor ini

mampu memantau kondisi kelembapan tanah secara real-time dan mengaktifkan irigasi hanya pada saat dibutuhkan, sehingga pemberian air menjadi lebih tepat dan efisien. Vaddevolu (2021) menyatakan bahwa penggunaan sensor dalam sistem irigasi dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air sekaligus mengurangi intervensi manual. Meskipun demikian, penerapan sistem berbasis sensor tersebut masih belum banyak dioptimalkan pada tingkat budidaya spesifik, terutama dalam menyesuaikan kebutuhan air tanaman berdasarkan fase pertumbuhan. Padahal, sistem ini berpotensi mendukung pengambilan keputusan yang lebih akurat dan adaptif dalam pengelolaan irigasi, sehingga membuka peluang pengembangan teknologi yang lebih presisi dan kontekstual pada budidaya semangka.

Penerapan teknologi irigasi otomatis berbasis sensor ini sejalan dengan konsep pertanian presisi, yaitu pendekatan pertanian yang memanfaatkan teknologi untuk mengoptimalkan penggunaan input secara spesifik lokasi dan waktu. Dalam pertanian presisi, penggunaan air, pupuk, dan energi diatur sedemikian rupa agar efisien dan produktif. Penelitian oleh Zhang (2021) menunjukkan bahwa pengendalian kelembapan tanah secara presisi dapat meningkatkan produktivitas air (*water productivity*) pada tanaman semangka. Hal ini menunjukkan bahwa integrasi teknologi dalam budidaya memiliki potensi besar dalam meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan sistem pertanian.

Meskipun berbagai teknologi irigasi modern telah terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air, tingkat adopsinya di kalangan petani, khususnya di negara berkembang, masih relatif rendah. Berbagai studi menunjukkan bahwa hambatan seperti tingginya biaya investasi awal, keterbatasan pengetahuan dan keterampilan teknis, serta minimnya akses terhadap teknologi menjadi faktor utama yang menghambat penerapan sistem irigasi berbasis sensor secara luas (Aghaabbasi, 2024). Kondisi ini menunjukkan adanya kesenjangan antara potensi teknologi irigasi presisi dengan implementasinya di tingkat lapangan. Selain itu, kajian yang secara spesifik mengevaluasi efektivitas sistem irigasi tetes otomatis berbasis sensor kelembapan tanah pada komoditas hortikultura, seperti semangka, masih terbatas, terutama dalam mengukur kemampuan sistem dalam menjaga kelembapan tanah sesuai kebutuhan tanaman pada berbagai fase pertumbuhan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis penerapan sistem irigasi tetes otomatis berbasis sensor kelembapan tanah pada budidaya tanaman semangka; (2) menganalisis efektivitas sistem dalam menjaga kelembapan tanah sesuai kebutuhan tanaman; dan (3) menganalisis kontribusinya terhadap efisiensi penggunaan air serta penerapan pertanian presisi. Urgensi penelitian ini terletak pada pentingnya pengembangan sistem irigasi yang adaptif, efisien, dan berkelanjutan guna menjawab tantangan keterbatasan sumber daya air di masa depan.

METODE

Metode penelitian dalam artikel ini menggunakan pendekatan *narrative literature review* yang bertujuan untuk mengkaji dan mensintesis berbagai temuan ilmiah terkait penerapan sistem irigasi tetes otomatis berbasis sensor kelembapan tanah pada budidaya tanaman semangka. Penelusuran literatur dilakukan melalui beberapa database ilmiah utama seperti *Google Scholar*, *ScienceDirect*, dan *SpringerLink*, dengan menggunakan kata kunci antara lain “*drip irrigation*”, “*soil moisture sensor*”, “*automatic irrigation*”, “*precision agriculture*”, dan “*watermelon cultivation*”. Rentang tahun publikasi yang digunakan adalah 2015–2025 untuk memastikan relevansi dan kebaruan data.

Proses pencarian awal menghasilkan sekitar ± 120 artikel, yang kemudian diseleksi menjadi ± 45 artikel akhir berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Kriteria inklusi meliputi artikel jurnal internasional bereputasi, jurnal nasional terakreditasi, dan prosiding yang membahas irigasi tetes, sensor kelembapan tanah, serta pertanian presisi, sedangkan kriteria eksklusi mencakup artikel yang tidak relevan, duplikasi, serta publikasi non-ilmiah. Data yang diperoleh merupakan data sekunder yang selanjutnya dianalisis menggunakan pendekatan deskriptif-analitis dengan teknik analisis tematik, yaitu mengelompokkan informasi ke dalam tema utama seperti konsep teknologi, efektivitas penggunaan air, keunggulan sistem, serta tantangan implementasi, sehingga diperoleh pemahaman komprehensif mengenai peran sistem irigasi otomatis dalam mendukung efisiensi air dan pertanian presisi pada tanaman semangka.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsep Tanaman Semangka

Tanaman semangka (*Citrullus lanatus*) merupakan komoditas hortikultura yang memiliki karakter fisiologis sangat dipengaruhi oleh ketersediaan air, sehingga pengelolaan irigasi menjadi faktor kunci dalam menentukan produktivitas dan kualitas hasil. Sistem perakarannya yang relatif dangkal menyebabkan penyerapan air terutama terjadi pada lapisan tanah atas, sehingga tanaman ini sangat sensitif terhadap fluktuasi kelembapan tanah baik dalam kondisi kekurangan maupun kelebihan air. Kondisi tersebut menjadikan pengaturan air sebagai komponen kritis dalam sistem budidaya semangka modern (Leiva Soto et al., 2024; Liu et al., 2025).

Kebutuhan air tanaman semangka bersifat dinamis dan berubah sesuai fase pertumbuhan. Pada fase vegetatif, air berperan dalam pembentukan biomassa melalui proses fotosintesis dan pembelahan sel. Memasuki fase pembungaan, stabilitas kelembapan menjadi penting karena fluktuasi air dapat menyebabkan keguguran bunga. Pada fase pembesaran buah, kebutuhan air mencapai tingkat maksimum karena berperan langsung dalam pembentukan jaringan buah, sedangkan pada fase pemasakan, pengurangan air secara terkontrol dapat meningkatkan kualitas rasa dan kandungan gula. Pola kebutuhan air yang berubah ini menegaskan pentingnya sistem irigasi yang adaptif terhadap fase pertumbuhan tanaman (H. Zhang et al., 2023; Wang et al., 2023).

Selain itu, kandungan air buah semangka yang sangat tinggi ($\pm 90\%$) menunjukkan bahwa produktivitas tanaman sangat bergantung pada efisiensi pengelolaan air. Ketidaktepatan dalam pemberian air dapat menyebabkan gangguan fisiologis seperti penurunan fotosintesis, ketidakseimbangan penyerapan hara, serta peningkatan risiko penyakit akar. Oleh karena itu, sistem budidaya semangka membutuhkan pendekatan irigasi yang mampu menjaga kelembapan tanah secara stabil dan presisi sesuai kebutuhan tanaman (Liu et al., 2025; Bao, Zhang, Liang, et al., 2023).

Konsep Irigasi Tetes

Irigasi tetes merupakan metode irigasi presisi yang menyalurkan air secara langsung ke zona perakaran tanaman dalam jumlah kecil dan terkontrol melalui emitter, sehingga mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air dibandingkan metode konvensional. Sistem ini dirancang untuk meminimalkan kehilangan air akibat evaporasi, limpasan, dan perkolasi, sehingga air dapat dimanfaatkan secara optimal oleh tanaman. Berbagai studi menunjukkan bahwa irigasi tetes mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air sekaligus mempertahankan produktivitas tanaman hortikultura (Guo & Li, 2024; Yang et al., 2023).

Dalam budidaya semangka, irigasi tetes memiliki relevansi tinggi karena mampu menjaga kelembapan tanah pada zona akar yang dangkal dan sensitif terhadap perubahan kadar air. Sistem ini sangat efektif pada fase kritis seperti pembungaan dan pembesaran buah, di mana stabilitas suplai air berpengaruh langsung terhadap jumlah dan kualitas hasil. Penelitian menunjukkan bahwa penerapan irigasi tetes pada semangka dapat meningkatkan hasil dan kualitas buah secara signifikan dibandingkan metode konvensional (Leiva Soto et al., 2024; Bao, Zhang, Liang, et al., 2023).

Namun demikian, efektivitas irigasi tetes tidak bersifat universal, melainkan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan manajemen sistem. Keunggulan teknologi ini lebih nyata pada lahan dengan keterbatasan air, tanah berdrainase baik, serta sistem budidaya intensif. Variasi hasil efisiensi air yang dilaporkan dalam berbagai penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan sistem sangat bergantung pada desain jaringan irigasi, jenis tanah, dan strategi pengelolaan air yang diterapkan (Bhavsar et al., 2023; Thongleam et al., 2024).

Perkembangan teknologi semakin meningkatkan efektivitas irigasi tetes melalui integrasi dengan sensor kelembapan tanah dan sistem otomatisasi berbasis IoT. Sistem ini memungkinkan pengaturan irigasi secara real-time berdasarkan kondisi aktual tanah, sehingga pemberian air menjadi lebih tepat waktu dan sesuai kebutuhan tanaman. Studi menunjukkan bahwa sistem berbasis sensor mampu menghemat penggunaan air hingga sekitar 30–40% dibandingkan metode konvensional (Hasib & Akib, 2026; Rahim et al., 2025).

Meskipun memiliki banyak keunggulan, penerapan irigasi tetes juga menghadapi beberapa kendala seperti biaya investasi awal, kebutuhan pemeliharaan sistem, serta risiko teknis seperti penyumbatan emitter. Oleh karena itu, implementasi teknologi ini perlu

mempertimbangkan aspek teknis dan ekonomi agar dapat diterapkan secara optimal dan berkelanjutan dalam budidaya semangka (Azahra, 2024; Bhanu et al., 2021).

Sistem Irigasi Otomatis berbasis Sensor Kelembaban Tanah pada Tanaman Semangka

Sistem irigasi otomatis berbasis sensor kelembaban tanah merupakan teknologi pertanian modern yang dirancang untuk mengatur pemberian air secara otomatis sesuai kondisi kelembaban tanah. Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan sensor kelembaban tanah yang terhubung dengan mikrokontroler seperti Arduino atau ESP32 untuk mengendalikan pompa air secara otomatis. Ketika kadar air tanah berada di bawah batas yang telah ditentukan, sensor akan mengirimkan data ke mikrokontroler untuk mengaktifkan pompa air. Sebaliknya, jika kondisi tanah sudah cukup lembab maka pompa akan berhenti secara otomatis (Fadillah et al., 2025). Teknologi ini dikembangkan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dan membantu petani dalam melakukan pengelolaan irigasi secara lebih tepat dan efisien (Saragih & Kurniawan, 2025).

Pada tanaman semangka, kebutuhan air sangat penting terutama pada fase pertumbuhan vegetatif, pembungaan, dan pembentukan buah. Kekurangan air dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat, ukuran buah kecil, dan kualitas buah menurun, sedangkan kelebihan air dapat memicu pembusukan akar serta meningkatkan risiko serangan penyakit (Susanti et al., 2025). Oleh karena itu, penerapan sistem irigasi otomatis berbasis sensor dinilai sesuai untuk budidaya semangka karena mampu menjaga kelembaban tanah tetap stabil sesuai kebutuhan tanaman.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan sistem irigasi otomatis memberikan hasil yang cukup konsisten dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air dan menjaga pertumbuhan tanaman. Namun, sebagian besar penelitian masih dilakukan pada tanaman hortikultura secara umum dan belum secara khusus berfokus pada tanaman semangka. Perbandingan beberapa hasil penelitian terkait sistem irigasi otomatis berbasis sensor kelembaban tanah dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Sintesis Hasil Penelitian Sistem Irigasi Otomatis Berbasis Sensor Kelembaban Tanah.

Peneliti dan Tahun	Tanaman/Objek Penelitian	Teknologi yang Digunakan	Hasil Penelitian
Wahyudi et al. (2025)	Tanaman hortikultura	Sistem otomatis berbasis sensor	Ketepatan pemberian air lebih baik dibandingkan penyiraman manual
Fadillah et al. (2025)	Sistem pertanian modern	Arduino/ESP32 dan sensor kelembaban tanah	Pompa air dapat bekerja otomatis sesuai kondisi kelembaban tanah
Susanti et al. (2025)	Tanaman semangka	Pengaturan kebutuhan air tanaman	Kekurangan air menghambat pertumbuhan dan menurunkan kualitas buah
Kamagi et al. (2023)	Media tanam Hortikultura	Arduino dan sensor kelembaban tanah	Sensor mampu membaca tingkat kelembaban tanah secara otomatis
Nanda et al. (2024)	Pertanian berbasis IoT	Sensor real-time dan monitoring digital	Penggunaan air lebih efisien dan monitoring lebih mudah

Berdasarkan Tabel 1. dapat diketahui bahwa sebagian besar penelitian menunjukkan pola hasil yang relatif konsisten, yaitu sistem irigasi otomatis berbasis sensor kelembaban tanah mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air, menjaga kestabilan kelembaban tanah, dan membantu mengurangi beban kerja petani. Penelitian Chanafi et al. (2023), Wahyudi et al. (2025), dan Nanda et al. (2024) menunjukkan bahwa penggunaan sensor kelembaban tanah dapat membantu menghemat penggunaan air karena penyiraman dilakukan sesuai kebutuhan tanaman. Selain itu, sistem otomatis juga membantu meningkatkan efisiensi kerja petani dibandingkan metode penyiraman manual.

Meskipun demikian, penelitian yang secara khusus dilakukan pada tanaman semangka masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian hanya dilakukan pada tanaman hortikultura secara umum atau sistem pertanian modern berbasis IoT. Penelitian Susanti et al. (2025)

lebih menekankan pada pentingnya pengaturan kebutuhan air pada tanaman semangka, tetapi belum membahas secara mendalam integrasi sistem sensor otomatis pada budidaya semangka. Hal ini menunjukkan bahwa masih terdapat peluang penelitian lebih lanjut mengenai penerapan sistem irigasi otomatis berbasis sensor kelembaban tanah khusus pada tanaman semangka.

Keberhasilan penerapan sistem irigasi otomatis dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti akurasi sensor kelembaban tanah, penentuan batas kelembaban yang sesuai, kondisi jenis tanah, ketersediaan sumber listrik, serta kemampuan petani dalam melakukan perawatan alat. Sensor yang tidak dikalibrasi dengan baik dapat menghasilkan pembacaan yang kurang akurat sehingga memengaruhi proses penyiraman. Selain itu, jenis tanah juga memengaruhi tingkat kelembaban dan kemampuan tanah menyimpan air sehingga pengaturan sistem perlu disesuaikan dengan kondisi lahan. Faktor biaya awal pemasangan perangkat sensor, mikrokontroler, dan pompa air juga menjadi kendala utama dalam penerapan teknologi ini, terutama bagi petani skala kecil (Mursalin et al., 2020).

Pertanian Presisi pada budidaya Semangka

Pertanian presisi merupakan pendekatan budidaya modern yang memanfaatkan teknologi untuk mengelola input pertanian secara tepat waktu, tepat dosis, dan tepat sasaran sehingga penggunaan sumber daya menjadi lebih efisien. Dalam budidaya semangka, Penerapan pertanian presisi dapat diwujudkan melalui penggunaan sistem irigasi otomatis berbasis sensor kelembaban tanah yang mampu menyesuaikan kebutuhan air tanaman secara real time (Widari, 2025). Sistem irigasi otomatis berbasis sensor kelembaban tanah bekerja dengan mendeteksi tingkat kelembaban tanah pada area perakaran tanaman. Ketika kondisi tanah berada di bawah batas kelembaban yang telah ditentukan, sensor akan mengirimkan sinyal kepada mikrokontroler untuk mengaktifkan pompa atau katup irigasi secara otomatis. Sebaliknya, apabila kelembaban tanah telah mencukupi, sistem akan menghentikan penyiraman sehingga penggunaan air menjadi lebih efisien (Saragih & Kurniawan, 2025).

Penerapan sistem ini sangat penting pada budidaya semangka karena tanaman semangka membutuhkan ketersediaan air yang stabil, terutama pada fase pertumbuhan vegetatif dan pembentukan buah. Penggunaan irigasi otomatis berbasis sensor mampu menjaga kelembaban tanah tetap optimal sehingga tanaman tidak mengalami kekurangan maupun kelebihan air. Selain itu, sistem ini juga dapat mengurangi pemborosan air dibandingkan metode penyiraman konvensional serta membantu meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Wahyudi et al., 2025).

Tabel 2. Indikator Penerapan Pertanian Presisi pada Sistem Irigasi Otomatis Budidaya Semangka

Indikator Pertanian Presisi	Penerapan pada Irigasi Otomatis Semangka	Bentuk Presisi yang Dihasilkan	Sumber
Ketepatan waktu penyiraman	Penyiraman dilakukan otomatis saat kelembaban tanah menurun	Air diberikan sesuai waktu kebutuhan tanaman	Saragih & Kurniawan (2025)
Ketepatan jumlah air	Sensor mengukur tingkat kelembaban tanah sebelum pompa aktif	Volume air lebih terkontrol dan tidak berlebihan	Wahyudi et al. (2025)
Ketepatan lokasi penyiraman	Sistem irigasi tetes menyalurkan air langsung ke daerah perakaran	Mengurangi kehilangan air di luar area tanaman	Widari (2025)
Efisiensi penggunaan sumber daya	Sistem bekerja otomatis berdasarkan data sensor	Penggunaan air dan tenaga kerja lebih hemat	Pramana et al. (2025)
Monitoring kondisi tanah	Sensor memantau kondisi kelembaban tanah secara real time	Kondisi tanah dapat dikontrol lebih akurat	Saragih & Kurniawan (2025)

Berdasarkan Tabel 2, penerapan pertanian presisi pada budidaya semangka dapat dilihat dari kemampuan sistem irigasi otomatis dalam memberikan air secara tepat waktu, tepat jumlah, dan tepat lokasi sesuai kebutuhan tanaman. Penggunaan sensor kelembaban tanah memungkinkan proses penyiraman dilakukan berdasarkan kondisi aktual di lapangan sehingga penggunaan air menjadi lebih efisien. Selain itu, sistem irigasi tetes juga membantu menyalurkan air secara langsung pada area perakaran tanaman sehingga kehilangan air akibat penguapan maupun aliran permukaan dapat dikurangi. Dengan demikian, sistem irigasi otomatis berbasis sensor merupakan salah satu bentuk nyata penerapan konsep pertanian presisi dalam budidaya semangka.

Teknologi irigasi otomatis dalam pertanian presisi juga memberikan kemudahan bagi petani dalam pengelolaan budidaya. Proses penyiraman dapat dilakukan secara otomatis tanpa harus dipantau secara terus-menerus sehingga lebih menghemat tenaga dan waktu kerja. Dengan pengaturan irigasi yang lebih terukur, tanaman semangka dapat tumbuh lebih seragam dan kualitas buah yang dihasilkan menjadi lebih baik (Widari, 2025).

Efektivitas dan Efisiensi Penggunaan Air

Penggunaan sistem irigasi tetes otomatis berbasis sensor kelembaban tanah terbukti mampu meningkatkan efektivitas penggunaan air dalam penerapan pertanian presisi. Sistem ini bekerja dengan mendeteksi kadar air tanah secara real-time dan hanya mengalirkan air ketika kelembaban tanah berada di bawah ambang batas yang telah ditentukan. Hal ini dapat dilihat dari tabel sintesis berikut:

Tabel 3. Sintesis Efektivitas dan Efisiensi Penggunaan Air

Peneliti	Fadillah et al. (2024)	Supria et al. (2025)	Hasan et al. (2025)
Konteks Teknologi	Tanaman hortikultura	Lahan kering	Pertanian presisi
	Sensor kelembaban tanah otomatis	Irigasi tetes berbasis IoT	Mikrokontroler dan monitoring real-time
Efisiensi Air	Penghematan air lebih efisien dibanding metode konvensional	Efisiensi air meningkat sekitar 30%	Distribusi air lebih tepat sasaran
Dampak Terhadap Hasil	Pertumbuhan tanaman lebih stabil	Produktivitas meningkat pada kondisi air terbatas	Efisiensi operasional dan pengelolaan lahan meningkat
Konteks Studi	Sistem irigasi otomatis berbasis sensor	Wilayah kering NTB	Sistem pertanian berkelanjutan

Berdasarkan Tabel 3, bahwa mekanisme tersebut memungkinkan pemberian air menjadi lebih tepat sasaran sehingga dapat mengurangi risiko penyiraman berlebih maupun kekurangan air pada tanaman. Penelitian Fadillah et al. (2024) menunjukkan bahwa sistem berbasis sensor mampu mencapai akurasi deteksi kelembaban hingga 95% dengan respons pengendalian irigasi yang cepat dan stabil. Selain itu, distribusi air yang langsung diarahkan ke zona perakaran tanaman juga membantu menekan kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi sehingga penggunaan air menjadi lebih efisien dibandingkan metode irigasi konvensional yang menggunakan jadwal penyiraman tetap.

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penerapan irigasi tetes otomatis berbasis sensor mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air pada berbagai jenis tanaman dan kondisi lahan, meskipun besarnya peningkatan hasil panen tidak selalu sama pada setiap penelitian. Pada tanaman hortikultura di lahan kering, efisiensi penggunaan air dilaporkan meningkat sekitar 20–30% disertai peningkatan pertumbuhan dan produktivitas tanaman karena ketersediaan air lebih terjaga pada fase kritis pertumbuhan. Namun, pada beberapa kondisi tertentu, efisiensi air yang tinggi tidak selalu diikuti peningkatan hasil yang signifikan karena dipengaruhi faktor lain seperti jenis tanaman, kesuburan tanah, kondisi iklim, dan manajemen budidaya. Oleh sebab itu, efektivitas sistem irigasi tidak hanya diukur dari penghematan air, tetapi juga dari kemampuan teknologi tersebut dalam menjaga stabilitas pertumbuhan dan hasil tanaman sesuai kondisi lingkungan setempat. Konteks penerapan teknologi juga sangat menentukan keberhasilan sistem irigasi otomatis, khususnya pada wilayah lahan kering seperti di Nusa Tenggara Barat (NTB) yang memiliki keterbatasan

sumber daya air. Integrasi teknologi Internet of Things (IoT), sensor kelembapan tanah, dan mikrokontroler memungkinkan petani melakukan pemantauan serta pengendalian irigasi secara jarak jauh dan real-time. Sistem ini membantu petani menentukan kebutuhan air tanaman secara lebih akurat sehingga dapat meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi biaya tenaga kerja. Hasan et al. (2026) menjelaskan bahwa penerapan irigasi tetes otomatis berbasis IoT menjadi salah satu solusi strategis dalam mendukung pertanian presisi yang berkelanjutan karena mampu mengoptimalkan penggunaan air sekaligus meningkatkan efisiensi pengelolaan lahan pertanian.

Mekanisme Efektivitas Sistem dalam Pengelolaan Air dan Respons Tanaman

Efektivitas sistem irigasi tetes otomatis berbasis sensor kelembapan tanah ditentukan oleh keterpaduan antara ketepatan waktu penyiraman, kesesuaian jumlah air, distribusi air ke zona akar, serta respons tanaman terhadap kondisi tersebut. Sensor kelembapan tanah memungkinkan sistem memantau kadar air secara real-time dan mengaktifkan penyiraman hanya ketika kondisi tanah berada di bawah ambang batas tertentu. Mekanisme ini memastikan bahwa waktu penyiraman sesuai dengan kebutuhan aktual tanaman, sehingga dapat menghindari kelebihan maupun kekurangan air (Rahman et al., 2021; Putra & Nugroho, 2022).

Selain ketepatan waktu, sistem ini juga mampu mengatur jumlah air yang diberikan agar tetap berada pada kisaran optimal, terutama pada fase kritis tanaman semangka seperti pembungaan dan pembentukan buah. Dengan pendekatan berbasis sensor dan IoT, kelembapan tanah dapat dipertahankan secara stabil tanpa pemberian air berlebih, sehingga efisiensi penggunaan air meningkat tanpa mengorbankan produktivitas (Wahyudi et al., 2024; Singh et al., 2023).

Efektivitas ini semakin diperkuat oleh mekanisme distribusi air yang langsung diarahkan ke zona perakaran melalui sistem irigasi tetes. Penyaluran air yang terfokus di area akar memungkinkan tanaman memanfaatkan air secara optimal sekaligus meminimalkan kehilangan akibat evaporasi, limpasan, dan perkolasi berlebih yang umum terjadi pada metode konvensional (Kumar et al., 2022; Hasan et al., 2026).

Kombinasi ketiga aspek tersebut berimplikasi langsung terhadap respons tanaman, yang ditunjukkan melalui pertumbuhan vegetatif yang lebih stabil dan peningkatan hasil produksi. Ketersediaan air yang terjaga sesuai kebutuhan tanaman mendukung proses fisiologis seperti fotosintesis dan penyerapan hara, serta mengurangi risiko stres air. Namun demikian, besarnya respons tanaman tetap dipengaruhi oleh faktor lain seperti kondisi lingkungan, jenis tanah, dan manajemen budidaya, sehingga efektivitas sistem perlu dipahami secara kontekstual (Singh et al., 2023; Wahyudi et al., 2024).

Kontribusi Sistem Terhadap Budidaya Semangka

Penerapan sistem irigasi tetes otomatis berbasis sensor kelembapan tanah memberikan kontribusi signifikan terhadap pertumbuhan tanaman semangka. Tanaman semangka sangat sensitif terhadap ketersediaan air, terutama pada fase vegetatif dan pembentukan buah. Ketidakseimbangan air dapat menyebabkan stres tanaman yang berdampak pada penurunan produktivitas. Dengan adanya sistem otomatis, kelembapan tanah dapat dipertahankan pada kondisi optimal secara konsisten, sehingga mendukung proses fisiologis tanaman secara maksimal (Rahman et al., 2024). Dengan adanya sistem otomatis, kelembapan tanah dapat dijaga pada kondisi optimal sehingga tanaman tidak mengalami stres air. Hal ini sejalan dengan konsep pertanian presisi yang menekankan pemberian input sesuai kebutuhan tanaman secara spesifik dan terukur.

Selain meningkatkan pertumbuhan, sistem ini juga berkontribusi terhadap kualitas hasil buah semangka. Ketersediaan air yang stabil dapat meningkatkan ukuran buah, kandungan air, serta tingkat kemanisan (brix). Sistem irigasi berbasis sensor memungkinkan pemberian air secara konsisten dan terkontrol, sehingga mengurangi fluktuasi kelembapan tanah yang dapat menyebabkan kualitas buah tidak seragam. Teknologi irigasi otomatis berbasis sensor juga terbukti mampu menjaga kondisi lingkungan tanah tetap ideal untuk mendukung aktivitas fisiologis tanaman (Saputra et al., 2024). Dalam kontribusi sistem ini juga terlihat dari peningkatan efisiensi budidaya secara keseluruhan. Dengan sistem otomatis, petani tidak perlu melakukan penyiraman manual sehingga waktu dan tenaga dapat dialihkan ke kegiatan lain seperti pengendalian hama atau pemupukan. Selain itu, sistem ini mendukung

pengambilan keputusan berbasis data karena informasi kelembapan tanah tersedia secara real-time. Dengan demikian, penerapan irigasi tetes otomatis berbasis sensor kelembapan tanah tidak hanya meningkatkan hasil produksi semangka, tetapi juga mendorong transformasi menuju sistem pertanian modern yang lebih adaptif dan efisien (Wahyudi et al., 2024).

Meningkatkan Pertumbuhan dan Kesehatan Tanaman

Penerapan sistem irigasi tetes otomatis berbasis sensor kelembapan tanah berkontribusi signifikan terhadap peningkatan pertumbuhan dan kesehatan tanaman semangka. Sistem ini mampu menyediakan air secara konsisten sesuai kebutuhan tanaman sehingga mendukung proses fisiologis seperti fotosintesis, penyerapan unsur hara, dan perkembangan akar. Penelitian menunjukkan bahwa pengaturan air yang presisi melalui irigasi tetes dapat meningkatkan karakteristik akar dan kemampuan tanaman dalam menyerap air serta nutrisi secara lebih efisien, yang pada akhirnya meningkatkan kesehatan tanaman secara keseluruhan (Zhang et al., 2023). Selain itu, sistem irigasi berbasis IoT juga mampu mengurangi stres air pada tanaman, sehingga pertumbuhan vegetatif menjadi lebih optimal dibandingkan metode konvensional (Pratama & Mandela, 2024).

Meningkatkan Kualitas dan Ukuran Buah Semangka

Sistem irigasi tetes otomatis juga berperan dalam meningkatkan kualitas dan ukuran buah semangka melalui pengaturan air yang lebih terkontrol. Ketersediaan air yang stabil pada fase pembesaran buah memungkinkan pembentukan jaringan buah berlangsung secara optimal, sehingga menghasilkan ukuran buah yang lebih seragam dan kualitas yang lebih baik, seperti peningkatan kadar gula dan kandungan nutrisi. Penelitian menunjukkan bahwa kombinasi irigasi tetes dan pengelolaan air yang tepat dapat meningkatkan kualitas buah semangka, termasuk total padatan terlarut (TSS) dan kandungan likopen (Bathula et al., 2024). Selain itu, optimalisasi air melalui sistem irigasi presisi terbukti mampu meningkatkan kualitas buah tanpa meningkatkan konsumsi air secara berlebihan (Wang et al., 2023).

Meningkatkan Produktivitas Hasil Panen

Kontribusi utama sistem irigasi tetes otomatis berbasis sensor adalah peningkatan produktivitas hasil panen. Dengan pemberian air yang tepat waktu dan sesuai kebutuhan, tanaman dapat tumbuh secara optimal sehingga menghasilkan produksi yang lebih tinggi. Studi menunjukkan bahwa penerapan sistem irigasi cerdas dapat meningkatkan produktivitas tanaman hingga lebih dari 30% dibandingkan metode konvensional karena efisiensi penggunaan air dan nutrisi yang lebih baik (Pratama & Mandela, 2024). Selain itu, irigasi tetes pada tanaman semangka terbukti mampu mempertahankan bahkan meningkatkan hasil panen meskipun terjadi pengurangan penggunaan air, sehingga sistem ini sangat efektif dalam meningkatkan produktivitas pertanian secara berkelanjutan (Zhang et al., 2023).

Menjaga Stabilitas Produksi di Lahan Kering

Pada kondisi lahan kering, sistem irigasi tetes otomatis berbasis sensor memiliki peran penting dalam menjaga stabilitas produksi semangka. Sistem ini mampu mengoptimalkan penggunaan air yang terbatas dengan cara mendistribusikan air secara efisien dan tepat sasaran, sehingga tanaman tetap dapat tumbuh dengan baik meskipun ketersediaan air rendah. Penelitian menunjukkan bahwa irigasi tetes dengan pengaturan air yang tepat dapat meningkatkan efisiensi penggunaan air dan menjaga produktivitas tanaman di daerah kering atau semi-arid (Wang et al., 2023). Selain itu, integrasi teknologi IoT dalam sistem irigasi memungkinkan pemantauan kondisi tanah secara berkelanjutan sehingga risiko gagal panen akibat kekurangan air dapat diminimalkan (Azahra & Styawati, 2024).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil kajian, penerapan sistem irigasi tetes otomatis berbasis sensor kelembapan tanah pada budidaya tanaman semangka merupakan salah satu pendekatan yang relevan dalam mendukung pertanian presisi. Sistem ini memungkinkan proses penyiraman dilakukan secara otomatis berdasarkan kondisi aktual kelembapan tanah, sehingga pemberian air menjadi lebih tepat waktu, tepat jumlah, dan tepat sasaran pada zona perakaran tanaman. Dengan mekanisme tersebut, penggunaan air dapat dikelola secara lebih

efisien dibandingkan metode penyiraman konvensional yang umumnya masih bergantung pada jadwal tetap atau kebiasaan petani.

Hasil kajian juga menunjukkan bahwa kestabilan kelembapan tanah berperan penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman semangka, terutama pada fase vegetatif, pembungaan, dan pembesaran buah. Integrasi sensor kelembapan tanah, mikrokontroler, sistem irigasi tetes, dan Internet of Things (IoT) memberikan kemudahan dalam pemantauan serta pengendalian irigasi secara lebih akurat dan real-time. Teknologi ini berpotensi meningkatkan efisiensi penggunaan air, mengurangi beban kerja petani, menjaga kondisi tanah tetap optimal, serta mendukung peningkatan kualitas buah dan produktivitas hasil panen.

Meskipun demikian, penerapan sistem irigasi tetes otomatis berbasis sensor masih memiliki sejumlah tantangan. Keterbatasan kajian ini terletak pada penggunaan pendekatan narrative literature review yang bergantung pada data sekunder dan belum didukung pengujian empiris langsung di lapangan. Selain itu, implementasi teknologi ini masih menghadapi kendala berupa biaya investasi awal, kebutuhan infrastruktur dan sumber energi, akurasi sensor, serta kapasitas teknis petani dalam mengoperasikan dan memelihara sistem.

REKOMENDASI

Berdasarkan hasil kajian, penerapan sistem irigasi tetes otomatis berbasis sensor kelembapan tanah pada budidaya semangka direkomendasikan untuk dikembangkan melalui penelitian lapangan yang lebih terukur. Uji empiris perlu dilakukan pada berbagai jenis tanah, fase pertumbuhan tanaman, dan kondisi agroekosistem, terutama di wilayah lahan kering, agar efektivitas sistem terhadap efisiensi air, pertumbuhan tanaman, kualitas buah, dan produktivitas hasil panen dapat divalidasi secara lebih objektif. Penentuan ambang batas kelembapan tanah juga perlu disesuaikan dengan kebutuhan air tanaman semangka pada fase vegetatif, pembungaan, pembesaran buah, dan pemasakan.

Selain aspek teknis, kajian lanjutan perlu memasukkan analisis biaya-manfaat, kebutuhan energi, daya tahan komponen, kemudahan pemeliharaan, serta kelayakan penerapan bagi petani skala kecil. Pengembangan sistem sebaiknya diarahkan pada perangkat yang sederhana, murah, hemat energi, dan mudah dioperasikan. Pelatihan teknis bagi petani juga diperlukan agar penggunaan sensor, mikrokontroler, pompa, dan sistem monitoring dapat berjalan optimal. Pemerintah, perguruan tinggi, dan penyuluh pertanian perlu berkolaborasi dalam menyediakan pendampingan, demonstrasi plot, serta model adopsi teknologi yang sesuai dengan kemampuan petani dan kondisi lokal. Rekomendasi ini penting agar teknologi irigasi presisi tidak berhenti sebagai konsep, tetapi benar-benar dapat diterapkan secara berkelanjutan dalam praktik budidaya semangka di tingkat petani. Hasilnya diharapkan menjadi dasar penyusunan standar operasional irigasi otomatis yang aplikatif dan terjangkau.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdelmoneim, A. A., Al Kalaany, C. M., Dragonetti, G., & Derardja, B. (2025). Comparative analysis of soil moisture- and weather-based irrigation scheduling for drip-irrigated lettuce using low-cost Internet of Things capacitive sensors.
- Ali, A., Hussain, T., & Zahid, A. (2025). Smart irrigation technologies and prospects for enhancing water use efficiency for sustainable agriculture.
- Ardiansyah, H., Shodiq, M., Mahbubillah, M. A., & Agustina, R. (2025). Optimasi durasi pada sistem irigasi tetes dengan sensor kelembapan dan suhu tanah menggunakan logika fuzzy Takagi-Sugeno. *Techné: Jurnal Ilmiah Elektroteknika*, 24(1), 73–88.
- Aswat, A., Hayati, P. K. D., Sutoyo, Warnita, & Kuswandi. (2025). Penampilan morfologi tanaman semangka (*Citrullus lanatus* Thunb.). *Jurnal Agroteknologi Universitas Andalas*, 7(1), 57–66. <https://doi.org/10.25077/jagur.7.1.57-66.2025>
- Azahra, M., & Styawati, S. (2024). Drip irrigation technology for watermelon crops with IoT-based solar panels for efficient use of energy resources. *IC-ITECHS Journal*, 5(1).
- Bao, L., Zhang, S., Liang, X., Wang, P., Guo, Y., & Sun, Q. (2023). Intelligent drip fertigation increases water and nutrient use efficiency of watermelon in greenhouse without compromising the yield. *Agricultural Water Management*, 282, 108278. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108278>

- Bathula, R., Uma Devi, M., Madhavi, A., Kumar, A., Akula, B., & Triveni. (2024). Influence of fertigation levels and drip irrigation on yield and quality of summer watermelon. *Journal of Experimental Agriculture International*, 46(12), 75–86. <https://doi.org/10.9734/jeai/2024/v46i123113>
- Chanafi, M., Sudarmana, L., & Syahrudin, F. (2023). Rancang bangun sistem penyiraman otomatis menggunakan sensor kelembaban tanah pada tanaman seledri berbasis NodeMCU ESP8266. *Teknomatika: Jurnal Informatika dan Komputer*, 13(2), 52–62. <https://doi.org/10.30989/teknomatika.v13i2.1136>
- Datta, P., & Behera, B. (2022). Assessment of adaptive capacity and adaptation to climate change in the farming households of Eastern Himalayan foothills of West Bengal, India. *Environmental Challenges*, 7, 100462. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100462>
- Fadillah, S., Siagian, C. P., Afifah, R., Sani, A. Y. H., & Junaidi, J. (2025). Pemanfaatan sensor kelembaban tanah untuk mengendalikan gerbang otomatis pada sistem irigasi cerdas. *JULIKOM: Jurnal Ilmu Komputer*, 1(2), 89–95.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). *Systems at breaking point*.
- Guo, H., & Li, S. (2024). A review of drip irrigation's effect on water, carbon fluxes, and [title incomplete].
- Hasan, H., Sutjiningtyas, S., Rachmanto, A. D., Supriyadi, S., & Sidik, F. N. (2026a). Penyiraman tanaman otomatis berbasis NodeMCU dan IoT menggunakan sensor kelembaban tanah. *Jurnal Sains Informatika Terapan*, 8(1), 45–53.
- Hasan, H., Sutjiningtyas, S., Rachmanto, A. D., Supriyadi, S., & Sidik, F. N. (2026b). Penyiraman otomatis berbasis sensor kelembaban tanah untuk efisiensi penggunaan air pada tanaman hortikultura. *Jurnal Teknologi Pertanian Indonesia*, 18(1), 45–56.
- Kamagi, D., Rumambi, D. P., & Kalesaran, L. H. (2023). Rancang bangun sistem kontrol otomatis sensor kelembaban tanah pada media tanam polybag. *COCOS*, 15(2). <https://doi.org/10.35791/cocos.v15i2.47511>
- Kingslin, S., & Vaishnavi, K. (2025). A comprehensive survey on IoT-based smart irrigation in agriculture. *International Journal of Research and Scientific Innovation (IJRSI)*.
- Kumar, R., Singh, A., & Patel, N. (2022). Drip irrigation management for improving water use efficiency in horticultural crops. *Agricultural Water Management*, 261, 107358. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107358>
- L, S., S, J., & P, S. (2024). Nutrient dynamics and moisture distribution under drip irrigation system. [Journal title unavailable], 46(10), 485–493.
- Leiva Soto, A. (2024). Evaluation of irrigation systems for watermelon production. *Agronomy Journal*. <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/agj2.21653>
- Lestari, S., Ramadhan, T. F., Hardiyanto, A., & Pramono, P. (2025). Sistem irigasi otomatis berbasis sensor kelembaban tanah pada tanaman cabai menggunakan ESP32. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Bisnis*, 1154–1158. <https://doi.org/10.47701/rcryjz73>
- Li, H., Mei, X., Wang, J., Huang, F., Hao, W., & Li, B. (2021). Drip fertigation significantly increased crop yield, water productivity and nitrogen use efficiency. *Agricultural Water Management*, 244, 106534. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106534>
- Liang, Z. (2020). Water allocation and integrative management of precision irrigation. *Water*, 12(11), 3135. <https://www.mdpi.com/2073-4441/12/11/3135>
- Liu, Z. (2025). Optimizing water use efficiency in watermelon. *Frontiers in Plant Science*. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2025.1662575/full>
- Luo, P., Chen, R., Yang, J., & Javed, T. (2026). Enhancing soil structure and water dynamics through long-term mulched drip irrigation. *International Soil and Water Conservation Research*, 14(1), 100564. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2025.08.007>
- Miller, L., & Vellidis, G. (2018). Soil moisture-based irrigation in watermelon. *HortTechnology*, 28(3), 362. <https://journals.ashs.org/view/journals/horttech/28/3/article-p362.xml>
- Mursalin, S. B., Sunardi, H., & Zulkifli, Z. (2020). Sistem penyiraman tanaman otomatis berbasis sensor kelembaban tanah menggunakan logika fuzzy. *Jurnal Ilmiah Informatika Global*, 11(1), 47–54. <https://doi.org/10.36982/jiig.v11i1.1072>
- 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), 764–772. <https://doi.org/10.31602/tji.v15i4.16300>

- Neilson, J. A. D., Smith, A. M., Mesina, L., Vivian, R., Smienk, S., & De Koyer, D. (2021). Potato tuber shape phenotyping using RGB imaging. *[Journal title unavailable]*, 1–14.
- Pramana, R., Pinandito, A. M., Septiana, T., & Syamsudin, M. S. (2025). Analisis dampak dan tantangan pemanfaatan sensor kelembaban tanah dalam sistem irigasi otomatis berbasis IoT. *Qomaruna: Journal of Multidisciplinary Studies*, 3(1), 24–31. <https://doi.org/10.62048/qjms.v3i1.124>
- Pratama, A. J., & Mandela, R. (2024). Evaluating the effectiveness of smart irrigation systems in improving agricultural productivity. *Agricultural Power Journal*, 1(4).
- Putra, R. D., & Nugroho, A. (2022). Sistem irigasi otomatis berbasis sensor kelembaban tanah menggunakan mikrokontroler. *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Tertanam*, 6(2), 101–110.
- Rahman, M. M., Islam, M. T., & Hossain, M. A. (2021). IoT-based smart irrigation system for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 180, 105872. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105872>
- Rahman, M. N., Sozol, S. S., Hossin, M. S., Rahman, M. M., & Islam, M. R. (2024). Soil characterization of watermelon field through IoT. *IOP Conference Series*, 1265(1), Article 012034. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1265/1/012034>
- Roziqin, M., Fauzan, A., & Haq, S. Z. N. (2025). Rancang bangun penyiraman tanaman cabe otomatis menggunakan ESP32. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13(3).
- Saputra, M. J., & Suryono, R. R. (2024). Implementasi teknologi irigasi tetes pada tanaman jagung menggunakan sensor soil moisture. *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*.
- Saragih, K. A., & Kurniawan, R. (2025). Sistem penyiraman otomatis berbasis IoT dengan logika fuzzy Sugeno. *Jurnal Algoritma*, 23(1), 808–819. <https://doi.org/10.33364/jurnalalgoritma.v22-1.2327>
- Seyar, M. H., & Ahamed, T. (2023). Development of an IoT-based precision irrigation system for tomato production. *Applied Sciences*.
- Singh, D., Kumar, P., & Sharma, R. (2023). Smart irrigation systems for sustainable agriculture. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 38, 100857. <https://doi.org/10.1016/j.suscom.2023.100857>
- Supria, S., Wahyat, W., & Musri, T. (2025). Sistem distribusi pengairan dan monitoring kelembaban tanah berbasis IoT. *Techno.Com*, 24(2).
- Susanti, L., Wijayanto, B., & Rimartin, G. A. (2025). Penerapan sistem irigasi otomatis berbasis kelembaban tanah pada produksi benih melon. *Jurnal Pengabdian Masyarakat dan Riset Pendidikan*, 3(4), 1005–1012. <https://doi.org/10.31004/jerkin.v3i4.1005>
- Tace, Y., Tabaa, M., Elfilali, S., & Leghris, C. (2022). Smart irrigation system based on IoT and machine learning. *Energy Reports*, 8, 1025–1036. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.07.088>
- Vaddevolu, U. B. P. (2021). Automatic drip irrigation using soil moisture sensors. *Water*, 13(14), 1991. <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/14/1991>
- Wahyudi, A., Pradana, A. I., & Permatasari, H. (2025). Implementasi sistem irigasi otomatis berbasis IoT untuk pertanian greenhouse. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, 5(2), 435–446. <https://doi.org/10.52436/1.jpti.656>
- Wang, H., Wang, N., Quan, H., Zhang, F., Fan, J., Feng, H., Cheng, M., Liao, Z., Wang, X., & Xiang, Y. (2022). Yield and water productivity under subsurface drip irrigation. *Agricultural Water Management*, 269, 107645. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107645>
- Wang, Z., Yu, S., Zhang, H., Lei, L., Liang, C., Chen, L., Su, D., & Li, X. (2023). Deficit mulched drip irrigation improves yield and water use efficiency. *Agricultural Water Management*, 277, 108103. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.108103>
- Widari, L. A. (2025). Dampak teknologi irigasi otomatis terhadap efisiensi ekonomi pertanian. *Journal of Economic Studies*, 1(2), 107–113.
- Xiao, C., Cai, J., Zhang, B., Chang, H., & Wei, Z. (2023). Evaluation of evapotranspiration models. *Agricultural Water Management*, 278, 108166. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108166>
- Yang, P., Wu, L., Cheng, M., Fan, J., Li, S., Wang, H., & Qian, L. (2023). Review on drip irrigation impact on crop yield and water productivity.

-
- Zhang, Y., et al. (2023). Intelligent drip fertigation increases efficiency of watermelon. *Agricultural Water Management*. 282: 108278. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108278>
- Zhang, Z. (2021). Precise soil water control improves watermelon productivity. *Agricultural Water Management*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377421004212>