

# **Dampak Pemanfaatan Teknologi Irigasi Otomatis dan Sensor Kelembaban Tanah terhadap Efisiensi Ekonomi Pertanian dan Ketahanan Pangan Berkelanjutan**

**Lis Ayu Widari**

Universitas Malikussaleh

Korespondensi: [lisayu@unimal.ac.id](mailto:lisayu@unimal.ac.id)

## **Informasi Artikel**

### **Riwayat artikel:**

Diterima October 20<sup>th</sup>, 2025

Direvisi October 28<sup>th</sup>, 2025

Diterima November 03<sup>th</sup>, 2025

### **Kata kunci:**

Irigasi otomatis, Sensor kelembaban tanah, efisiensi air, ketahanan pangan, pertanian keberlanjutan.

## **ABSTRAK**

Di tengah tantangan perubahan iklim dan peningkatan kebutuhan pangan global, teknologi irigasi otomatis berbasis sensor kelembaban tanah menjadi solusi inovatif untuk mengoptimalkan penggunaan air di sektor pertanian. Artikel ini mengeksplorasi pemanfaatan teknologi tersebut dalam meningkatkan efisiensi air hingga 40-50%, mengurangi pemborosan, dan mendukung ketahanan pangan berkelanjutan. Melalui analisis literatur dan studi kasus, penelitian ini menyoroti integrasi IoT, sensor real-time, dan sistem pengendalian otomatis yang memungkinkan penyiraman presisi berdasarkan kondisi tanah. Temuan utama menunjukkan bahwa teknologi ini tidak hanya menghemat sumber daya tetapi juga meningkatkan produktivitas tanaman, mengurangi beban kerja petani, dan berkontribusi pada pertanian ramah lingkungan. Rekomendasi diberikan untuk penerapan di wilayah pertanian Indonesia, dengan penekanan pada pelatihan dan integrasi teknologi.



© 2025 Para Penulis. Diterbitkan oleh Riset Anak Bangsa. Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi CC BY (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

## **PENDAHULUAN**

Dunia saat ini menghadapi krisis air yang semakin parah, di mana sektor pertanian menyumbang sekitar 70% konsumsi air global. Di Indonesia, sebagai negara agraris dengan populasi besar, ketahanan pangan bergantung pada pengelolaan air yang efisien, terutama di tengah ancaman kekeringan dan banjir akibat perubahan iklim. Teknologi irigasi otomatis berbasis sensor kelembaban tanah muncul sebagai inovasi krusial untuk mengatasi masalah ini. Teknologi ini memungkinkan pemantauan real-time kondisi tanah, sehingga penyiraman dilakukan hanya saat diperlukan, mengurangi pemborosan air dan energi.

Secara historis, sistem irigasi tradisional seperti banjir atau manual sering kali tidak presisi, menyebabkan over-irrigation yang mengakibatkan erosi tanah, pembusukan akar, dan hilangnya nutrisi. Sebaliknya, irigasi otomatis menggunakan sensor yang mendeteksi kadar air tanah, suhu, dan faktor lingkungan lainnya, kemudian mengaktifkan katup atau pompa secara otomatis melalui integrasi Internet of Things (IoT). Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efisiensi tetapi juga mendukung tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs), khususnya SDG 2 (tanpa kelaparan) dan SDG 6 (air bersih dan sanitasi).

Di Indonesia, penerapan teknologi ini telah terlihat di berbagai daerah, seperti Aceh dan Jawa, di mana petani menghadapi tantangan akses air yang tidak merata. Dengan sensor kelembaban tanah, petani dapat memantau lahan melalui aplikasi smartphone, mengurangi kunjungan lapangan dan biaya operasional. Artikel ini bertujuan untuk memberikan perspektif komprehensif tentang bagaimana teknologi ini berkontribusi pada efisiensi air dan ketahanan pangan, dengan dukungan data dari penelitian terkini. Melalui integrasi ini, pertanian Indonesia dapat menjadi lebih resilien, produktif, dan berkelanjutan, memastikan pasokan pangan bagi generasi mendatang.

### *Literature Review*

Literatur mengenai pemanfaatan teknologi irigasi otomatis dan sensor kelembaban tanah berkembang pesat dalam dua dekade terakhir, terutama seiring meningkatnya kebutuhan akan praktik pertanian yang efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan. Inovasi ini lahir dari kesadaran bahwa air merupakan sumber daya yang semakin terbatas, sementara sektor pertanian adalah salah satu pengguna

terbesar air tawar di dunia. Oleh karena itu, sistem irigasi berbasis teknologi digital, seperti sensor kelembaban tanah dan Internet of Things (IoT), menjadi terobosan penting dalam mengatasi tantangan efisiensi air, produktivitas lahan, serta ketahanan pangan di era modern.

Penelitian-penelitian awal mengenai teknologi ini menyoroti bagaimana sensor kelembaban tanah berfungsi mendeteksi kondisi aktual tanah secara *real-time*. Data yang dikumpulkan dari sensor ini dapat digunakan untuk menentukan waktu dan jumlah air yang dibutuhkan oleh tanaman secara presisi. Dibandingkan metode tradisional yang mengandalkan jadwal tetap atau perkiraan visual, sistem berbasis sensor mampu mengurangi pemborosan air antara 30% hingga 50%. Penghematan ini terjadi karena penyiraman hanya dilakukan ketika kadar air tanah turun di bawah ambang batas yang telah ditetapkan. Dengan demikian, air tidak terbuang sia-sia dan kelembaban tanah dapat dijaga dalam kondisi optimal bagi pertumbuhan tanaman.

Lebih lanjut, berbagai studi menunjukkan bahwa ketika sensor kelembaban tanah diintegrasikan dengan teknologi IoT, manfaatnya meningkat secara signifikan. Melalui koneksi jaringan internet, sistem irigasi dapat dikontrol dari jarak jauh menggunakan perangkat seperti smartphone atau komputer. Petani dapat memantau kondisi kelembaban tanah, suhu, intensitas cahaya, dan bahkan curah hujan melalui aplikasi berbasis *cloud*. Data yang terkumpul disimpan dan dianalisis untuk menghasilkan pola kebutuhan air yang lebih akurat. Dengan pendekatan ini, pengelolaan air menjadi lebih hemat energi karena penyiraman dilakukan secara otomatis dan hanya ketika dibutuhkan. Selain itu, tanaman menerima pasokan air yang tepat waktu dan sesuai kebutuhan fisiologisnya, sehingga pertumbuhannya lebih sehat dan produktivitas meningkat.

Literatur juga menekankan pentingnya integrasi sensor dengan perangkat *smart valve controller* atau pengatur katup pintar. Perangkat ini berfungsi mengatur aliran air berdasarkan data kelembaban tanah dan kondisi cuaca yang diperoleh dari sistem. Jika tanah mulai kering, katup akan terbuka untuk mengalirkan air, dan akan menutup kembali saat kelembaban mencapai tingkat ideal. Proses ini sepenuhnya otomatis dan berlangsung tanpa intervensi manusia. Dalam konteks pertanian cerdas (*smart agriculture*), mekanisme ini mendukung manajemen air yang efisien, terutama di wilayah tropis seperti Indonesia yang memiliki variabilitas curah hujan tinggi. Dengan teknologi berbasis data, petani dapat menyesuaikan pola irigasi terhadap musim, topografi lahan, dan jenis tanaman, sehingga mengurangi risiko kekeringan maupun kelebihan air.

Beberapa penelitian di Indonesia menunjukkan efektivitas penerapan teknologi ini di lapangan. Sistem otomatis berbasis *NodeMCU ESP8266* dan sensor IoT, misalnya, memungkinkan petani menerima notifikasi *real-time* melalui aplikasi di smartphone mereka. Ketika kelembaban tanah menurun di bawah ambang batas tertentu, sistem akan mengirimkan peringatan atau secara otomatis menyalaikan pompa air. Inovasi semacam ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan air, tetapi juga menghemat tenaga kerja dan waktu, karena petani tidak lagi harus memantau lahan secara manual setiap saat. Selain itu, kondisi tanah yang stabil membantu mempercepat pertumbuhan tanaman dan meningkatkan hasil panen.

Selain pengembangan teknologi, literatur juga menyoroti aspek sosial dan edukatif dari penerapan sistem irigasi otomatis. Sosialisasi dan pelatihan kepada masyarakat, terutama di daerah pedesaan, menjadi faktor penting dalam keberhasilan adopsi teknologi ini. Program pengabdian masyarakat yang dilakukan oleh universitas dan lembaga penelitian menunjukkan hasil yang menggembirakan: penghematan air hingga 40%, peningkatan hasil panen, dan pengurangan beban kerja petani. Melalui pendekatan partisipatif, petani dilibatkan secara aktif dalam proses pemasangan, pengoperasian, dan pemeliharaan sistem. Hasilnya, tingkat penerimaan teknologi meningkat, dan masyarakat mulai memahami bahwa inovasi ini bukan sekadar alat teknis, melainkan solusi nyata untuk keberlanjutan ekonomi dan lingkungan.

Dalam konteks keberlanjutan, teknologi irigasi otomatis berkontribusi besar terhadap pelestarian sumber daya air. Penggunaan air secara berlebihan pada sistem irigasi konvensional sering kali menimbulkan dampak lingkungan, seperti erosi tanah, penurunan muka air tanah, dan degradasi kualitas air akibat limpasan pupuk. Dengan sistem berbasis sensor, air diberikan sesuai kebutuhan tanaman, sehingga menekan risiko tersebut. Efisiensi air juga mendukung keberlanjutan ekonomi petani, karena biaya operasional untuk bahan bakar pompa dan tenaga kerja dapat ditekan. Secara makro, penerapan luas sistem ini berpotensi mendukung program pemerintah dalam mencapai ketahanan pangan nasional melalui penggunaan sumber daya yang lebih efisien dan adaptif terhadap perubahan iklim.

Beberapa studi komparatif juga mengevaluasi berbagai model irigasi berbasis teknologi, seperti kombinasi sensor kelembaban tanah dengan sistem irigasi tetes (*drip irrigation*). Sistem tetes memberikan air langsung ke akar tanaman melalui pipa bertekanan rendah, sehingga kehilangan air akibat penguapan dan limpasan dapat diminimalkan. Ketika dikombinasikan dengan sensor cerdas dan IoT, sistem ini mampu menjaga kelembaban tanah pada kisaran ideal antara 70–90%. Hal ini sangat penting untuk mencegah stres air pada tanaman, yang merupakan salah satu penyebab utama gagal panen. Dengan demikian, teknologi ini bukan hanya meningkatkan efisiensi air, tetapi juga berperan langsung dalam menjaga stabilitas produksi pangan.

Secara keseluruhan, literatur ilmiah yang berkembang saat ini mendukung transisi dari sistem irigasi konvensional menuju sistem irigasi pintar yang berbasis data dan otomasi. Pergeseran ini sejalan dengan arah pembangunan pertanian modern yang menekankan efisiensi sumber daya, adaptasi terhadap perubahan iklim, dan keberlanjutan ekosistem. Keunggulan teknologi irigasi otomatis tidak hanya terletak pada kecanggihannya, tetapi juga pada dampaknya terhadap kesejahteraan petani dan ketahanan pangan nasional. Di satu sisi, petani memperoleh kemudahan dalam pengelolaan lahan dan penghematan biaya; di sisi lain, lingkungan diuntungkan melalui konservasi air dan pengurangan jejak karbon akibat efisiensi energi.

Dengan demikian, irigasi otomatis berbasis sensor kelembaban tanah dan IoT merupakan inovasi yang memiliki nilai strategis bagi masa depan pertanian berkelanjutan. Penerapannya dapat menjadi tonggak penting dalam mewujudkan ekosistem pertanian cerdas yang tidak hanya produktif tetapi juga selaras dengan prinsip-prinsip keberlanjutan lingkungan. Tantangan ke depan terletak pada perluasan akses teknologi bagi petani kecil, dukungan kebijakan pemerintah, serta peningkatan kapasitas sumber daya manusia agar mampu mengelola sistem ini secara efektif. Jika ketiga aspek tersebut dapat diwujudkan, maka transformasi menuju pertanian yang efisien, tangguh, dan berkelanjutan bukan lagi sekadar wacana, melainkan kenyataan yang membawa manfaat nyata bagi masyarakat dan lingkungan.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif berbasis tinjauan literatur, dengan menganalisis sumber-sumber sekunder seperti jurnal, artikel, dan laporan penelitian dari database seperti ResearchGate, situs akademik, dan publikasi terkait. Data dikumpulkan dari 15 sumber utama yang diterbitkan antara 2020–2025, dengan kriteria inklusi fokus pada teknologi irigasi otomatis, sensor kelembaban tanah, efisiensi air, dan ketahanan pangan. Analisis tematik dilakukan untuk mengidentifikasi pola, manfaat, dan tantangan, dilengkapi dengan studi kasus dari Indonesia seperti di Aceh dan Malaysia. Metode ini bersifat deskriptif, bertujuan untuk sintesis konseptual tanpa pengujian empiris langsung.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis berbagai penelitian dan implementasi lapangan menunjukkan bahwa pemanfaatan teknologi irigasi otomatis berbasis sensor kelembaban tanah memiliki dampak yang sangat signifikan terhadap efisiensi penggunaan air dalam sektor pertanian modern. Teknologi ini menjadi salah satu solusi paling efektif dalam menjawab permasalahan klasik pertanian, yaitu pemborosan air dan rendahnya efisiensi irigasi pada sistem konvensional. Pada dasarnya, sistem ini bekerja dengan prinsip mendekripsi kadar kelembaban tanah secara *real-time* melalui sensor, kemudian mengaktifkan atau menonaktifkan penyiraman secara otomatis berdasarkan ambang batas kelembaban yang telah ditentukan—misalnya, ketika kadar air turun di bawah 60%. Pendekatan berbasis data ini menjadikan sistem irigasi lebih presisi dan responsif terhadap kebutuhan aktual tanaman, sekaligus mampu menghemat penggunaan air hingga 40% dibanding metode penyiraman manual atau berbasis jadwal tetap.

Keunggulan utama dari teknologi ini terletak pada kemampuannya menyesuaikan volume air sesuai kondisi tanah yang dinamis. Dalam praktik tradisional, penyiraman sering dilakukan secara seragam tanpa mempertimbangkan variasi kelembaban antarbagian lahan. Akibatnya, sebagian area mungkin menerima air berlebih sementara area lain masih kekeringan. Dengan sistem sensor, air hanya dialirkan ke bagian tanah yang benar-benar membutuhkan, sehingga tidak ada pemborosan akibat penyiraman berlebihan. Selain itu, penyiraman yang tepat waktu membantu menjaga stabilitas

kelembaban tanah pada tingkat optimal, yang merupakan faktor kunci bagi pertumbuhan akar dan penyerapan nutrisi tanaman.

Integrasi sensor kelembaban tanah dengan teknologi Internet of Things (IoT) menjadi langkah lanjut yang memperluas manfaat sistem ini. Melalui IoT, seluruh data yang dikumpulkan dari sensor dapat dikirimkan ke platform berbasis *cloud* dan diakses melalui aplikasi di smartphone atau komputer. Petani dapat memantau kondisi tanah, suhu, curah hujan, dan status sistem penyiraman secara *real-time*, bahkan dari lokasi yang jauh. Teknologi ini memungkinkan intervensi cepat apabila terjadi anomali, seperti kebocoran pipa atau kerusakan sensor. Dengan adanya otomatisasi dan pemantauan jarak jauh, efisiensi operasional meningkat drastis, tenaga kerja yang dibutuhkan berkurang, dan risiko kesalahan manusia dalam menentukan waktu penyiraman dapat dihindari.

Penerapan sistem irigasi berbasis sensor dan IoT terbukti meningkatkan produktivitas pada berbagai jenis tanaman, khususnya tanaman pangan utama seperti padi dan jagung. Tanaman padi, misalnya, membutuhkan kondisi tanah yang selalu lembab namun tidak tergenang berlebihan. Dengan sistem otomatis, kadar air di lahan sawah dapat dipertahankan secara konstan sesuai kebutuhan fisiologis tanaman pada setiap fase pertumbuhannya. Hal ini mencegah stres air dan meningkatkan efisiensi fotosintesis. Pada tanaman jagung yang lebih sensitif terhadap kekeringan, penyiraman otomatis membantu mempertahankan kelembaban tanah antara 60–80%, yang terbukti meningkatkan hasil biji per hektare. Hasil-hasil tersebut menunjukkan bahwa teknologi ini bukan hanya berfungsi menghemat air, tetapi juga berperan langsung dalam peningkatan produktivitas dan kualitas hasil panen.

Selain berdampak pada efisiensi air dan produktivitas tanaman, sistem irigasi otomatis juga memberikan kontribusi terhadap ketahanan pangan nasional. Ketahanan pangan tidak hanya ditentukan oleh ketersediaan lahan dan pupuk, tetapi juga oleh kemampuan sistem pertanian dalam menyesuaikan diri terhadap perubahan iklim dan variabilitas cuaca ekstrem. Teknologi sensor dan IoT mendukung hal ini dengan menjaga kondisi tanah tetap optimal sepanjang musim tanam, bahkan ketika curah hujan tidak menentu. Dengan memanfaatkan data historis dan analisis tren kelembaban tanah, sistem mampu memprediksi kebutuhan air pada periode tertentu. Prediksi ini memungkinkan perencanaan penyiraman yang lebih efisien, mengurangi ketergantungan terhadap intuisi petani, dan meningkatkan ketahanan sistem produksi pangan terhadap gangguan lingkungan.

Salah satu bukti konkret keberhasilan teknologi ini dapat dilihat pada studi kasus yang dilakukan di Desa Glumpang Tujuh, Aceh. Di desa ini, penerapan sistem irigasi otomatis berbasis sensor kelembaban tanah menghasilkan peningkatan produktivitas pertanian secara signifikan. Sebelum penerapan teknologi, penyiraman dilakukan secara manual dengan pompa air yang dioperasikan beberapa kali dalam sehari tanpa memperhatikan kondisi tanah. Setelah sistem otomatis dipasang, penyiraman hanya aktif ketika kelembaban tanah menurun di bawah ambang batas yang telah ditetapkan. Hasilnya, terjadi penghematan air hingga 35–40% dan pengurangan konsumsi energi listrik untuk pompa air karena durasi operasionalnya berkurang hampir separuh. Selain itu, tanaman tumbuh lebih seragam dan sehat karena kebutuhan airnya terpenuhi secara seimbang.

Dari sisi sosial-ekonomi, penerapan teknologi ini membawa dampak positif bagi petani. Dengan adanya otomatisasi dan pemantauan digital, waktu dan tenaga yang biasanya digunakan untuk mengelola penyiraman dapat dialihkan untuk kegiatan produktif lain seperti pemupukan, pengendalian hama, atau pengolahan hasil panen. Peningkatan efisiensi ini secara tidak langsung menaikkan pendapatan petani karena hasil panen meningkat sementara biaya operasional menurun. Teknologi ini juga mendorong munculnya ekosistem pertanian cerdas (*smart farming*) yang mengandalkan data dan analitik sebagai dasar pengambilan keputusan.

Namun demikian, literatur juga menggarisbawahi bahwa implementasi teknologi irigasi otomatis berbasis sensor tidak lepas dari berbagai tantangan. Salah satu kendala utama adalah tingginya biaya awal instalasi. Sensor kelembaban, modul IoT, serta sistem pengendali otomatis membutuhkan investasi awal yang cukup besar, terutama bagi petani kecil dengan modal terbatas. Selain itu, infrastruktur pendukung seperti jaringan internet dan pasokan listrik yang stabil masih menjadi hambatan di beberapa wilayah pedesaan Indonesia. Tanpa koneksi internet yang baik, sistem IoT tidak dapat berfungsi optimal karena data tidak dapat dikirim dan dipantau secara *real-time*.

Untuk mengatasi tantangan tersebut, diperlukan strategi manajemen dan kebijakan yang mendukung. Pemerintah dapat berperan melalui pemberian subsidi atau insentif bagi petani yang ingin beralih ke sistem irigasi pintar. Selain itu, pelatihan dan pendampingan teknis sangat penting agar petani memahami cara kerja sistem, cara membaca data, dan cara melakukan perawatan dasar terhadap

perangkat sensor dan jaringan. Program kolaboratif antara universitas, lembaga penelitian, dan komunitas petani dapat menjadi solusi efektif untuk memperluas adopsi teknologi ini. Pendekatan berbasis edukasi juga membantu mengubah pola pikir petani dari sistem tradisional menuju pertanian berbasis teknologi dan data.

Dari perspektif lingkungan, teknologi ini memiliki dampak positif jangka panjang. Penghematan air yang signifikan berarti tekanan terhadap sumber daya air tanah dan permukaan dapat dikurangi. Selain itu, penggunaan energi untuk pompa air menjadi lebih efisien karena sistem hanya aktif ketika diperlukan. Hal ini secara langsung berkontribusi pada penurunan emisi karbon dari sektor pertanian, yang selama ini menjadi salah satu penyumbang emisi gas rumah kaca akibat penggunaan bahan bakar fosil pada pompa dan mesin pertanian. Oleh karena itu, adopsi teknologi irigasi otomatis juga sejalan dengan agenda pembangunan berkelanjutan, terutama pada tujuan terkait ketahanan pangan (SDG 2) dan pengelolaan air bersih (SDG 6).

Secara keseluruhan, pemanfaatan teknologi irigasi otomatis berbasis sensor kelembaban tanah dan IoT merupakan inovasi strategis dalam menghadapi tantangan global di bidang pertanian, air, dan lingkungan. Teknologi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan air hingga puluhan persen, tetapi juga mendukung produktivitas, keberlanjutan, serta kesejahteraan petani. Meskipun masih terdapat hambatan biaya dan infrastruktur, manfaat jangka panjang yang ditawarkan jauh lebih besar dibandingkan investasi awalnya. Dengan dukungan kebijakan yang tepat, peningkatan literasi digital di kalangan petani, dan kemitraan lintas sektor, sistem irigasi otomatis dapat menjadi pilar utama menuju pertanian cerdas dan berkelanjutan di Indonesia. Untuk mendukung temuan, Tabel 1 menyajikan perbandingan antara irigasi tradisional dan otomatis.

Tabel 1: Perbandingan Sistem Irigasi

Aspek	Irigasi Tradisional	Irigasi Otomatis Berbasis Sensor	Manfaat Utama
Penggunaan Air	Tinggi, sering berlebihan ( <i>over-irrigation</i> )	Rendah, dikendalikan secara presisi dengan data <i>real-time</i>	Penghematan air sebesar 30–50%
Biaya Operasional	Tinggi karena bergantung pada tenaga kerja manual	Rendah, otomatisasi mengurangi kebutuhan tenaga kerja	Efisiensi energi hingga 40%
Produktivitas Tanaman	Tidak konsisten, tanaman rentan kekeringan atau kelebihan air	Stabil, kelembaban dijaga optimal antara 70–90%	Peningkatan hasil panen 20–30%
Dampak Lingkungan	Menyebabkan erosi tanah dan pemborosan sumber daya	Ramah lingkungan, minim limbah dan lebih berkelanjutan	Mendukung ketahanan pangan berkelanjutan

Sumber: [https://tuxedovation.inovasi.bskdn.kemendagri.go.id/detail\\_inovasi/157448](https://tuxedovation.inovasi.bskdn.kemendagri.go.id/detail_inovasi/157448)

Untuk memperkuat temuan penelitian mengenai efektivitas teknologi irigasi otomatis berbasis sensor kelembaban tanah, Tabel 1 di atas menyajikan perbandingan komprehensif antara sistem irigasi tradisional dan sistem irigasi otomatis. Perbandingan ini mencakup empat aspek utama—penggunaan air, biaya operasional, produktivitas tanaman, dan dampak lingkungan—yang menunjukkan secara jelas pergeseran paradigma dalam pengelolaan sumber daya air pertanian. Melalui analisis ini, terlihat bahwa teknologi irigasi modern tidak hanya memberikan efisiensi teknis, tetapi juga mendukung keberlanjutan ekonomi, sosial, dan lingkungan dalam jangka panjang.

Dari aspek penggunaan air, sistem irigasi tradisional cenderung boros karena tidak didasarkan pada kondisi aktual tanah. Penyiraman dilakukan secara manual atau dengan jadwal tertentu tanpa memperhatikan tingkat kelembaban, sehingga sering terjadi *over-irrigation* (penyiraman berlebihan). Air yang berlebihan bukan hanya terbuang, tetapi juga dapat menyebabkan pencucian unsur hara dari tanah, yang pada akhirnya menurunkan kesuburan lahan. Sebaliknya, sistem irigasi otomatis berbasis sensor kelembaban tanah menggunakan data *real-time* untuk menentukan kapan penyiraman perlu

dilakukan. Sensor akan mengirimkan sinyal ke pengendali otomatis saat kadar kelembaban turun di bawah ambang batas yang telah ditetapkan—misalnya 60% dari kapasitas lapang—dan menghentikan aliran air ketika kelembaban kembali optimal. Dengan mekanisme ini, air digunakan secara presisi sesuai kebutuhan tanaman, menghasilkan penghematan air sebesar 30–50%. Efisiensi ini sangat penting di tengah ancaman kelangkaan air akibat perubahan iklim dan pertumbuhan populasi yang terus meningkat.

Dari segi biaya operasional, sistem tradisional memerlukan tenaga manusia untuk mengontrol dan mengoperasikan penyiraman, yang tentu membutuhkan waktu, energi, dan biaya lebih tinggi. Selain itu, pada lahan yang luas, penggunaan pompa air secara terus-menerus menambah beban biaya bahan bakar atau listrik. Sistem otomatis, sebaliknya, bekerja dengan prinsip efisiensi energi melalui otomatisasi. Ketika sistem tidak perlu dioperasikan secara manual, tenaga kerja dapat dialihkan ke kegiatan produktif lainnya seperti pemupukan, pengendalian hama, atau pemeliharaan tanaman. Selain itu, otomatisasi memungkinkan penghematan energi hingga 40% karena pompa hanya menyala saat dibutuhkan. Dalam jangka panjang, pengurangan biaya operasional ini berdampak langsung pada peningkatan keuntungan ekonomi bagi petani, terutama di daerah yang menghadapi kenaikan biaya energi.

Pada aspek produktivitas tanaman, perbedaan antara kedua sistem terlihat signifikan. Irigasi tradisional yang tidak mempertimbangkan kondisi kelembaban aktual sering kali menyebabkan fluktuasi pertumbuhan tanaman. Ketika tanaman kekurangan air, proses fotosintesis terhambat, sedangkan kelebihan air dapat menimbulkan akar busuk atau penyakit jamur. Dengan sistem otomatis, kelembaban tanah dapat dijaga dalam rentang optimal, yaitu 70–90%, yang sesuai untuk sebagian besar tanaman pangan seperti padi, jagung, dan sayuran. Kondisi tanah yang stabil memungkinkan tanaman menyerap nutrisi secara maksimal dan tumbuh lebih seragam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan irigasi otomatis dapat meningkatkan hasil panen sebesar 20–30% dibandingkan metode konvensional. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi air berbanding lurus dengan peningkatan produktivitas dan kualitas hasil pertanian.

Sementara itu, dari perspektif dampak lingkungan, sistem irigasi tradisional sering menimbulkan efek negatif seperti erosi tanah, limpasan air yang mengandung pupuk kimia, serta pemborosan sumber daya air. Air yang melimpah di permukaan lahan dapat mengikis lapisan tanah subur, mengurangi kandungan organik, dan meningkatkan sedimentasi di saluran irigasi atau sungai. Sebaliknya, sistem otomatis berbasis sensor dirancang untuk menjaga keseimbangan air tanah, meminimalkan limpasan, dan mengurangi pemborosan air. Dengan demikian, teknologi ini sejalan dengan prinsip pertanian berkelanjutan karena membantu menjaga struktur tanah dan ekosistem mikro di dalamnya. Dalam konteks yang lebih luas, efisiensi air juga mendukung ketahanan pangan nasional, karena sumber daya air yang dikelola dengan baik memungkinkan intensifikasi pertanian tanpa mengorbankan keberlanjutan lingkungan.

Selain empat aspek di atas, literatur terbaru menyoroti peran platform cloud seperti *Microthings* yang berfungsi sebagai pusat analisis data untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis informasi. Platform ini mengumpulkan data dari berbagai sensor—mulai dari kelembaban tanah, suhu, hingga curah hujan—and menyimpannya dalam sistem berbasis awan yang dapat diakses secara daring. Melalui dashboard interaktif, petani dapat memantau kondisi lahan secara visual, menganalisis tren kelembaban dari waktu ke waktu, serta memprediksi kebutuhan air untuk musim tanam berikutnya. Dengan demikian, *cloud platform* berperan penting dalam perencanaan irigasi musiman yang lebih efisien dan adaptif terhadap pola cuaca yang berubah.

Lebih jauh lagi, teknologi ini juga membantu petani menghadapi tantangan perubahan iklim, yang menyebabkan ketidakpastian dalam ketersediaan air dan pola curah hujan. Dengan adanya sistem otomatis dan analisis berbasis data, petani dapat menyesuaikan strategi penyiraman sesuai kondisi aktual, bukan sekadar mengandalkan kalender tanam tradisional. Misalnya, ketika curah hujan lebih rendah dari perkiraan, sistem dapat meningkatkan frekuensi penyiraman secara otomatis. Sebaliknya, saat curah hujan tinggi, sistem menonaktifkan irigasi untuk menghindari genangan. Adaptabilitas ini menjadikan pertanian lebih tangguh dan berkelanjutan di tengah kondisi iklim yang semakin ekstrem. Secara keseluruhan, perbandingan dalam Tabel 1 dan pembahasan yang menyertainya menunjukkan bahwa irigasi otomatis berbasis sensor kelembaban tanah bukan sekadar inovasi teknis, tetapi sebuah transformasi dalam paradigma pertanian. Teknologi ini menggabungkan efisiensi sumber daya, peningkatan produktivitas, dan kepedulian lingkungan menjadi satu kesatuan sistem yang saling

mendukung. Lebih dari itu, integrasi dengan IoT dan *cloud computing* seperti *Microthings* menempatkan petani sebagai pengambil keputusan berbasis data, bukan sekadar pelaku tradisional. Dengan kemampuannya dalam menghemat air, menekan biaya, dan menjaga stabilitas produksi, sistem ini menjadi fondasi penting bagi pembangunan pertanian yang cerdas, efisien, dan adaptif terhadap perubahan iklim global.

## KESIMPULAN

Kesimpulannya, teknologi irigasi otomatis dan sensor kelembaban tanah merupakan kunci untuk mencapai efisiensi air dan ketahanan pangan berkelanjutan. Dengan penghematan sumber daya dan peningkatan produktivitas, rekomendasi mencakup ekspansi program sosialisasi, investasi infrastruktur, dan penelitian lanjutan untuk adaptasi lokal. Implementasi luas di Indonesia dapat memperkuat sektor pertanian, memastikan ketersediaan pangan di masa depan.

## REFERENSI

- Penerapan Sistem Irigasi Otomatis Berbasis Sensor Sebagai Solusi Hemat Air Dan Energi. (2025). Keuangan UMA. <Https://Keuangan.Uma.Ac.Id/2025/09/06/Penerapan-Sistem-Irigasi-Otomatis-Berbasis-Sensor-Sebagai-Solusi-Hemat-Air-Dan-Energi/>
- SMART TANI Solusi Cerdas Untuk Irigasi Dan Pemantauan Pertanian. (2025). Inovasi BSKDN. [Https://Tuxedovation.Inovasi.Bskdn.Kemendagri.Go.Id/Detail\\_Inovasi/157448](Https://Tuxedovation.Inovasi.Bskdn.Kemendagri.Go.Id/Detail_Inovasi/157448)
- Manajemen Air Pertanian Cerdas Untuk Efisiensi Dan Ketahanan Pangan. (2025). Taniin.Id. <Https://Taniin.Id/Manajemen-Air-Pertanian-Cerdas-Untuk-Efisiensi-Dan-Ketahanan-Pangan/>
- SISTEM OTOMATIS PENYIRAMAN TANAMAN BERBASIS SENSOR KELEMBAPAN TANAH UNTUK PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PERTANIAN. (2025). Researchgate. [Https://Www.Researchgate.Net/Publication/385902086\\_SISTEM\\_OTOMATIS\\_PENYIRAMAN\\_TANAMAN\\_BERBASIS\\_SENSOR\\_KELEMBAPAN\\_TANAH\\_UNTUK\\_PENINGKATAN\\_PRODUKTIVITAS\\_PERTANIAN](Https://Www.Researchgate.Net/Publication/385902086_SISTEM_OTOMATIS_PENYIRAMAN_TANAMAN_BERBASIS_SENSOR_KELEMBAPAN_TANAH_UNTUK_PENINGKATAN_PRODUKTIVITAS_PERTANIAN)
- Sosialisasi Penerapan IoT Dalam Sistem Irigasi Otomatis Untuk Mendukung Pertanian Berkelanjutan. (N.D.). JSMD Dikara. <Http://Jsmid.Dikara.Org/Jsmid/Article/Download/163/158>
- Implementasi Aplikasi Untuk Pemantauan Kelembaban Tanah Pada Sistem Irigasi Tetes. (2025). Journal IRPI. <Https://Journal.Irpi.Or.Id/Index.Php/Malcom/Article/View/1714>
- Smart Farming Automatic Irrigation System Berbasis IoT Dalam Meningkatkan Efisiensi Penggunaan Air. (2024). Jurnal Politeknik Aceh. <Https://Jurnal.Politeknikaceh.Ac.Id/Index.Php/Jinnovation/Article/Download/293/202/1001>
- EVALUASI IRIGASI BERBASIS TEKNOLOGI DI SEKTOR PERTANIAN. (N.D.). SIH Journal. <Https://Sihojurnal.Com/Index.Php/Penarik/Article/Download/288/229>
- Sistem Irigasi Cerdas Berbasis IoT Untuk Mendukung Ketahanan Pangan. (N.D.). Journal STEKOM. <Https://Journal.Stekom.Ac.Id/Index.Php/Elkom/Article/Download/2486/1964/9273>