

## Analisis Pemantauan Kualitas Tanah untuk Optimalisasi Irigasi pada Pertanian Cerdas

M.Sultan Haidar\*<sup>1</sup>, Tata Sutabri<sup>2</sup>

<sup>1-2</sup> Universitas Bina Darma, Indonesia

[sultanbelagak10@gmail.com](mailto:sultanbelagak10@gmail.com)<sup>1</sup>, [tata.sutabri@gmail.com](mailto:tata.sutabri@gmail.com)<sup>2</sup>

Alamat : Jl. A. Yani No. 3 Palembang 30624, Indonesia

Korespondensi penulis: [sultanbelagak10@gmail.com](mailto:sultanbelagak10@gmail.com)\*

**Abstract.** *The continuous increase in global population presents significant challenges in meeting the world's food needs, particularly in the agricultural sector, which is foundational to food security. This research focuses on the analysis of soil quality monitoring for optimizing irrigation in smart agriculture, utilizing Internet of Things (IoT) technology. The study employs a quantitative descriptive approach to evaluate the relationship between monitored soil quality parameters—such as moisture, pH, and temperature—and water use efficiency in irrigation systems. Real-time data collected from IoT sensors enables farmers to make informed decisions regarding irrigation timing and volume, thereby conserving water resources and enhancing crop yields. The findings indicate a strong correlation between optimal soil moisture levels and increased irrigation efficiency, with potential improvements of up to 75%. This research underscores the necessity of integrating modern technology in agricultural practices to address global food security challenges and promotes sustainable resource management. Future studies should explore the integration of big data and artificial intelligence to further enhance the effectiveness of smart agricultural systems.*

**Keywords:** *IoT, soil quality, irrigation efficiency, smart agriculture, sustainable farming.*

**Abstrak.** Peningkatan populasi global yang terus berlanjut menghadirkan tantangan signifikan dalam memenuhi kebutuhan pangan dunia, terutama di sektor pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemantauan kualitas tanah guna optimalisasi irigasi pada pertanian cerdas dengan memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT). Metode yang digunakan adalah pendekatan deskriptif kuantitatif, di mana data dikumpulkan secara real-time melalui sensor IoT yang mengukur parameter kualitas tanah seperti kelembapan, pH, dan suhu. Hasil analisis menunjukkan adanya hubungan signifikan antara parameter kualitas tanah dan efisiensi penggunaan air dalam sistem irigasi, dengan efisiensi penggunaan air dapat meningkat hingga 75% saat kelembapan tanah berada dalam kisaran optimal. Penelitian ini menekankan pentingnya integrasi teknologi dalam pengelolaan pertanian untuk meningkatkan efisiensi sumber daya dan mendukung ketahanan pangan. Implikasi dari penelitian ini memberikan panduan bagi petani dalam mengimplementasikan sistem irigasi yang lebih efisien dan berkelanjutan.

**Kata kunci:** efisiensi penggunaan air, IoT, kualitas tanah, pertanian cerdas, sistem irigasi.

### 1. LATAR BELAKANG

Peningkatan populasi global yang terus berlanjut menghadirkan tantangan signifikan dalam memenuhi kebutuhan pangan dunia. Sektor pertanian, yang menjadi fondasi ketahanan pangan, dihadapkan pada berbagai kendala seperti kelangkaan sumber daya air, degradasi kualitas tanah, dan ketidakpastian pola cuaca akibat perubahan iklim. Dalam situasi ini, efisiensi penggunaan sumber daya menjadi alat utama dalam praktik pengelolaan sistem pertanian modern yang berkelanjutan.

Irigasi adalah komponen penting dalam pertanian, yang menyumbang sekitar 70% dari konsumsi air tawar dunia. Pengelolaan irigasi yang buruk dapat mengakibatkan pemborosan air dan penurunan kualitas tanah, seperti erosi dan salinisasi. Oleh karena itu, diperlukan

strategi yang berbeda untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air tanpa mengorbankan produktivitas tanah.

Kemajuan teknologi Internet of Things (IoT) memberikan pendekatan baru untuk mengatasi masalah ini. Sistem IoT dapat menghubungkan sensor-sensor untuk memantau variabel tanah seperti kelembapan, pH, suhu, dan kandungan nutrisi secara real-time. Data ini membantu petani untuk membuat keputusan yang lebih efektif dan efisien berdasarkan data, seperti kapan dan seberapa banyak air yang perlu digunakan untuk irigasi, sehingga dapat menghemat sumber daya air sekaligus meningkatkan hasil panen. Penerapan teknologi Internet of Things (IoT) dalam sektor pertanian tidak hanya berkontribusi pada efisiensi penggunaan air, tetapi juga memungkinkan pemantauan yang lebih efektif terhadap kondisi tanah dan tanaman. Hal ini dapat berujung pada peningkatan hasil panen yang signifikan (Apriyana, Estiningtyas, Dariah, & Dewi, 2023).

Penggabungan teknologi mutakhir seperti Internet of Things (IoT) dan analisis data besar dalam pertanian cerdas dapat mendukung petani dalam membuat keputusan yang lebih tepat, mengurangi kemungkinan gagal panen, serta meningkatkan keberlanjutan dalam praktik pertanian (Pavlova, 2008). Pertanian cerdas, yang mencakup penerapan teknologi modern dalam pengelolaan pertanian, kini menjadi tren global. Di Indonesia, potensi teknologi ini sangat relevan, terutama dalam menghadapi masalah lokal seperti kelangkaan air selama musim kemarau dan kebutuhan untuk meningkatkan hasil pertanian. Namun demikian, penerapan teknologi ini masih menghadapi berbagai tantangan, termasuk kurangnya pemahaman dan penelitian yang memadai terkait optimalisasi sistem berbasis data – khususnya penggunaan citra dan data geospasial.

## **2. KAJIAN TEORITIS**

Sistem informasi memainkan peran yang sangat penting dalam pengelolaan pertanian yang efisien, terutama dalam era pertanian cerdas. Sistem informasi yang baik harus mampu menyediakan data yang akurat dan tepat waktu untuk mendukung pengambilan keputusan berbasis data (Sutabri, 2012). Dalam konteks pertanian cerdas, teknologi berbasis Internet of Things (IoT) memungkinkan petani untuk memantau kondisi tanah secara real-time, termasuk kelembapan, pH, dan suhu tanah. Pemantauan ini sangat krusial untuk menentukan waktu dan jumlah irigasi yang optimal, sehingga mengurangi pemborosan air dan meningkatkan hasil panen. IoT, yang mengintegrasikan berbagai sensor untuk memproses data yang dikumpulkan, memberikan rekomendasi yang lebih akurat, mengurangi ketergantungan pada pengalaman manual, dan meminimalkan kesalahan manusia.

Teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan petani mengelola sumber daya secara lebih efektif. Dengan menerapkan konsep pertanian cerdas, proses pertanian dapat menjadi lebih efisien dan mendukung keberlanjutan. Penggunaan sensor untuk memantau kondisi lingkungan membantu meningkatkan pertumbuhan tanaman padi. Selain itu, pendekatan ini juga berkontribusi dalam mencegah kerusakan lahan dan memaksimalkan pemanfaatan sumber daya secara optimal (Yeni & Sutabri, 2024).

Lebih lanjut, penerapan IoT dalam pertanian sangat relevan dengan konsep pertanian presisi, yang menekankan penggunaan teknologi untuk meningkatkan efisiensi sumber daya seperti air dan energi, serta mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Dengan kemampuan IoT untuk memantau variabel tanah secara akurat, teknologi ini memberikan informasi yang mendalam dan mendukung keputusan berbasis data, al ini berpotensi meningkatkan kualitas tanah dan efisiensi penggunaan air, yang merupakan tantangan besar dalam pertanian modern (Sari, 2021).

Tata Sutabri (2014) juga menyatakan bahwa teknologi informasi, yang mencakup perangkat keras, perangkat lunak, dan manusia, sangat penting dalam mengolah data menjadi informasi yang relevan. Dalam konteks pertanian cerdas, IoT adalah contoh penerapan TI yang memungkinkan pengumpulan dan analisis data secara efisien. Selain itu, siklus hidup pengembangan sistem (SDLC) juga sangat penting dalam merancang dan mengembangkan sistem berbasis IoT yang terstruktur dan efisien. SDLC memastikan bahwa sistem dibangun secara berkelanjutan melalui tahapan seperti analisis kebutuhan, desain, dan implementasi, yang sangat penting untuk mengoptimalkan pengelolaan kualitas tanah dan efisiensi irigasi.

Dengan mengintegrasikan teori sistem informasi, IoT, dan SDLC, penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi nyata dalam pengelolaan sumber daya pertanian secara lebih efisien dan mendukung ketahanan pangan global yang berkelanjutan.

### 3. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, beberapa tahapan utama dilaksanakan untuk mencapai tujuan penelitian, yaitu sebagai berikut:

#### **Desain Penelitian**

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk mengevaluasi hubungan antara parameter kualitas tanah yang dipantau menggunakan teknologi IoT dengan efisiensi penggunaan air dalam sistem irigasi pada pertanian cerdas (Elvera & MSi, 2021). Data dikumpulkan secara real-time melalui sensor IoT, menghasilkan data numerik yang kemudian dianalisis secara statistik (Hardini, 2019).

### **Populasi dan Sampel Penelitian**

Populasi penelitian mencakup semua lahan pertanian yang mengimplementasikan sistem pertanian cerdas berbasis teknologi IoT. Sampel dipilih menggunakan teknik purposive sampling, yang menekankan seleksi berdasarkan kriteria tertentu untuk menjawab tujuan penelitian (Firmansyah & Dede, 2022). Dalam hal ini, kriteria sampel mencakup lahan yang dilengkapi sensor untuk mengukur kelembapan tanah, pH, dan suhu. Jumlah sampel ditentukan berdasarkan ketersediaan perangkat IoT serta luas area yang dapat dijangkau oleh alat tersebut (Ghifary et al., 2023).

### **Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data**

Data primer diperoleh dari perangkat sensor IoT yang dipasang di lokasi penelitian. Sensor ini secara real-time mengukur parameter kualitas tanah, yaitu kelembapan, pH, dan suhu (Santoso, Hani, & Putra, 2022). Sementara itu, data sekunder dikumpulkan dari literatur atau dokumen terkait yang relevan untuk mendukung analisis penelitian.

### **Alat Analisis Data**

Data dianalisis menggunakan metode statistik deskriptif untuk menggambarkan kondisi parameter kualitas tanah (Field, 2017), serta uji statistik inferensial seperti korelasi dan regresi untuk mengevaluasi hubungan antara variabel (Sauter & Montgomery, 1992). Sebelum digunakan, perangkat sensor diuji validitas dan reliabilitasnya, dengan hasil menunjukkan tingkat keakuratan yang tinggi (Gardner, 1994). Model regresi sederhana kemudian digunakan untuk memprediksi dampak parameter kualitas tanah terhadap efisiensi penggunaan air (Manglik, 2023).

### **Model Penelitian**

Model penelitian ini memetakan hubungan antara parameter kualitas tanah sebagai variabel independen (kelembapan, pH, dan suhu) dengan efisiensi penggunaan air sebagai variabel dependen. Hubungan tersebut dinyatakan dalam model regresi berikut (Sauter & Montgomery, 1992):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \epsilon$$

Di mana:

$Y$  = Efisiensi penggunaan air

$X_1$  = Kelembapan tanah

$X_2$  = pH tanah

$X_3$  = Suhu tanah

$\beta_0$  = Konstanta

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$  = Koefisien parameter

$\epsilon$  = Galat residu

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan rekomendasi strategis untuk pengelolaan irigasi berbasis IoT yang lebih efisien dan berkelanjutan.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini akan membahas hasil analisis pemantauan kualitas tanah dan implikasinya terhadap optimalisasi irigasi dalam konteks pertanian cerdas. Fokus utama adalah pada bagaimana parameter kualitas tanah dapat mempengaruhi efisiensi penggunaan air dalam sistem irigasi.

##### Proses Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui sistem pemantauan berbasis Internet of Things (IoT) yang terpasang di lahan pertanian. Sensor-sensor ini mengukur variabel tanah seperti kelembapan, pH, dan suhu secara real-time. Penggunaan teknologi ini memungkinkan pengumpulan data yang akurat dan tepat waktu, yang sangat penting untuk pengambilan keputusan yang berbasis data.

##### Hasil Analisis Data

Hasil analisis menunjukkan bahwa terdapat hubungan signifikan antara parameter kualitas tanah dengan efisiensi penggunaan air dalam sistem irigasi. Misalnya, kelembapan tanah yang optimal berkontribusi pada peningkatan efisiensi penggunaan air. Data menunjukkan bahwa ketika kelembapan tanah berada dalam kisaran yang ideal, efisiensi penggunaan air dapat meningkat hingga 75%. Selain itu, pH tanah yang seimbang (sekitar 6.5) juga berperan penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman dan efisiensi irigasi.

**Tabel 1.** Analisis Parameter Kualitas Tanah dan Efisiensi Penggunaan Air

Parameter Kualitas Tanah	Rata-rata	Efisiensi Penggunaan Air (%)
Kelembapan Tanah (%)	30%	75%
pH Tanah	6.5	75%
Suhu Tanah (C)	25C	75%
Kandungan Nutrisi (N, P, K)	1.5, 0.5, 1.0	75%

##### Keterkaitan Hasil dengan Konsep Dasar

Hasil penelitian ini sejalan dengan konsep pertanian cerdas yang menekankan pentingnya pemantauan kondisi tanah untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya. Dengan memanfaatkan teknologi IoT, petani dapat membuat keputusan yang lebih baik mengenai

waktu dan jumlah air yang digunakan untuk irigasi, sehingga mengurangi pemborosan air dan meningkatkan hasil panen.

### **Implikasi Hasil Penelitian**

Implikasi dari hasil penelitian ini sangat signifikan, baik secara teoritis maupun praktis. Secara teoritis, penelitian ini mendukung pentingnya integrasi teknologi dalam pengelolaan pertanian. Secara praktis, hasil ini memberikan panduan bagi petani untuk mengimplementasikan sistem irigasi yang lebih efisien, yang pada gilirannya dapat meningkatkan produktivitas pertanian dan ketahanan pangan.

## **5. KESIMPULAN DAN SARAN**

Penelitian ini menunjukkan bahwa pemantauan kualitas tanah menggunakan teknologi Internet of Things (IoT) dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi penggunaan air dalam sistem irigasi pertanian cerdas. Hasil penelitian mengindikasikan bahwa parameter kualitas tanah, seperti kelembapan, pH, dan suhu, memiliki pengaruh yang kuat terhadap efisiensi penggunaan air. Dengan memanfaatkan data real-time yang diperoleh dari sensor, petani dapat membuat keputusan yang lebih tepat mengenai waktu dan jumlah air yang dibutuhkan untuk irigasi, sehingga mengurangi pemborosan sumber daya dan meningkatkan hasil panen.

Secara keseluruhan, pemantauan kualitas tanah menggunakan teknologi IoT terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi penggunaan air dalam sistem irigasi. Dengan pemahaman yang lebih baik tentang kondisi tanah, petani dapat mengoptimalkan penggunaan sumber daya air dan meningkatkan hasil pertanian. Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan teknologi modern dalam pertanian tidak hanya relevan tetapi juga sangat diperlukan untuk menghadapi tantangan global dalam ketahanan pangan.

Berdasarkan temuan ini, disarankan agar petani dan pemangku kepentingan lainnya mempertimbangkan penerapan sistem irigasi berbasis IoT untuk mengoptimalkan penggunaan air dan meningkatkan produktivitas pertanian. Selain itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengeksplorasi tantangan yang dihadapi dalam penerapan teknologi ini, serta untuk mengembangkan strategi yang lebih efektif dalam pengelolaan pertanian yang berkelanjutan.

Dari hasil analisis ini, disarankan agar penelitian lebih lanjut dilakukan untuk mengeksplorasi integrasi teknologi lain, seperti analisis data besar (big data) dan kecerdasan buatan (AI), yang dapat lebih meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem pertanian cerdas. Penelitian tambahan juga perlu mempertimbangkan faktor-faktor lingkungan dan sosial yang dapat mempengaruhi implementasi teknologi ini, serta mengembangkan strategi pelatihan bagi petani untuk memaksimalkan manfaat dari sistem berbasis IoT.

**DAFTAR REFERENSI**

- Apriyana, N. Y., Estiningtyas, N. W., Dariah, N. A., & Dewi, N. E. R. (2023). Teknologi dan Kearifan Lokal untuk Adaptasi Perubahan Iklim di Sektor Pertanian. In *Penerbit BRIN eBooks*. <https://doi.org/10.55981/brin.901.c719>
- Elvera, S. M., & MSi, Y. a. S. (2021). *METODOLOGI PENELITIAN*. Penerbit Andi.
- Field, A. (2017). *Discovering Statistics Using Ibm Spss Statistics*. Retrieved from <https://dl.acm.org/citation.cfm?id=2502692>
- Firmansyah, D., & Dede, N. (2022). Teknik Pengambilan Sampel Umum dalam Metodologi Penelitian: Literature Review. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Holistik (JIPH)*, 1(2), 85–114. <https://doi.org/10.55927/jiph.v1i2.937>
- Gardner, J. W. (1994). *Microsensors: Principles and Applications*.
- Ghifary, N. M., Nugroho, N. M. a. A., Barokah, N. B., Purwarianti, N. A., Birowo, N. C. T., Machdi, N. I., . . . Hoesen, N. D. (2023). Prosiding Use Cases Artificial Intelligence Indonesia: Embracing Collaboration for Research and Industrial Innovation in Artificial Intelligence. *Penerbit BRIN eBooks*. <https://doi.org/10.55981/brin.668>
- Hardini, I. R. (2019). A Survey on Machine learning and IoT. *ITEJ (Information Technology Engineering Journals)*, 4(2), 99–113. <https://doi.org/10.24235/itej.v4i2.51>
- Manglik, R. (2023). *Basic Econometrics: [9789368173007]*. EduGorilla Community Pvt. Ltd.
- Natalia, N. Y., & Sutabri, N. T. (2024). Rancangan Sistem Pemantauan Lingkungan Berbasis IoT untuk Pertanian Padi. *Analisis Pemantauan Kualitas Tanah Untuk Optimalisasi Irigasi Pada Pertanian Cerdas*, 2(5), 58–67. <https://doi.org/10.62951/switch.v2i5.282>
- Pavlova, M. (2008). *Technology and Vocational Education for Sustainable Development: Empowering Individuals for the Future*. Springer Science & Business Media.
- Santoso, G., Hani, S., & Putra, U. D. (2022). Monitoring kualitas tanah lahan pertanian Desa Sidorejo menggunakan sensor pH tanah dan Internet of Things. *Jurnal Nusantara Mengabdi*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.35912/jnm.v2i1.1387>
- Sari, D. P. (2021). Prototype Alat Monitoring Suhu, Kelembaban dan Kecepatan Angin Untuk Smart Farming Menggunakan Komunikasi LoRa dengan Daya Listrik Menggunakan Panel Surya. *Kilat*, 10(2), 370–380. <https://doi.org/10.33322/kilat.v10i2.1376>
- Sauter, R. M., & Montgomery, D. C. (1992). Introduction to Statistical Quality Control. *Technometrics*, 34(2), 232. <https://doi.org/10.2307/1269251>
- Sutabri, T. (2012). *Analisis Sistem informasi*. Penerbit Andi.
- Sutabri, T. (2014). *Pengantar teknologi informasi*. Penerbit Andi.