

Analisis Kinerja Sistem Irigasi Berbasis Panel Surya 30 Wp untuk Peningkatan Produktivitas Pertanian

Sulistiyanto^{1*}, Wira Antoni Ramadhan², Anis Yusrotun Nadhiroh³, Alvin Zuhair⁴, Mukhlison Mukhlison⁵

^{1,2,3} Universitas Nurul Jadid, Indonesia

^{4,5} Universitas Islam Balitar, Indonesia

Article Info

Article history:

Received 24 February 2026

Revised 27 February 2026

Accepted 03 Maret 2026

Keywords:

Pertanian

IoT

Sensor suhu

Sensor kelembapan

Panel Surya

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kinerja dan efisiensi sistem irigasi berbasis tenaga surya skala kecil guna meningkatkan produktivitas pertanian. Sistem dirancang menggunakan panel surya 30 Wp, baterai 12 V 20 Ah, dan pompa DC 12 V 30 W untuk memenuhi kebutuhan pengairan lahan seluas 10 m × 5 m dengan tinggi genangan 3 cm. Kapasitas energi baterai sebesar 240 Wh dengan batas Depth of Discharge (DoD) 50% menghasilkan energi efektif sebesar 120 Wh. Rata-rata produksi energi harian panel surya sebesar ±150 Wh, sedangkan konsumsi energi pompa untuk satu siklus irigasi selama 3,1 jam sebesar ±93 Wh. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem mampu beroperasi secara mandiri dan stabil secara energi.

Berdasarkan observasi lapangan dan wawancara petani, penggunaan sistem ini meningkatkan hasil panen dari rata-rata 1,1 ton menjadi 1,5 ton per periode tanam atau meningkat sekitar 36%. Selain itu, waktu panen yang sebelumnya berkisar 115–120 hari dapat dipercepat menjadi 95–100 hari atau lebih cepat sekitar 17%. Dengan demikian, sistem irigasi tenaga surya yang dirancang terbukti layak secara teknis dan berkontribusi terhadap peningkatan efisiensi waktu serta produktivitas pertanian secara berkelanjutan.

Copyright © 2026 Akiratech
Journal
All rights reserved

DOI: <https://doi.org/10.63935/akiratech.v3i1.280>

Corresponding Author:

Sulistiyanto,

Universitas Nurul Jadid, Probolinggo, Indonesia

Email: soelis@unuja.ac.id

1. PENDAHULUAN

khususnya pada budidaya padi yang menjadi komoditas strategis dalam ketahanan pangan nasional. Produksi padi nasional berkontribusi signifikan terhadap stabilitas pangan Indonesia dan menjadi indikator penting dalam sektor agribisnis [1]. Selain itu, padi sebagai bahan pangan pokok memiliki peran sentral dalam sistem pangan nasional maupun global [2]. Oleh karena itu, pengelolaan air yang efisien dan berkelanjutan menjadi faktor krusial dalam menjaga kualitas pertumbuhan tanaman serta stabilitas hasil panen.

Namun demikian, sistem irigasi konvensional yang masih banyak diterapkan di lahan persawahan menghadapi berbagai keterbatasan. Evaluasi terhadap sistem irigasi konvensional menunjukkan bahwa pengelolaan air yang dilakukan secara manual cenderung kurang terukur dan berpotensi menyebabkan distribusi air yang tidak merata [3]. Kondisi ini dapat meningkatkan pemborosan air, menambah biaya operasional, serta menurunkan efisiensi produksi akibat ketidaktepatan waktu dan volume pengairan. Ketergantungan pada tenaga kerja manual juga menjadi kendala tersendiri, terutama pada lahan dengan akses sumber air yang terbatas.

Perkembangan teknologi mikrokontroler dan Internet of Things (IoT) menawarkan solusi dalam bentuk sistem irigasi otomatis yang mampu melakukan pengendalian berbasis sensor secara adaptif. Beberapa penelitian telah mengembangkan prototipe gerbang irigasi otomatis berbasis IoT menggunakan mikrokontroler [4], serta sistem pengendalian irigasi berbasis Arduino untuk otomatisasi pengairan [7]. Penggunaan sensor kelembapan tanah berbasis IoT juga telah diterapkan pada sistem irigasi tetes [6], sementara integrasi Real Time Clock (RTC) dengan panel surya telah digunakan dalam sistem irigasi otomatis untuk meningkatkan efisiensi operasional [5], [12]. Selain itu, pengembangan perangkat pertanian berbasis IoT dan energi surya juga telah diterapkan pada sistem pakan ikan otomatis [11] serta sistem pengendalian hama berbasis IoT [16], yang menunjukkan potensi integrasi teknologi digital dan energi terbarukan dalam sektor agrikultur.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih memiliki keterbatasan pada aspek integrasi sistem secara menyeluruh, khususnya dalam menggabungkan pemantauan real-time berbasis cloud, pengendalian adaptif multi-sensor, serta catu daya mandiri berbasis energi surya dalam satu arsitektur yang teruji langsung pada lahan persawahan. Penelitian terkait sistem penyiraman otomatis berbasis Arduino [8], alat penyiraman tanaman padi [10], maupun kontrol fertigasi berbasis IoT [13] umumnya masih berfokus pada satu aspek tertentu, seperti otomasi lokal atau monitoring terbatas, tanpa evaluasi komprehensif terhadap integrasi sistem dan kemandirian energi.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem irigasi otomatis berbasis IoT dengan dukungan energi surya yang mampu memantau kelembapan tanah, suhu, dan ketinggian air secara real-time melalui platform monitoring berbasis internet. Sistem yang dikembangkan dirancang sebagai solusi terintegrasi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air, mengurangi ketergantungan terhadap tenaga kerja manual, serta mendukung praktik smart agriculture yang berkelanjutan melalui pendekatan teknologi digital dan energi terbarukan.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa (engineering research) dengan tahapan sistematis yang meliputi studi awal, perancangan sistem, implementasi, serta pengujian dan evaluasi kinerja. Metode ini dirancang untuk menghasilkan sistem irigasi otomatis berbasis Internet of Things (IoT) yang terintegrasi dengan sumber energi surya dan mampu beroperasi secara real-time pada lahan persawahan.



Gambar 1. Kerangka Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

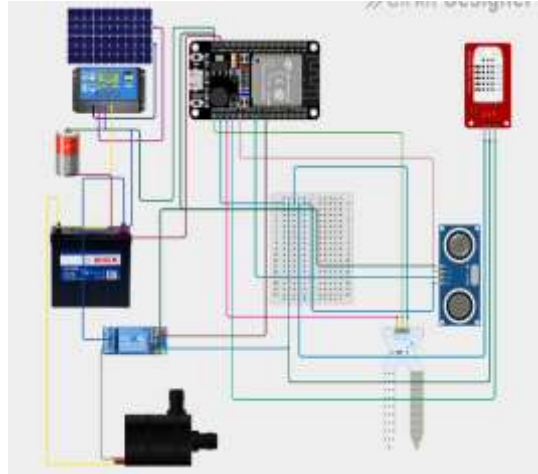
3.1 Hasil Perancangan dan Implementasi Sistem

Sistem irigasi otomatis berbasis IoT berhasil dirancang dan diimplementasikan sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Sistem terdiri dari sensor kelembapan tanah, sensor suhu lingkungan, dan sensor ketinggian

air yang terhubung ke mikrokontroler ESP32. Data hasil pembacaan sensor dikirimkan secara real-time ke platform ThingsBoard melalui jaringan internet.

Sumber energi sistem menggunakan panel surya 30 Wp yang terhubung ke baterai 12 V 20 Ah melalui solar charge controller. Sistem pompa air dikendalikan secara otomatis berdasarkan nilai ambang kelembapan tanah yang telah ditentukan.

3.2 Design Skema Alat

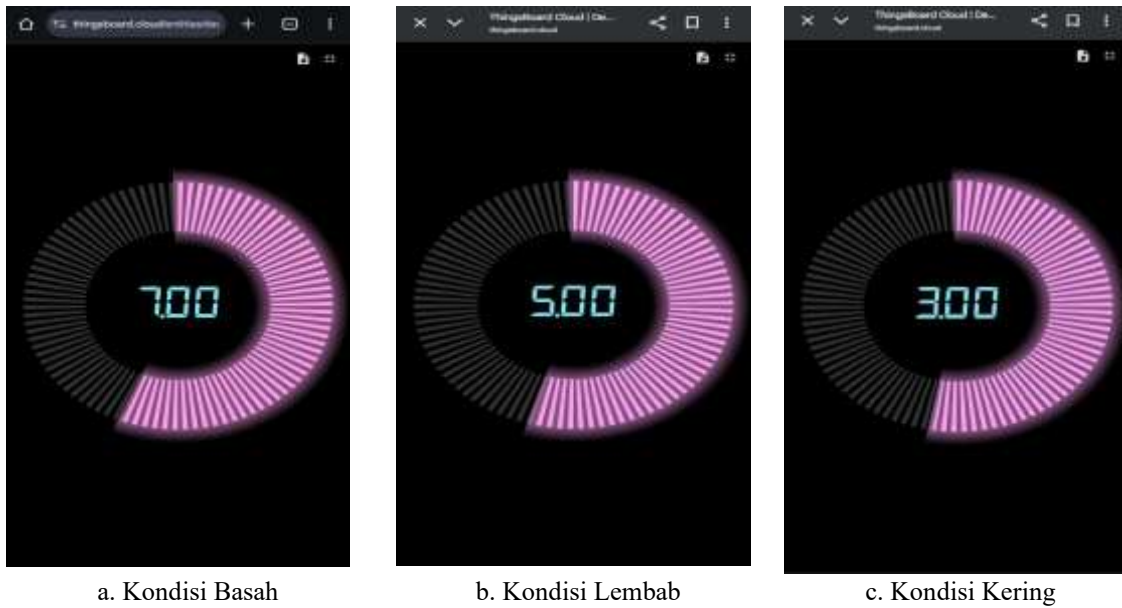


Gambar 2. Skema wiring diagram alat

Pada gambar 3.3 design skema alat dapat di jelaskan alur sistem kendali yang ada di penelitian tersebut yaitu dimulai dengan nomer (1) yaitu panel surya sebagai sumber energi yang akan menjalankan sistem, dilanjutkan dengan nomer (2) yaitu SCC (*Solar Charge Controller*) sebagai alat untuk meng charger atas mengecas batterai/aki (3) berfungsi untuk menyimpan daya yang telah dihasilkan oleh panel surya tersebut. (4) yaitu *nodemcu* merupakan perangkat sistem controller untuk menjalankan sensor sensor yang terkoneksi dengan jaringan internet. Dari *nodemcu* di jumper ke (5) *blackboard* sebagai tempat menyambung kabel dari sensor-sensor , (6) sensor suhu *dht22* terhubung ke *nodemcu* dengan pin D2 ground dan vcc 5volt. Sensor ultrasonik (7) terhubung dengan *nodemcu* dengan trig pin d4, echo d5, vcc 5volt, dan ground. Kemudian sensor kelembapan tanah (8) terhubung dengan *nodemcu* sig d15, ground, dan vcc 3,3v, terakhir input relay (9) yang terhubung dengan *nodemcu* vcc 5v, In d18, dan ground, output dari relay terhubung dengan pompa No dan positif batrei untuk menghidupkan dan mematikan sebuah pompa (10).

3.3 Hasil Pengujian Sensor

Dari hasil pengujian alat sensor solenoid dalam 3 kondisi



Gambar 3. Tampilan tampil di open source Thingsboard

Tabel 1. Hasil Sensor Kelembapan Tanah

Soil Mosture	Time stamp	Keterangan
3	15/06/2025 06:00	Kering
3	15/06/2025 07:00	Kering
3	15/06/2025 08:00	Kering
4	15/06/2025 09:00	Lembab
4	15/06/2025 10:00	Lembab
5	15/06/2025 11:00	Lembab
5	15/06/2025 12:00	Lembab
7	15/06/2025 13:00	Basah
7	15/06/2025 14:00	Basah
6	15/06/2025 15:00	Basah
6	15/06/2025 16:00	Basah

Pengujian sensor Ultra Sonic
 Data pengambilan hasil sensor Ultrasonic

Tabel 2 Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Timestamp	Ketinggian	Keterangan
15/06/2025 06:00	38,5	Pompa On
15/06/2025 07:00	37,8	Pompan On
15/06/2025 08:00	37,1	Pompa On
15/06/2025 09:00	36,9	Pompa Off
15/06/2025 10:00	37,1	Pompa On

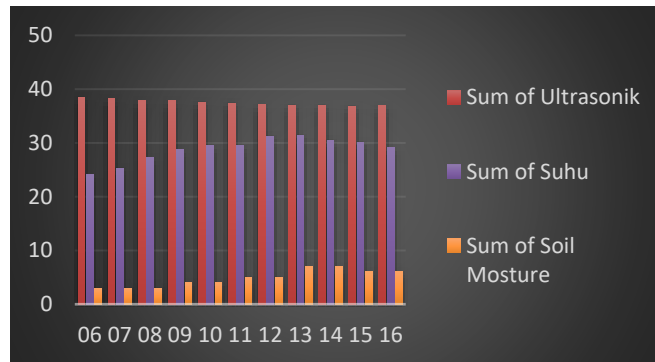
15/06/2025 11:00	36,8	Ponpa Off
15/06/2025 12:00	37,1	Pompa On
15/06/2025 13:00	37	Pompa On
15/06/2025 14:00	36,9	Pompa Off
15/06/2025 15:00	36,8	Pompa Off
15/06/2025 16:00	36,9	Pompa Off

Pengujian Sensor *DHT22* (Suhu)

Tabel 3 Hasil Pengujian Sensor Suhu

Timestamp	Suhu	Keterangan
15/06/2025 06:00	24,1	Sejuk
15/06/2025 07:00	25,3	Sejuk
15/06/2025 08:00	27,2	Normal
15/06/2025 09:00	28,7	Normal
15/06/2025 10:00	29,5	Panas
15/06/2025 11:00	29,5	Panas
15/06/2025 12:00	31,2	Panas
15/06/2025 13:00	31,4	Panas
15/06/2025 14:00	30,5	Panas
15/06/2025 15:00	30,1	Panas
15/06/2025 16:00	28,1	Normal

Pengujian Seluruh Sensor Menjadi 1 Data Selama 1 Minggu



Gambar 2 Grafik data hari pertama

3.4 Analisis Kinerja Energi Sistem PLTS

Sistem menggunakan panel surya berkapasitas 30 Wp yang terhubung dengan baterai 12 V 20 Ah. Kapasitas energi baterai dihitung sebagai berikut:

$$E = V \times Ah$$

$$E = 12 \times 20 = 240 \text{ Wh}$$

Dengan mempertimbangkan batas Depth of Discharge (DoD) sebesar 50% untuk menjaga umur baterai, maka energi efektif yang dapat digunakan sebesar:

$$240 \times 50\% = 120 \text{ Wh}$$

Rata-rata produksi energi harian panel surya berdasarkan pengukuran lapangan berkisar ± 150 Wh per hari. Dengan demikian, sistem mampu mengisi ulang energi yang digunakan setiap hari dan tetap berada dalam batas aman operasional baterai.

3.5 Analisis Kinerja Pompa dan Kebutuhan Air

Pompa yang digunakan memiliki spesifikasi 12V 30W. Debit rata-rata pompa berdasarkan pengujian lapangan adalah sekitar 8 liter/menit atau ± 480 liter/jam.

Kebutuhan air lahan dihitung menggunakan rumus volume:

$$\text{Volume} = \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tinggi}$$

$$10 \times 5 \times 0,03 = 1,5 \text{ m}^3$$

Karena $1 \text{ m}^3 = 1.000$ liter, maka total kebutuhan air sebesar:

$$1,5 \times 1000 = 1500 \text{ liter}$$

Waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan air tersebut:

$$1500 \div 480 = 3,1 \text{ jam}$$

Energi yang digunakan pompa dalam satu siklus irigasi:

$$30W \times 3,1 \text{ jam} = 93Wh$$

Nilai ini masih berada di bawah energi efektif baterai (120 Wh), sehingga sistem dinyatakan mampu beroperasi secara mandiri tanpa kekurangan daya.

3.6 Dampak terhadap Produktivitas Pertanian

Berdasarkan hasil wawancara dan observasi lapangan, sebelum penggunaan sistem ini hasil panen rata-rata berkisar antara 1–1,2 ton per periode tanam. Setelah penggunaan sistem irigasi berbasis tenaga surya, hasil panen meningkat menjadi $\pm 1,5$ ton per periode.

Rata-rata hasil sebelum sistem:

$$(1 + 1,2)/2 = 1,1 \text{ ton}$$

Kenaikan hasil panen:

$$1,5 - 1,1 = 0,4 \text{ ton}$$

Persentase peningkatan:

$$(0,4/1,1) \times 100\% \approx 36\%$$

Selain itu, waktu panen yang sebelumnya berkisar 115–120 hari berkurang menjadi 95–100 hari.

Rata-rata percepatan waktu panen:

$$20 \div 117 \times 100\% \approx 17\%$$

Hasil ini menunjukkan bahwa kestabilan sistem irigasi berkontribusi terhadap peningkatan produktivitas dan percepatan masa panen.

3.7 Ringkasan Efisiensi Sistem

Secara keseluruhan, sistem menunjukkan:

- Energi tersedia efektif: 120 Wh
- Energi terpakai per siklus: 93 Wh
- Cadangan energi aman: ± 27 Wh
- Peningkatan hasil panen: $\pm 36\%$
- Percepatan waktu panen: $\pm 17\%$

Hal ini menunjukkan bahwa sistem irigasi tenaga surya tidak hanya layak secara teknis, tetapi juga memberikan dampak nyata terhadap efisiensi dan produktivitas pertanian.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian sistem irigasi berbasis panel surya 30 Wp dengan baterai 12 V 20 Ah, sistem mampu menghasilkan energi harian rata-rata ± 150 Wh. Dengan batas Depth of Discharge (DoD) sebesar 50%, energi efektif yang tersedia sebesar ± 120 Wh, sementara konsumsi energi pompa 30 W selama 3,1 jam hanya sebesar ± 93 Wh per siklus irigasi. Hal ini menunjukkan bahwa sistem bekerja dalam kondisi aman dan stabil secara energi.

Dari sisi teknis pengairan, sistem mampu memenuhi kebutuhan air lahan sebesar 1.500 liter dengan waktu operasional $\pm 3,1$ jam. Kapasitas baterai memungkinkan pompa bekerja hingga ± 8 jam penuh dalam kondisi maksimum.

Berdasarkan observasi lapangan dan wawancara petani, penggunaan sistem ini menunjukkan peningkatan hasil panen dari rata-rata 1,1 ton menjadi 1,5 ton per periode tanam atau mengalami kenaikan sekitar 36%. Selain itu, waktu panen yang sebelumnya berkisar 115–120 hari dapat dipercepat menjadi 95–100 hari atau lebih cepat sekitar 17%.

Dengan demikian, sistem irigasi tenaga surya yang dirancang tidak hanya layak secara teknis dan energi, tetapi juga memberikan dampak signifikan terhadap peningkatan efisiensi waktu dan produktivitas pertanian. Sistem ini berpotensi menjadi solusi alternatif irigasi yang ekonomis dan berkelanjutan bagi petani skala kecil, khususnya pada daerah dengan keterbatasan akses listrik konvensional.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan terimakasih atas kerjasamanya bagi petani desa Bulu, yang telah membantu dan memberikan tempat riset di lahan pertanian mereka.

REFERENSI

- [1] A. Asmara, “Analisis produksi padi nasional dalam mendukung ketahanan pangan Indonesia,” *Jurnal Agribisnis Indonesia*, vol. 12, no. 2, pp. 101–110, 2024.
- [2] M. Mutalib, “Peran komoditas padi dalam sistem pangan global,” *Jurnal Pangan dan Gizi*, vol. 8, no. 1, pp. 45–53, 2024.
- [3] K. A. Kresna, “Evaluasi sistem irigasi konvensional pada lahan persawahan,” *Jurnal Teknik Pertanian*, vol. 10, no. 3, pp. 155–162, 2022.
- [4] Sukmono, R. Pratama, and D. Hidayat, “Prototipe sistem otomatis gerbang irigasi dengan implementasi microcontroller berbasis IoT,” *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 8, no. 4, pp. 250–257, 2020.
- [5] Wulandari, S. Rahman, and A. Putri, “Rancang bangun sistem irigasi berbasis RTC menggunakan solar panel,” *Jurnal Rekayasa Elektrika*, vol. 15, no. 2, pp. 89–96, 2022.
- [6] M. Azam, F. Nugroho, and L. Setiawan, “Sistem irigasi tetes menggunakan sensor kelembapan tanah YL-69 berbasis Internet of Things,” *Jurnal Informatika dan Elektronika*, vol. 11, no. 1, pp. 33–40, 2023.
- [7] Fauziah, R. Maulana, and I. Saputra, “Sistem pengontrol irigasi otomatis menggunakan microcontroller Arduino Uno,” *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, vol. 13, no. 1, pp. 60–67, 2024.
- [8] Sujana, N. (2024). Perancangan Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis dengan sensor Kelembaban Berbasis Arduino Uno. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 4(4), 17–30.
- [9] Sukmono, H., Sutikno, S., & Wardati, N. K. (2020). Prototipe Sistem Otomasi Gerbang Irigasi Dengan Implementasi Mikrokontroler Berbasis IoT. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputasi (ELKOM)*, 2(1), 30–40. <https://doi.org/10.32528/elkom.v2i1.3133>
- [10] Sulaiman, F., & Breva, A. (2023). Rancang Bangun Alat Penyiraman Tanaman Padi. *Prosiding Senakama*, 2, 742–749.
- [11] Sulistiyanto, S., Furaichan, A. I., Nouval, M., & Rozi, D. F. (2024). Rancang Bangun Tempat Pakan Ikan Terapung Otomatis Berbasis Mikrokontroler Dan Panel Surya. *Journal of Electrical Engineering and Computer (JEECOM)*, 6(2), 460–469. <https://doi.org/10.33650/jeeecom.v6i2.9578>
- [12] Wulandari, R., Nurdianto, N., Taryo, T., & Nunu, N. (2022). Rancang Bangun Sistem Irigasi Otomatis Berbasis RTC Menggunakan Solar Panel. *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, 12(2), 213. <https://doi.org/10.22146/ijeis.78422>.
- [13] Bar MA, Sulistiyanto S, Basri MH. Perancangan Kontrol Sistem Fertigasi Pada Green House Berbasis IoT. *Akiratech*. 2024 May 16;1(1):1-1.
- [14] Ali M, Siswanto A, Baehaqi M. Flower Polination Algorithm Sebagai Optimalisasi LFC Pada Hybrid Pembangkit Wind-Diesel. *Jurnal FORTECH*. 2024 May 26;5(1):41-7.
- [15] Herlina A, Chaidir AR, Ali M, Widoretno S, Pawening RE, Fahmi MH, Riyanto D, Aziz AA. Performance Evaluation of Electronic Circuit System in Smart Aquaponic. In 2024 IEEE 2nd International Conference on Electrical Engineering, Computer and Information Technology (ICEECIT) 2024 Nov 22 (pp. 211-215). IEEE.
- [16] Hidayatullah D, Sulistiyanto S. Perancang alat pengusir hama burung pipit pada tanaman padi menggunakan gelombang kejut otomatis berbasis Internet of Things (IoT). *JEECOM Journal of Electrical Engineering and Computer*. 2022 Oct 28;4(2):74-8.