

Analisis Kinerja Sprinkler Otomatis Berbasis Sensor Kelembapan dengan Optimalisasi Sudut Panel Surya

Nurul Maulidiyah*¹, Yusuf Maulana²

Institut Teknologi Sumatera; Jl. Terusan Ryacudu, Way Huwi, Kec. Jati Agung, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung 35365

e-mail: *¹nurul.maulidiyah@bm.itera.ac.id, ²yusuf.maulana@bm.itera.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi dalam bidang elektroteknik dan energi terbarukan memberikan peluang besar untuk penerapan sistem otomasi pada sektor pertanian. Salah satu permasalahan yang sering dihadapi petani adalah penyiraman tanaman yang masih menggunakan cara manual, sehingga membutuhkan waktu, tenaga, dan konsumsi energi listrik yang relatif tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menguji sistem sprinkler otomatis berbasis sensor kelembapan tanah dengan sumber energi utama dari panel surya. Sistem ini menggunakan Arduino Uno sebagai pengendali utama, sensor kelembapan tanah untuk mendeteksi kondisi media tanam, serta pompa air sebagai aktuator penyiraman. Energi diperoleh dari solar cell yang dihubungkan dengan modul pengisian dan baterai sebagai penyimpan daya. Metode penelitian meliputi perancangan perangkat keras (hardware), pemrograman perangkat lunak (software), serta pengujian kinerja alat dalam berbagai variasi sudut panel surya (30°, 37°, 45°, 53°, dan 60°). Pengujian dilakukan untuk mengukur debit air yang dikeluarkan sprinkler, waktu penyiraman, serta efisiensi energi yang dihasilkan oleh panel surya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sudut panel surya berpengaruh terhadap debit penyiraman. Sudut optimal diperoleh pada kemiringan 45°, dengan debit maksimum sebesar 24,1 ml/s, sehingga mampu memberikan kinerja penyiraman paling efisien dibandingkan sudut lainnya. Meskipun terdapat variasi debit pada setiap sudut, total volume air yang dikeluarkan relatif sama, sehingga perbedaan lebih dominan pada lamanya waktu penyiraman. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem sprinkler otomatis berbasis sensor kelembapan tanah dengan energi surya mampu menjadi solusi efektif, efisien, serta ramah lingkungan untuk mendukung pertanian berkelanjutan. Penelitian ini juga mendukung pencapaian SDGs poin 15 (Ekosistem Daratan) dengan mendorong pemanfaatan energi terbarukan serta otomasi dalam pengelolaan lahan pertanian.

Kata kunci : sprinkler otomatis, sensor kelembapan tanah, solar cell, Arduino Uno, optimalisasi sudut panel surya.

Abstract

The development of technology in the field of electrical engineering and renewable energy provides great opportunities for the application of automation systems in agriculture. One of the common problems faced by farmers is the irrigation process, which is often carried out manually, requiring significant time, labor, and electrical energy consumption. This study aims to design and evaluate an automatic sprinkler system based on soil moisture sensors powered primarily by solar panels. The system employs an Arduino Uno as the main controller, a soil moisture sensor to detect soil conditions, and a water pump as the actuator for irrigation. Energy is supplied by a solar cell connected to a charging module and a battery as the power storage unit. The research method includes hardware design, software programming, and performance testing of the system under various solar panel tilt angles (30°, 37°, 45°, 53°, and 60°). The evaluation focuses on measuring the water discharge rate, irrigation time, and the efficiency of energy harvested from the solar panel. The results demonstrate that the tilt angle of the solar panel significantly influences irrigation performance. The optimal tilt angle was found at 45°, achieving a maximum

discharge rate of 24.1 ml/s, which provides the most efficient irrigation compared to other angles. Although the discharge rate varies across different tilt angles, the total water volume delivered remains relatively constant, indicating that the difference is mainly reflected in the irrigation duration. In conclusion, the proposed automatic sprinkler system based on soil moisture sensors and solar energy offers an effective, efficient, and environmentally friendly solution to support sustainable agriculture. This study also contributes to the achievement of SDGs Goal 15 (Life on Land) by promoting renewable energy utilization and automation in agricultural land management.

Keywords : *automatic sprinkler, soil moisture sensor, solar cell, Arduino Uno, solar panel tilt optimization.*

1. PENDAHULUAN

Pertanian merupakan salah satu sektor penting dalam mendukung ketahanan pangan dan kesejahteraan masyarakat. Namun, sistem penyiraman yang masih dilakukan secara manual seringkali menimbulkan permasalahan, seperti pemborosan air, konsumsi energi yang tinggi, serta ketergantungan pada tenaga kerja manusia [1]. Penyiraman manual menggunakan selang atau wadah sederhana membutuhkan waktu dan tenaga, sehingga kurang efisien untuk lahan dengan cakupan luas. Oleh karena itu, diperlukan inovasi teknologi berbasis otomasi untuk meningkatkan efisiensi penyiraman.

Dalam era modern, penerapan Internet of Things (IoT) dan mikrokontroler pada sistem pertanian telah berkembang pesat. Arduino Uno merupakan salah satu platform mikrokontroler yang banyak digunakan karena bersifat open-source, mudah diprogram, serta fleksibel untuk berbagai aplikasi sensorik [5]. Dengan integrasi sensor kelembapan tanah, sistem mampu mendeteksi kondisi media tanam secara real-time sehingga penyiraman dapat dilakukan secara otomatis hanya ketika tanaman membutuhkan air [3].

Selain aspek otomasi, penggunaan energi pada sistem pertanian juga menjadi perhatian penting. Pemanfaatan energi surya (solar cell) dinilai mampu menggantikan ketergantungan terhadap listrik konvensional yang berbasis energi fosil. Panel surya mampu mengubah energi matahari menjadi energi listrik, sehingga mendukung efisiensi energi dan ramah lingkungan [4]. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa kinerja panel surya dipengaruhi oleh sudut kemiringan pemasangan, di mana sudut optimal dapat meningkatkan daya serap energi dan efisiensi sistem [6].

Penelitian ini mengintegrasikan teknologi otomasi berbasis Arduino Uno, sensor kelembapan tanah, dan panel surya untuk merancang sprinkler otomatis yang efisien dan berkelanjutan. Fokus utama penelitian adalah menguji pengaruh variasi sudut kemiringan panel surya terhadap debit air yang dihasilkan sprinkler. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan sistem penyiraman hemat energi, mendukung pertanian berkelanjutan, serta berkontribusi pada pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs) poin 15: Life on Land yang menekankan pada pelestarian ekosistem daratan [2].

2. METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan eksperimental dengan merancang dan menguji kinerja sistem sprinkler otomatis berbasis sensor kelembapan tanah yang ditenagai oleh panel surya. Tahapan penelitian meliputi perancangan perangkat keras, pemrograman perangkat lunak, pengujian kinerja sistem, serta analisis data hasil uji coba.

2.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat utama, perangkat pendukung, serta komponen elektronika. Rincian sebagai berikut:

1. Arduino Uno – berfungsi sebagai pusat kendali sistem otomatisasi penyiraman.
2. Sensor kelembapan tanah – digunakan untuk mendeteksi tingkat kelembapan media tanam.
3. Pompa air mini DC – sebagai aktuator yang menyalurkan air ke sprinkler.
4. Relay 5V – berfungsi sebagai saklar elektronik untuk menghubungkan dan memutus arus dari sumber daya ke pompa air sesuai perintah dari mikrokontroler.
5. Sprinkler – berfungsi untuk menyemprotkan air secara merata pada tanaman.
6. Solar cell (panel surya) – sumber energi utama yang mengonversi cahaya matahari menjadi energi listrik.
7. Baterai Li-ion 18650 – sebagai penyimpan energi listrik dari panel surya.
8. Modul pengisian baterai (charger controller type C) – digunakan untuk mengatur proses pengisian dan pelepasan daya pada baterai.
9. LCD 16x2 dengan modul I2C – menampilkan informasi data sensor kelembapan dan status sistem.
10. Pipa paralon dan selang air – sebagai jalur distribusi air menuju sprinkler.
11. Laptop dengan software Arduino IDE – digunakan untuk pemrograman mikrokontroler Arduino Uno.

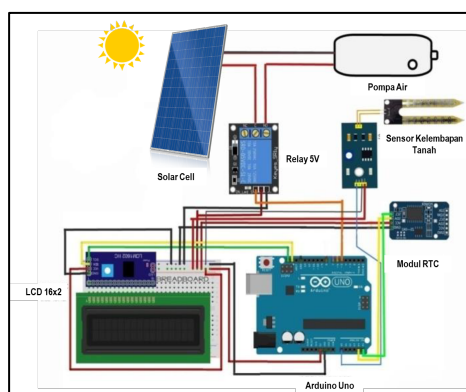
Alat ukur yang digunakan dalam pengujian meliputi beaker glass untuk mengukur volume air, serta stopwatch untuk mengukur lama waktu penyiraman. Seluruh komponen dirangkai menjadi satu sistem penyiraman otomatis yang kemudian diuji pada kondisi lapangan dengan variasi sudut panel surya.

2.2 Langkah kerja

Tahapan penelitian ini dibagi menjadi tiga bagian utama, yaitu perancangan sistem, pemrograman, dan pengujian kinerja alat.

a. Perancangan Sistem

Perancangan dimulai dengan menyiapkan seluruh komponen perangkat keras yang terdiri dari Arduino Uno, sensor kelembapan tanah, relay 5V, pompa air mini DC, sprinkler, solar cell, baterai, serta LCD 16x2 dengan modul I2C. Panel surya dihubungkan dengan modul pengisian baterai untuk menyimpan energi pada baterai Li-ion 18650. Relay dipasang sebagai saklar otomatis yang menghubungkan sumber daya ke pompa air berdasarkan perintah dari Arduino Uno. Semua komponen kemudian dirangkai seperti pada Gambar 1 dan disimpan pada sebuah panel box, dilengkapi pipa paralon dan selang sebagai jalur distribusi air menuju sprinkler.



Gambar 1. Desain Rangkaian Komponen

b. Pemrograman Sistem

Tahap selanjutnya adalah pemrograman menggunakan Arduino IDE. Algoritma utama meliputi:

- Inisialisasi sensor kelembapan tanah untuk membaca kondisi kadar air pada media tanam.
- Logika kontrol yang mengaktifkan pompa air melalui relay apabila nilai kelembapan berada di bawah ambang batas tertentu.
- Pengaturan tampilan LCD untuk menampilkan data waktu, nilai kelembapan, dan status sistem (ON/OFF).
- Manajemen energi agar pompa hanya bekerja ketika sensor mendeteksi kebutuhan, sehingga menghemat konsumsi daya dari panel surya.

Pseudocode:

```

START

Inisialisasi LCD I2C
Inisialisasi pin sensor kelembapan sebagai INPUT
Inisialisasi pin relay sebagai OUTPUT
Set relay OFF (pompa mati)

TAMPILKAN "Sprinkler System Ready" di LCD

LOOP:
    BACA nilai kelembapan dari sensor (soilMoisture)

    TAMPILKAN nilai soilMoisture di LCD

    IF soilMoisture > THRESHOLD (tanah kering) THEN
        AKTIFKAN relay (pompa ON)
        TAMPILKAN "Pump: ON" di LCD
    ELSE
        MATIKAN relay (pompa OFF)
        TAMPILKAN "Pump: OFF" di LCD
  
```

c. Pengujian Kinerja Sistem

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas dan efisiensi alat dalam kondisi nyata. Tiga pengujian utama dilakukan, yaitu:

- Uji kinerja alat: memastikan semua komponen berfungsi sesuai rancangan (sensor membaca data, relay merespons perintah, pompa menyala, sprinkler menyiram).
- Uji kinerja energi: mengukur debit yang dihasilkan oleh panel surya dalam berbagai sudut kemiringan panel surya (30°, 37°, 45°, 53°, dan 60°). Ini termasuk pengukuran volume dengan beker glass dan waktu dengan stopwatch, sehingga dapat diperoleh nilai Debit dengan formula berikut

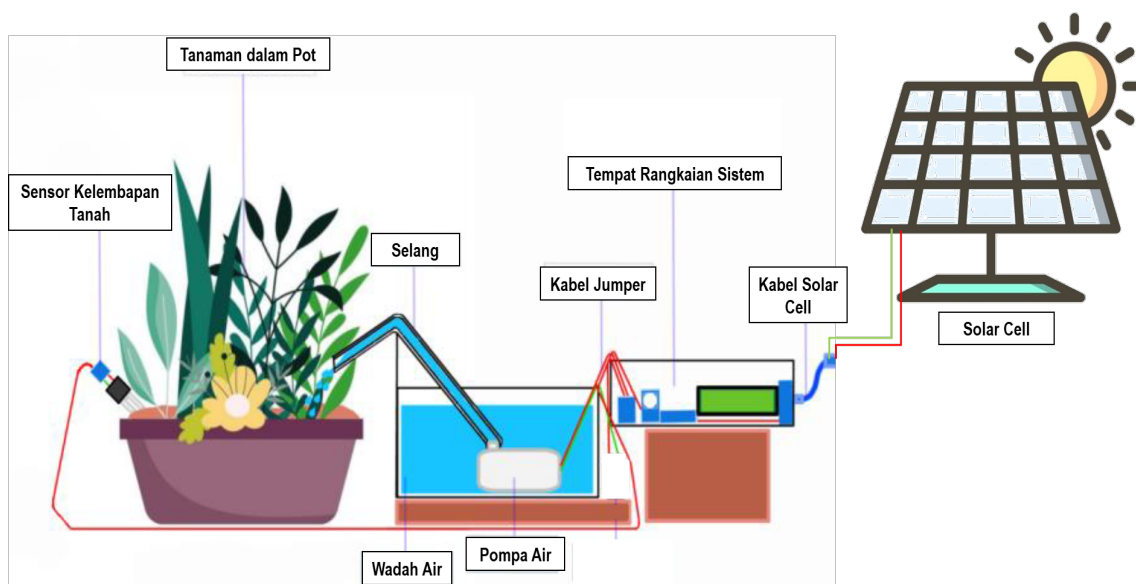
$$Q = Vol/t$$

Q = Debit (m³/s)
 Vol= Volume (m³)
 t = waktu (s)

- Uji Pengaruh Cuaca: mengkaji bagaimana faktor-faktor cuaca (seperti intensitas sinar matahari, suhu, dan kelembapan) mempengaruhi kinerja sistem penyiraman berbasis solar cell. Ini penting untuk merencanakan penggunaan sistem di berbagai kondisi lingkungan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan setelah seluruh rangkaian komponen dirakit sesuai dengan rancangan sistem yang ditunjukkan pada Gambar 1. Sistem terdiri dari panel surya sebagai sumber energi, baterai sebagai penyimpan daya, Arduino Uno sebagai pengendali utama, sensor kelembapan tanah sebagai input, relay sebagai saklar elektronik, serta pompa air yang terhubung ke sprinkler untuk penyiraman tanaman. Gambar 2 sistem rangkaian menunjukkan alur kerja mulai dari deteksi kelembapan pada media tanam hingga proses penyiraman secara otomatis.



Gambar 2. Sistem rangkaian

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja sesuai rancangan. Sensor kelembapan tanah mampu mendeteksi kondisi media tanam, kemudian mengirimkan sinyal ke Arduino Uno. Apabila nilai kelembapan berada di bawah ambang batas, Arduino mengaktifkan relay untuk menyalakan pompa air sehingga sprinkler menyiram tanaman. Kondisi sistem dapat dipantau melalui LCD, yang menampilkan informasi nilai kelembapan dan status sistem (ON/OFF). Hal ini membuktikan bahwa integrasi komponen berjalan dengan baik.

Pengujian debit air dilakukan dengan memvariasikan sudut kemiringan panel surya pada 30°, 37°, 45°, 53°, dan 60°. Hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 1.

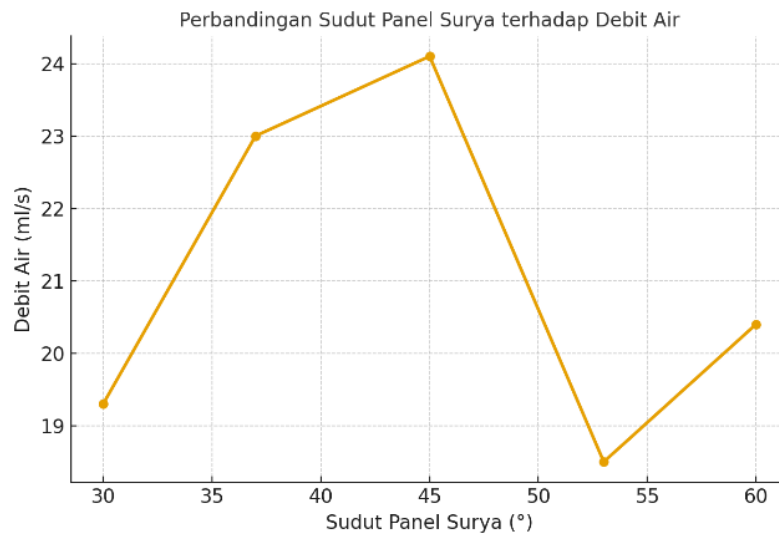
Tabel 1. Hasil Pengujian

No.	Kemiringan	Jam	Cuaca	Volume	Waktu (detik)	Debit (ml/s)
1	30°	10.21	terang	250 ml	12,90	19,3
2	37°	10.23	terang	250 ml	10,85	23
3	45°	10.18	terang	250 ml	10,36	24,1
4	53°	10.20	terang	250 ml	13,48	18,5
5	60°	10.25	terang	250 ml	12,25	20,4

Tabel menunjukkan bahwa sudut panel surya berpengaruh terhadap debit air yang dihasilkan sprinkler. Pada sudut 30°, sistem menghasilkan debit 19,3 ml/s, sedangkan pada sudut 37° meningkat menjadi 23 ml/s. Debit tertinggi diperoleh pada sudut 45° yaitu 24,1 ml/s, sehingga

sudut ini dinyatakan sebagai posisi paling optimal dalam pengoperasian sistem. Pada sudut 53° dan 60° terjadi penurunan debit menjadi masing-masing 18,5 ml/s dan 20,4 ml/s.

Hal ini menunjukkan bahwa sudut optimal panel surya sangat memengaruhi efisiensi energi yang diserap, sehingga berimplikasi langsung terhadap kinerja pompa air. Meskipun total volume air yang disemprotkan pada setiap sudut sama (250 ml), variasi debit memengaruhi lama waktu penyiraman. Pada sudut optimal (45°), waktu penyiraman paling singkat yaitu 10,36 detik, sedangkan pada sudut 53° waktu penyiraman lebih lama mencapai 13,48 detik.



Gambar 3. Grafik perbandingan sudut panel surya terhadap debit air

Gambar 3 memperjelas tren bahwa debit air meningkat hingga sudut optimal 45° , kemudian menurun pada sudut yang lebih besar. Hal ini menunjukkan bahwa sudut panel surya sangat berpengaruh terhadap jumlah energi listrik yang diserap, sehingga memengaruhi daya pompa air dan debit penyiraman.

Hasil pengujian menegaskan bahwa sistem sprinkler otomatis berbasis sensor kelembapan tanah dengan energi surya dapat berfungsi dengan baik, serta efisien dalam penggunaan energi. Efisiensi ini sangat dipengaruhi oleh sudut kemiringan panel surya yang menentukan jumlah energi listrik yang dihasilkan. Temuan ini sejalan dengan penelitian Sukmana et al. (2021), yang menyatakan bahwa sudut panel surya berpengaruh langsung terhadap daya serap energi [6].

Dengan demikian, sistem yang dirancang tidak hanya efektif dalam melakukan penyiraman otomatis tetapi juga mendukung penerapan energi terbarukan di bidang pertanian. Hal ini dapat mengurangi ketergantungan pada listrik konvensional sekaligus mendukung pencapaian SDGs poin 15 (Life on Land) yang berfokus pada keberlanjutan ekosistem daratan.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sistem sprinkler otomatis berbasis sensor kelembapan tanah dengan sumber energi surya dapat berfungsi dengan baik dalam melakukan penyiraman tanaman secara otomatis. Sensor mampu mendeteksi kondisi kelembapan tanah dan mengaktifkan pompa melalui relay ketika nilai kelembapan berada di bawah ambang batas.
2. Sudut panel surya berpengaruh signifikan terhadap debit air yang dihasilkan sprinkler. Debit tertinggi diperoleh pada sudut 45° dengan nilai 24,1 ml/s, sehingga sudut ini dinyatakan sebagai sudut optimal.

3. Walaupun volume air yang dikeluarkan pada setiap sudut sama (250 ml), perbedaan debit memengaruhi lamanya waktu penyiraman. Pada sudut optimal 45° , waktu penyiraman paling singkat yaitu 10,36 detik.
4. Sistem ini efektif, efisien, ramah lingkungan, serta mendukung pemanfaatan energi terbarukan pada bidang pertanian, sehingga dapat menjadi salah satu solusi untuk mendukung pertanian berkelanjutan sesuai dengan SDGs poin 15 (Life on Land).

Saran

1. Penelitian selanjutnya dapat menguji kinerja sistem pada berbagai kondisi cuaca (cerah, mendung, hujan) untuk mengetahui stabilitas suplai daya dari panel surya.
2. Sistem dapat dikembangkan dengan integrasi Internet of Things (IoT) untuk memantau data kelembapan dan status penyiraman secara real-time melalui smartphone.
3. Kapasitas panel surya dan baterai dapat ditingkatkan agar sistem dapat digunakan untuk lahan yang lebih luas atau kebutuhan air yang lebih tinggi.
4. Perlu dilakukan uji lapangan jangka panjang untuk mengetahui ketahanan komponen, khususnya pompa air dan sensor kelembapan tanah, terhadap lingkungan luar ruang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ariyani, E. D. (2021). Rancang Bangun dan Pembuatan Alat Penyiraman Tanaman Otomatis untuk Pemberdayaan Petani Sayuran di Desa Cihanjuang, Kabupaten Bandung Barat. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2, 255–257.
- [2] Bappenas. (2023). Tujuan 15: Ekosistem Daratan. Kementerian PPN/Bappenas. <https://sdgs.bappenas.go.id/17-goals/goal-15/>
- [3] Prasetyo, A., & Utomo, D. P. (2020). Implementasi Sensor Kelembapan Tanah pada Sistem Irigasi Otomatis Berbasis Arduino. *Jurnal Teknologi Elektro*, 11(2), 45–52.
- [4] Rahman, A., Hidayat, R., & Siregar, H. (2020). Analisis Kinerja Panel Surya Berdasarkan Variasi Sudut Kemiringan. *Jurnal Energi Terbarukan*, 9(1), 12–19.
- [5] Setiawan, H., Santoso, B., & Lestari, F. (2022). Sistem Sensor Penyiram Tanaman dengan Modul Arduino Uno. *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, 2549-7952.
- [6] Sukmana, A., Widodo, S., & Nugroho, D. (2021). Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya terhadap Efisiensi Daya Listrik. *Jurnal Energi dan Listrik*, 8(2), 77–85.