

PEMANFAATAN ENERGI PANEL SURYA UNTUK SMART GARDEN BERBASIS INTERNET OF THINGS MENGGUNAKAN APLIKASI BLYNK

Rio Julianto Sukarman^{*)}, Azka Luthfi Nugraha, Syahrul Ramadhan.

Departemen Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia
Program Studi Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia

^{*)} E-mail: 2110631150078@student.unsika.ac.id.

Abstrak

Pertanian modern menghadapi tantangan dalam pengelolaan sumber daya air untuk tanaman yang sulit tumbuh. Sistem irigasi tradisional sering tidak efisien, sehingga dibutuhkan inovasi teknologi. Penelitian ini merancang sistem *Smart Garden* berbasis *internet of things* (IoT) dengan aplikasi Blynk dan panel surya sebagai sumber energi untuk pengawasan dan penyiraman otomatis. Sistem ini memantau kelembapan tanah dan suhu udara, serta menyiram tanaman sesuai kebutuhan. Metode eksperimen digunakan untuk menguji sistem, dan analisis data menunjukkan peningkatan efisiensi penggunaan air hingga 49,7% dibandingkan irigasi konvensional. Penggunaan panel surya menjadikan sistem lebih ramah lingkungan, terutama di daerah terpencil. Rancangan *Smart Garden* ini menawarkan solusi untuk irigasi tanaman dataran tinggi dan mendukung pertanian berkelanjutan melalui teknologi hemat energi.

Kata kunci: Smart Garden, Internet of Things, Panel Surya

Abstract

Modern agriculture faces challenges in managing water resources for difficult-to-grow crops. Traditional irrigation systems are often inefficient, requiring technological innovation. This study designs a Smart Garden system based on the internet of things (IoT) with the Blynk application and solar panels as an energy source for automatic monitoring and watering. This system monitors soil moisture and air temperature, and waters plants as needed. Experimental methods were used to test the system, and data analysis showed an increase in water use efficiency of up to 49,7% compared to conventional irrigation. The use of solar panels makes the system more environmentally friendly, especially in remote areas. This Smart Garden design offers a solution for highland crop irrigation and supports sustainable agriculture through energy-efficient technology

Keywords: Smart Garden, Internet of Things, Solar Panel

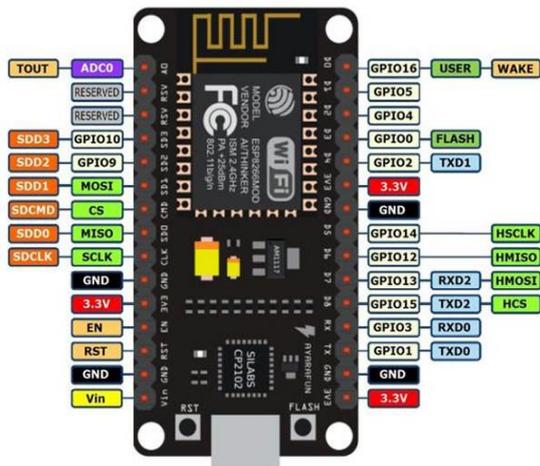
1. Pendahuluan

Pertanian merupakan sektor penting yang mendukung kehidupan masyarakat, baik dalam skala lokal maupun global. Salah satu tantangan utama dalam bidang pertanian adalah efisiensi penggunaan air untuk penyiraman tanaman. Di daerah dengan suhu tinggi dan curah hujan rendah, pengelolaan air menjadi sangat krusial. Selain itu, banyak tanaman dataran tinggi yang sulit tumbuh di dataran rendah karena perbedaan suhu dan kelembaban tanah yang signifikan. Seiring dengan perkembangan teknologi, inovasi dalam sistem irigasi pertanian mulai dikembangkan untuk mengatasi masalah ini[1]. Salah satu inovasi tersebut adalah sistem penyiraman tanaman otomatis yang dilengkapi dengan sensor pendeteksi kelembaban tanah dan menggunakan sumber listrik dari panel surya. Penggunaan sensor kelembaban tanah memungkinkan sistem untuk mengatur penyiraman secara otomatis berdasarkan kebutuhan tanaman, sehingga penggunaan air menjadi lebih efisien. Selain itu, penggunaan panel surya sebagai sumber listrik membuat sistem ini lebih ramah lingkungan dan dapat

diterapkan di daerah terpencil yang belum terjangkau listrik. Di sisi lain, perancangan sistem ini melibatkan integrasi teknologi berbasis mikroprosesor, seperti NodeMCU, yang bertindak sebagai pusat kontrol. NodeMCU memproses data dari sensor suhu, sensor kelembaban tanah, dan sensor kelembaban udara untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air sesuai kondisi[1]. Dengan begitu, sistem ini dapat menjaga keseimbangan suhu dan kelembaban yang sesuai dengan kebutuhan tanaman. Selain itu, keberadaan pompa air dan nozzle yang mampu menghasilkan embun memberikan pendinginan tambahan untuk area penanaman, sehingga membantu menciptakan suhu yang lebih sejuk[2]. Melalui implementasi sistem ini, diharapkan berbagai manfaat dapat dicapai, antara lain: efisiensi dalam penggunaan air, diversifikasi pertanian di berbagai wilayah, pemanfaatan energi terbarukan, serta pengurangan dampak lingkungan dari penggunaan listrik konvensional. Penelitian ini juga memberikan kontribusi penting dalam meningkatkan produktivitas petani melalui teknologi yang praktis, terjangkau, dan ramah lingkungan. Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan sistem penyiraman otomatis berbasis

sensor kelembaban tanah yang ditenagai oleh panel surya. Selain itu, penelitian ini juga bertujuan untuk menguji efektivitas sistem dalam mendukung pertumbuhan tanaman dataran tinggi di lingkungan dataran rendah yang memiliki suhu panas. Salah satu teknologi kunci dalam sistem otomatisasi pertanian adalah NodeMCU, sebuah platform berbasis open-source yang menggunakan modul Wi-Fi ESP8266 atau ESP32. NodeMCU dirancang untuk mempermudah pengembangan sistem IoT dengan dukungan kemampuan pemrograman yang fleksibel, konektivitas nirkabel, dan harga yang terjangkau[3]. Dengan kemampuannya untuk membaca data dari berbagai sensor dan mengontrol perangkat output seperti pompa air, NodeMCU menjadi solusi ideal untuk mendukung inovasi dalam sistem penyiraman otomatis berbasis IoT.

1.1 ESP8266 Node MCU



Gambar 1. ESP8266 Node MCU

NodeMCU memiliki fitur utama seperti konektivitas Wi-Fi bawaan, pin GPIO untuk menghubungkan berbagai sensor, port USB untuk pemrograman, serta pengaturan daya yang mendukung sumber energi 5V atau 3.3V. Selain itu, NodeMCU dapat diprogram melalui Arduino IDE, yang memiliki pustaka dan komunitas luas untuk memudahkan pengembangan proyek[4].

Dalam sistem penyiraman otomatis, NodeMCU bertindak sebagai pusat kendali yang menerima data dari berbagai sensor, seperti sensor kelembaban tanah, sensor suhu, dan sensor kelembaban udara. Data ini digunakan untuk mengontrol pompa air, yang akan menyiram tanaman sesuai kebutuhan[5]. Konektivitas Wi-Fi pada NodeMCU juga memungkinkan sistem ini diakses dan dipantau dari jarak jauh, memberikan kemudahan bagi petani untuk mengelola irigasi secara real-time[6].

Selain fungsionalitasnya, NodeMCU didukung oleh sumber daya yang ramah lingkungan. Dalam sistem ini,

panel surya digunakan sebagai sumber energi untuk menjalankan NodeMCU dan komponen lainnya. Energi dari matahari disimpan dalam baterai, yang menyediakan daya bagi sistem bahkan di malam hari[7]. Dengan demikian, teknologi ini cocok digunakan di daerah terpencil yang tidak terjangkau listrik konvensional. Pemanfaatan NodeMCU dalam pertanian tidak hanya memberikan solusi untuk efisiensi penggunaan air tetapi juga membuka peluang untuk meningkatkan produktivitas tanaman[8].

1.2 Sensor Suhu DS18B20



Gambar 2. Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 merupakan komponen penting dalam sistem otomatisasi pertanian karena kemampuannya mengukur suhu secara akurat dalam rentang -55°C hingga $+125^{\circ}\text{C}$ dengan akurasi hingga $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Sensor ini menggunakan protokol komunikasi digital 1-Wire, yang memungkinkan pengiriman data melalui satu kabel, sehingga hemat pin pada mikrokontroler seperti NodeMCU[9]. Dengan fitur multi-drop, beberapa sensor DS18B20 dapat dihubungkan dalam satu jalur untuk memantau suhu di berbagai titik, seperti suhu tanah, lingkungan tanaman, atau air penyiraman. Selain itu, tersedia versi tahan air yang memungkinkan penggunaannya di lingkungan lembap atau basah[10]. Dalam penelitian ini, DS18B20 digunakan untuk memantau suhu lingkungan tanaman dan memberikan data yang diproses oleh NodeMCU untuk mengontrol perangkat seperti pompa air atau sistem misting, guna menciptakan kondisi suhu optimal bagi tanaman dataran tinggi yang ditanam di dataran rendah. Dengan konsumsi daya rendah dan kemampuan integrasi dengan panel surya, sensor ini menjadi solusi hemat energi yang mendukung keberlanjutan dan efisiensi dalam sistem pertanian berbasis IoT.

1.3 Capacitive Soil Moisture V1.2



Gambar 3. Capacitive Soil Moisture V1.2

Capacitive Soil Moisture Sensor adalah perangkat penting dalam sistem irigasi otomatis yang dirancang untuk mengukur kadar air dalam tanah secara akurat menggunakan prinsip kapasitansi[10]. Sensor ini mendeteksi perubahan medan kapasitif di sekitar pelat sensor akibat kadar air tanah, di mana air dengan konstanta dielektrik tinggi meningkatkan kapasitansi yang terdeteksi. Berbeda dari sensor berbasis resistansi, sensor ini lebih tahan lama karena tidak memiliki elektroda logam yang langsung bersentuhan dengan tanah, sehingga tidak mudah berkarat. Dalam penelitian ini, sensor ini digunakan untuk memantau kelembaban tanah secara real-time, dengan data yang diolah oleh NodeMCU untuk mengaktifkan atau menonaktifkan pompa air secara otomatis sesuai kebutuhan tanaman. Dengan integrasi ke dalam sistem berbasis IoT, sensor ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan air tetapi juga mempermudah pemantauan dan pengelolaan irigasi secara jarak jauh, sehingga mendukung keberlanjutan dan produktivitas pertanian modern.

1.4 Sensor Kelemba Udara DHT11



Gambar 4. Sensor Kelemba Udara DHT11

DHT11 adalah sensor digital yang digunakan untuk mengukur kelembapan udara dan suhu lingkungan, yang berperan penting dalam menciptakan lingkungan mikro yang optimal untuk pertumbuhan tanaman. Sensor ini mengukur kelembapan relatif dalam rentang 20%-90% RH dengan akurasi $\pm 5\%$ dan suhu antara 0°C hingga 50°C dengan akurasi $\pm 2^{\circ}\text{C}$. DHT11 bekerja menggunakan kapasitor polimer untuk mendeteksi kelembapan dan termistor untuk mengukur suhu, dengan data yang dikirimkan secara digital melalui satu jalur data ke mikrokontroler seperti NodeMCU[11]. Dalam penelitian ini, DHT11 digunakan untuk memantau kondisi lingkungan di sekitar tanaman, terutama tanaman dataran tinggi seperti stroberi, yang memerlukan kelembapan relatif tinggi (80%-90%) dan suhu terkendali. Data dari sensor ini diproses oleh NodeMCU

untuk mengaktifkan perangkat seperti pompa air atau sistem mist nozzle guna menjaga suhu dan kelembapan udara dalam batas optimal. Dengan konsumsi daya rendah, sensor ini dapat dioperasikan secara berkelanjutan menggunakan panel surya, menjadikannya solusi hemat energi yang ideal untuk aplikasi berbasis IoT. Integrasi DHT11 dalam sistem irigasi otomatis ini tidak hanya mendukung efisiensi penggunaan air tetapi juga memastikan pertumbuhan tanaman yang optimal di lingkungan dataran rendah, sehingga mendukung produktivitas pertanian yang lebih berkelanjutan[12].

1.5 Panel Surya



Gambar 5. Panel Surya

Panel sel surya adalah lapisan tipis bahan semikonduktor, termasuk silikon murni (Si) dan semikonduktor lainnya. Energi dari sinar matahari yang diserap oleh panel surya ini akan menghasilkan listrik arus searah (DC), yang dapat diubah menjadi listrik arus bolak-balik (AC) jika diperlukan[13]. Yang terpenting, panel surya akan terus menghasilkan listrik bahkan ketika cuaca mendung selama masih ada cahaya.

1.6 Blynk



Gambar 6. Blynk

Blynk adalah layanan aplikasi yang memungkinkan pengendalian mikrokontroler melalui internet, yang dapat diakses pada platform iOS dan Android. Aplikasi ini memungkinkan pengguna untuk mengontrol dan memonitor perangkat dari jarak jauh, selama terhubung ke koneksi internet yang stabil[14]. Selain itu, aplikasi ini dapat menampilkan data dari sensor. Blynk terdiri dari tiga komponen utama, yaitu aplikasi, server, dan library. Fungsi utama dari server Blynk adalah menangani semua komunikasi antara smartphone dan mikrokontroler.

2. Metode

2.1. Diagram Tapan Penelitian



Gambar 7. Tahapan Penelitian

Dari Gambar diagram tahapan penelitian, dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Studi literatur
Merupakan tahap awal dimana peneliti mencari referensi dari penelitian-penelitian terdahulu terkait dengan penelitian yang akan dilakukan untuk mempelajari dan memahami teori yang berhubungan dengan penelitian.
2. Perancangan alat
Pada tahap ini meliputi pembuatan alat, perancangan hardware, dan perancangan software yang sudah terintegrasi dengan internet of things.
3. Implementasi alat
Pada tahap ini merupakan tahap dimana prototype dibuat atau diwujudkan dalam bentuk prototype berdasarkan dari desain sistem dan desain alat.
4. Pengujian alat
Setelah melewati beberapa tahap, maka dilakukan pengujian pada prototipe. Tahap ini merupakan tahap akhir dari proses perancangan dan pembuatan prototipe Smart Garden panel surya berbasis internet of things. Apakah prototype dapat bekerja dengan baik sesuai dengan program.
5. Analisa data
Analisis data merupakan proses pengumpulan data

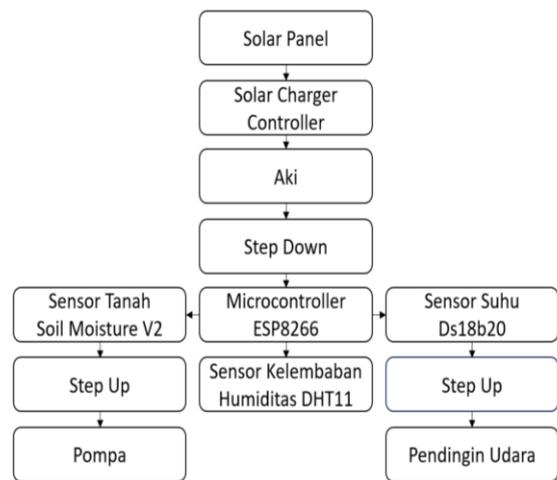
<https://ejournal.undip.ac.id/index.php/transmisi>

yang diperoleh dari kinerja alat pembersih panel surya.

6. Kesimpulan

Kesimpulan merupakan ringkasan dari hasil penelitian. Dari hasil analisis data yang dilakukan pada saat pengujian alat.

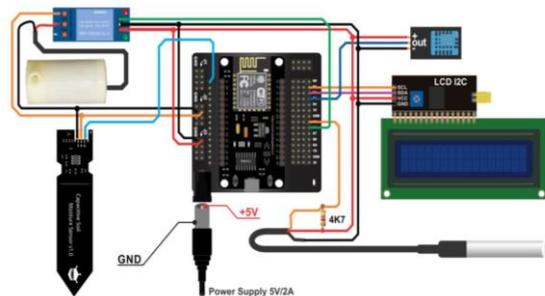
Pengujian sistem bertujuan untuk menguji alat yang dibuat apakah dapat beroperasi dengan baik dan sesuai dengan rancangan sebelumnya. Pengujian sistem dapat dilihat pada gambar flowcart sistem.



Gambar 8. Flow Chart Sistem

Daya yang dihasilkan oleh panel surya disimpan ke aki menggunakan solar charger controller, tegangan yang dialirkan oleh aki 12V/3A diturunkan menggunakan step down DC to DC menjadi 5V/1A digunakan untuk memberikan daya pada NodeMCU, Setelah perintah ON diaktifkan maka relay akan menyalurkan daya 5V/1A kemudian diperbesar oleh step up DC to DC menjadi 12V/3A dialirkan ke pompa dan pendingin udara, data ON/OFF dari sensor disesuaikan dengan kebutuhan tanaman dimana pada penelitian ini popa akan menyala saat kelembapan tanah 65% dan akan mati saat kelembapan tanah 90%.

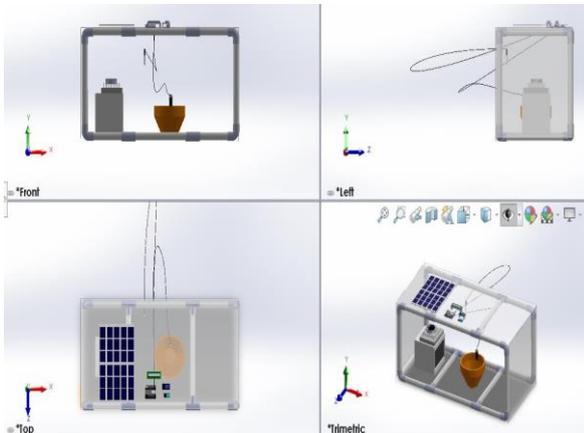
2.2 Skema Sensor Smart Garden



Gambar 9. Skema Sensor Smart Garden

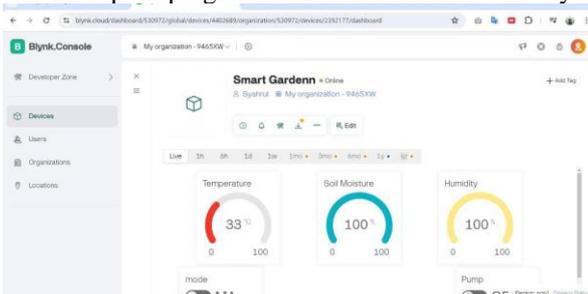
Prototype dibuat dengan rangka menggunakan pipa berukuran 1 inch dilapisi dengan palstik UV, dimana mikrokontroler menggunakan Node MCU V3, Board Node MCU, LCD
DOI: 10.14710/transmisi.26.3.139-146 | Hal. 142

Display 16x2, Modul I2C LCD, Relay module 1ch, Sensor Soil Moisture, Sensor DS1820, Sensor Humidity DHT11, Dc to Dc XL6009, pompa, Mist nozzle.



Gambar 10. Desain Prototype Smart Garden

Desain pada web server blynk, dimana proses ini membuat display yang akan dimonitoring dan membungkus pada virtual kode pada program mikrokontroler ke server blynk.



Gambar 11. Desain Web Server Blynk

Desain pada web server blynk, dimana proses ini membuat display yang akan dimonitoring dan membungkus pada virtual kode pada program mikrokontroler ke server blynk, dengan aplikasi ini petani bisa memonitoring kadar air dalam tanah dan suhu udara di sekitar tanaman secara langsung dan data bisa disimpan untuk melihat pertumbuhan dari tanaman.



Gambar 12. Desain Aplikasi Blynk

Pada aplikasi blynk menampilkan tempratur suhu, kadar air <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/transmisi>

dalam tanah dan kelembapan udara secara realtime, untuk melihat kinerja pompa, pendingin udara dan kelembapan udara bisa tersimpan untuk memonitoring kinerja alat. Monitoring secara realtime hanya bisa dilihat Ketika alat terhubung dengan koneksi internet.

2.3 Analisis Data

Identifikasi ParameterData yang digunakan untuk analisis berasal dari sensor:

- **Sensor kelembapan tanah:** Digunakan untuk mengetahui kebutuhan air.
- **Sensor suhu:** Digunakan untuk memahami kondisi lingkungan.
- **Sensor kelembapan udara:** Digunakan untuk mendukung pemahaman tentang tingkat evaporasi.

Perbandingan Efisiensi:

Efisiensi penggunaan air dihitung dengan membandingkan konsumsi air antara sistem irigasi otomatis berbasis IoT dengan sistem irigasi konvensional.

Rumus Efisiensi Penghematan Air:

$$E = \frac{C_k - C_s}{C_k} \times 100\%$$

E = Efisiensi penghematan air (%)

C_k = Konsumsi air pada sistem konvensional (liter)

C_s = Konsumsi air pada sistem otomatis berbasis IoT (liter)

Analisis Real-Time

Data real-time dari NodeMCU digunakan untuk mengontrol kapan pompa air diaktifkan. Hasil analisis data dapat diuraikan dalam tabel dan grafik untuk menunjukkan pola konsumsi air selama periode pengujian.

Uji Efektivitas Sistem

Efektivitas sistem diuji dengan mengukur:

1. Kelembapan tanah sebelum dan sesudah sistem diaktifkan.
2. Pertumbuhan tanaman yang menggunakan sistem otomatis dibandingkan dengan yang menggunakan penyiraman manual.

Pertumbuhan Tanaman:

$$P = \frac{H_s}{H_k}$$

P = Perbandingan pertumbuhan tanaman (kali lipat)

H_s = Tinggi tanaman dengan sistem otomatis (cm)

H_k = Tinggi tanaman dengan sistem manual (cm)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil pengambilan data

Setelah dilakukan pengambilan data selama satu bulan pada prototype smart garden didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Pengujian Prototype

Hari	Pompa (ON < 60% OFF>90%)	Suhu Harian	Pendingin Udara (OFF <30°C ON>30°C)
1	06:45, 14:30, 18:15	35°C	12:00-15:30 (ON)
2	07:10, 13:45, 19:00	25°C	OFF
3	06:30, 15:00	28°C	OFF
4	07:20, 14:15, 18:45	27°C	OFF
5	07:00, 16:30	28°C	OFF
6	06:50, 15:30, 19:10	35°C	12:00-15:30 (ON)
7	07:30, 14:00	28°C	OFF
8	06:45, 16:10	32°C	12:00-15:30 (ON)
9	07:00, 13:30, 18:00	26°C	OFF
10	07:15, 14:45	30°C	OFF
11	06:50, 15:30	30°C	OFF
12	07:10, 14:10, 18:30	30°C	OFF
13	06:40, 16:20	35°C	12:00-15:30 (ON)
14	07:20, 14:50	31°C	12:00-15:30 (ON)
15	07:10, 13:40, 17:45	33°C	12:00-15:30 (ON)
16	06:55, 14:15	30°C	OFF
17	07:00, 15:00	33°C	12:00-15:30 (ON)
18	07:30, 14:30, 18:50	35°C	12:00-15:30 (ON)
19	07:10, 14:10	25°C	OFF
20	06:50, 15:30	35°C	12:00-15:30 (ON)
21	07:00, 14:40	32°C	12:00-15:30 (ON)
22	06:40, 15:00, 19:00	27°C	OFF
23	07:20, 13:50	26°C	OFF
24	06:50, 15:40, 18:50	31°C	12:00-15:30 (ON)
25	07:00, 14:30	26°C	OFF
26	07:15, 13:40, 18:10	27°C	OFF
27	06:45, 15:20	27°C	OFF
28	07:20, 14:10, 18:30	27°C	OFF
29	06:50, 15:10	34°C	12:00-15:30 (ON)
30	07:00, 14:40, 18:40	30°C	OFF

Berdasarkan data pengoperasian pompa dan pendingin udara selama 30 hari, didapatkan bahwa pompa air dinyalakan rata-rata 2-3 kali per hari, terutama pada pagi, siang, dan sore hari untuk memastikan kelembapan tanah tetap optimal. Pola ini memberikan variasi waktu ON yang terdistribusi merata untuk mendukung efisiensi penggunaan air. Sementara itu, pendingin udara hanya menyala saat suhu mencapai lebih dari 30°C, dengan rata-rata durasi operasi harian selama 3-4 jam di siang hari, dan secara otomatis mati jika suhu turun di bawah 30°C, menandakan pengoperasiannya berbasis kebutuhan lingkungan mikro. Kombinasi pola operasional ini menunjukkan pendekatan yang hemat energi dan air, sekaligus mendukung lingkungan yang stabil untuk tanaman, dengan penggunaan perangkat berbasis sensor untuk memastikan efektivitas kerja sesuai dengan kondisi aktual lapangan. Hal ini mencerminkan implementasi teknologi yang adaptif dan berkelanjutan untuk pengelolaan sumber daya secara efisien.

Tabel 2. Hasil Analisis Data Pengujian Prototype

Day	Water (Conventional) (liters)	Water (Automatic Varied) (liters)	Water Savings (liters)	Efficiency (%)	Growth (Conventional) (cm)	Growth (Automatic) (cm)
1	1	0.36	0.64	64.0	2.0	3.6
2	1	0.6	0.4	40.0	3.0	5.4
3	1	0.37	0.63	63.0	4.0	7.2
4	1	0.62	0.38	38.0	5.0	9.0
5	1	0.38	0.62	62.0	6.0	10.8
6	1	0.69	0.31	31.07	7.0	12.6
7	1	0.31	0.69	69.0	8.0	14.4
8	1	0.66	0.33	34.0	9.0	16.2
9	1	0.34	0.66	65.9	10.0	18.0
10	1	0.61	0.39	39.0	11.0	19.8
11	1	0.39	0.61	61.0	12.0	21.6
12	1	0.69	0.31	31.07	13.0	23.4
13	1	0.4	0.6	60.0	14.0	25.2
14	1	0.67	0.33	32.9	15.0	27.0
15	1	0.38	0.62	62.0	16.0	28.8
16	1	0.66	0.34	34.0	17.0	30.6
17	1	0.36	0.64	64.0	18.0	32.4
18	1	0.7	0.30	30.04	19.0	34.2
19	1	0.37	0.63	63.0	20.0	36.0
20	1	0.66	0.33	34.0	21.0	37.2
21	1	0.33	0.66	67.0	22.0	39.6
22	1	0.62	0.38	38.0	23.0	41.4
23	1	0.39	0.61	61.0	24.0	43.2
24	1	0.62	0.38	38.0	25.0	45.0
25	1	0.36	0.64	64.0	26.0	46.8
26	1	0.68	0.32	31.99	27.0	48.6
27	1	0.3	0.7	70.0	28.0	50.4
28	1	0.68	0.32	31.99	29.0	52.2
29	1	0.33	0.66	67.0	30.0	54.0
30	1	0.63	0.37	37.0	31.0	55.8

- Sistem Konvensional (manual): Konsumsi air rata-rata 1 liter/hari.
- Sistem Otomatis (IoT): Konsumsi air rata-rata 0,55 liter/hari.
- Hasil pertumbuhan tanaman konvensional: Tinggi rata-rata tanaman 31 cm setelah 1 bulan.
- Hasil pertumbuhan tanaman otomatis: Tinggi rata-rata tanaman 55,8 cm setelah 1 bulan.

Perhitungan Efisiensi Penghematan Air

Menggunakan rumus:

$$E = \frac{C_k - C_s}{C_k} \times 100\%$$

$$C_k = 1 \text{ liter/hari} \times 30 \text{ hari} = 30 \text{ liter}$$

$$C_s = 15,16 \text{ liter (data hasil pengujian)}$$

$$E = \frac{30 - 15,16}{30} \times 100\%$$

$$E = \frac{14,84}{30} \times 100\% = 49,47\%$$

Efisiensi penghematan air selama 1 bulan adalah **49,47%**.

Perhitungan Perbandingan Pertumbuhan Tanaman

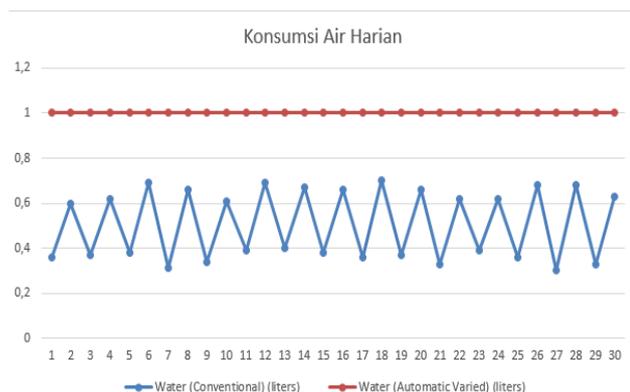
Menggunakan rumus:

$$P = \frac{H_s}{H_k}$$

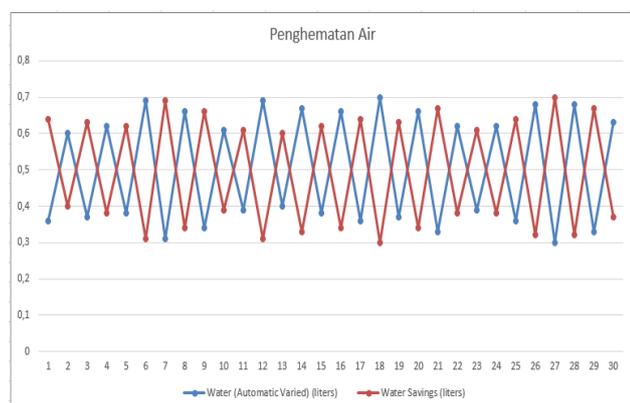
$$P = \frac{55,8}{31} = 1.8$$

Pertumbuhan tanaman pada sistem otomatis adalah **1.8 kali lebih cepat** dibandingkan sistem konvensional.

Penggunaan air dengan sistem konvensional selama 30 hari tetap konstan di angka 1 liter per hari, menghasilkan total konsumsi air sebesar 30 liter. Sebaliknya, sistem otomatis berbasis IoT menunjukkan penggunaan air yang lebih efisien dengan konsumsi bervariasi antara 0.3 hingga 0.7 liter per hari, dengan rata-rata harian 0.55 liter dan total konsumsi selama 30 hari sebesar 16.5 liter. Efisiensi penghematan air harian bervariasi antara 30% hingga 70%, dengan rata-rata penghematan sebesar 47.9% dibandingkan metode konvensional. Dengan demikian, total air yang dihemat oleh sistem otomatis selama 30 hari mencapai 13.5 liter, menunjukkan efektivitas sistem dalam mengurangi penggunaan air tanpa mengorbankan kebutuhan tanaman. Data Konsumsi Air dan Efisiensi, berikut merupakan grafik pengujian alat selama 1 bulan pada gambar ..



Gambar 13. Grafik Konsumsi Air Harian



Gambar 13. Grafik Penghematan Air

Pertumbuhan tanaman dengan metode konvensional meningkat secara linear, dimulai dari 2 cm pada hari pertama hingga mencapai 31 cm pada hari ke-30, dengan rata-rata pertumbuhan harian sebesar 1 cm. Sementara itu, sistem otomatis menghasilkan pertumbuhan yang jauh lebih cepat, yaitu dari 3.6 cm pada hari pertama hingga mencapai 55.8 cm

pada hari ke-30, dengan rata-rata pertumbuhan harian sebesar 1.73 cm. Perbandingan pertumbuhan menunjukkan bahwa tanaman yang disiram dengan sistem otomatis tumbuh 1.8 kali lebih cepat dibandingkan dengan metode konvensional. Hal ini menunjukkan bahwa sistem otomatis tidak hanya hemat air tetapi juga mampu meningkatkan kualitas dan kuantitas pertumbuhan tanaman secara signifikan.



Gambar 13. Perbandingan Pertumbuhan Tanaman

Secara keseluruhan, sistem otomatis berbasis IoT menunjukkan efisiensi penghematan air yang luar biasa, yaitu sebesar 47,9% secara rata-rata dibandingkan metode konvensional, dengan total penghematan air sebesar 13.5 liter selama 30 hari. Selain itu, sistem ini juga mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman hingga 80% lebih cepat dibandingkan metode konvensional, mencerminkan efisiensi dalam penggunaan air dan efektivitas dalam mempercepat produktivitas tanaman. Dengan kemampuan untuk menyesuaikan kebutuhan penyiraman secara real-time, sistem ini menjadi solusi inovatif yang ramah lingkungan dan hemat sumber daya untuk mendukung sektor pertanian di wilayah dengan keterbatasan air.

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air hingga 49,7%, dengan konsumsi air rata-rata 0,55 liter/hari, dibandingkan metode irigasi konvensional yang rata-rata membutuhkan 1 liter/hari. Selain itu, pertumbuhan tanaman yang menggunakan sistem otomatis ini meningkat hingga 80% lebih cepat, dengan rata-rata tinggi tanaman mencapai 55,8 cm dalam 30 hari, dibandingkan dengan 31 cm pada sistem manual.

Komponen utama yang digunakan meliputi NodeMCU ESP8266, sensor suhu DS18B20, sensor kelembapan tanah Capacitive Soil Moisture V1.2, dan sensor kelembapan udara DHT11, yang dikendalikan melalui aplikasi Blynk untuk monitoring dan pengendalian jarak jauh. Sistem ini menyiram tanaman saat kelembapan tanah di bawah 65% dan berhenti saat mencapai 90%, sementara pendingin udara bekerja otomatis saat suhu melebihi 30°C dan berhenti jika suhu turun di bawah 30°C. Energi panel surya dikonversi dan disimpan dalam baterai untuk memastikan sistem dapat beroperasi secara berkelanjutan, bahkan di malam hari.

Dalam pengujian, sistem menunjukkan efisiensi luar biasa, dengan total air yang dihemat selama 30 hari mencapai 13,5 liter, serta peningkatan output tanaman yang signifikan melalui pengelolaan mikro lingkungan yang optimal. Sistem ini cocok untuk daerah terpencil karena memanfaatkan energi terbarukan, mendukung pertanian berkelanjutan, dan mengurangi dampak lingkungan dari penggunaan listrik konvensional. Dengan demikian, penelitian ini menawarkan solusi inovatif dan efisien untuk tantangan dalam pengelolaan sumber daya air di sektor pertanian modern.

Referensi

- [1]. R. Hasrul, "Sistem Pendinginan Aktif Versus Pasif Di Meningkatkan Output Panel Surya," *Jurnal Sains, Energi, dan Teknologi Industri*, vol. 5, no. 2, pp. 79–87, 2021.
- [2]. I. T. Yuniahastuti, et al., "Optimasi Perancangan Solar Cell Cleaner Menggunakan Wiper," in *Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat LPPM UNIPMA Tahun 2023*, pp. 38–45, 2023.
- [3]. I. B. G. Widiantera and N. Sugiarta, "Pengaruh Penggunaan Pendingin Air Terhadap Output Panel Surya Pada Sistem Tertutup," *Matrix Jurnal Manajemen Teknologi dan Informasi*, vol. 9, no. 3, pp. 110–115, 2019, doi: 10.31940/matrix.v9i3.1582.
- [4]. L. D. Jathar, et al., "Comprehensive Review of Environmental Factors Influencing the Performance of Photovoltaic Panels," *Environmental Pollution*, vol. 326, p. 121474, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.envpol.2023.121474.
- [5]. N. S. Gunawan, N. I.N, and R. Irawati, "Unjuk Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) 26.4 KWP Pada Sistem Smart Microgrid UNUD," *Spektrum Universitas Udayana*, vol. 6, pp. 1–9, Sept. 2019.
- [6]. Abdullah, et al., "Sistem Pendinginan Permukaan Panel Surya Dalam Optimalisasi Kerja Panel Surya Dengan Monitoring Internet of Things," *RELE: Rekayasa Elektronika dan Energi Jurnal Teknik Elektro*, vol. 6, no. 1, 2023, doi: 10.30596/rele.v6i1.15491.
- [7]. H. Isyanto, et al., "Perancangan Alat Pembersih Panel Surya Berbasis Internet of Things," *Resistensi (Elektronika, Telekomunikasi, dan Tenaga Listrik)*, vol. 6, no. 2, pp. 125–132, 2023.
- [8]. H. Rumahorbo and T. Dewayanto, "Pengaruh Transformasi Digital: Kecerdasan Buatan dan Internet of Things Terhadap Peran dan Praktik Audit Internal," *Diponegoro Journal of Accounting*, vol. 12, pp. 1–14, 2023.
- [9]. M. R. W. Kusuma, et al., "Rancang Bangun Sistem Pembersih Otomatis Pada Solar Panel Menggunakan Wiper Berbasis Mikrokontroler,".
- [10]. D. A. Wicaksono, et al., "Peningkatan Efisiensi Panel Surya Pada Instalasi Rooftop Berbasis Internet Of Things (IoT)," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi*, vol. 3, no. 2, pp. 104–110, 2021.
- [11]. P. Pawitra, et al., "Analisa Radiasi Sinar Matahari Terhadap Panel Surya 50 WP," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 48–54, 2021.
- [12]. J. Susanto, et al., "Sistem Monitoring Suhu Block Heater Sealing Pada Mesin Packaging Berbasis IOT Menggunakan Mikrokontroler ESP32," *Jurnal Inkofar*, vol. 7, no. 2, pp. 174–183, 2023.
- [13]. D. H. Wicaksono, et al., "Monitoring Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin Berbasis Internet of Things," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 14, no. 2, p. 118, 2023, doi: 10.22441/jte.2023.v14i2.010.
- [14]. A. Sinaga and Aswardi, "Rancangan Alat Penyiram dan Pemupukan Tanaman Otomatis Menggunakan RTC dan Soil Moisture Sensor Berbasis Arduino," *Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 1, no. 2, pp. 150–157, 2020.