

DESAIN SISTEM PENYEMPROTAN TANAMAN BERBASIS IOT DENGAN SUMBER CATU DAYA PLTS SISTEM TRACKING

Wingki Albet¹, Abraham Lomi², Alfarid Hendro Yuwono³

Teknik Elektro S1, Institut Teknologi Nasional Malang, Malang Indonesia

¹wingkialbet030301@gmail.com, ²abraham@lecturer.itn.ac.id, ³alfaridhendroyuwono@lecturer.itn.ac.id

Abstrak— Penggunaan energi yang efisien dalam sektor pertanian merupakan tantangan yang semakin penting di era modern. Perkembangan teknologi energi terbarukan dan *Internet of Things (IoT)* membuka peluang baru untuk mengatasi masalah ini. Penelitian ini mengintegrasikan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sistem tracking dengan sistem penyemprotan tanaman otomatis berbasis IoT. Fokus utama penelitian adalah optimalisasi penggunaan energi matahari dan menganalisa daya untuk penyemprotan tanaman pertanian. Metode yang digunakan meliputi perancangan sistem pelacak matahari (solar tracker), integrasi sensor kelembaban tanah, dan pengembangan antarmuka IoT menggunakan platform Thingspeak. Hasil pengujian menunjukkan bahwa energi yang dihasilkan panel surya sebesar 706,08 Wh dengan efisiensi 10,2 %. Sementara efisiensi penggunaan sebesar 8,8 % dan beban pompa mengkonsumsi energi sebanyak 62,79 Wh. Sistem penyemprotan otomatis berdasarkan sensor kelembaban dengan pompa hanya aktif saat kelembaban tanah mencapai 80%. Dengan total energi sekian dapat menyemprot selama 5,6 jam dengan volume air sebanyak 1680 Liter dan luas area penyemprotan 336 m².

Kata Kunci— Analisa Daya dan Energi, Pembangkit Listrik Tenaga Surya Sistem tracking, Penyemprot Tanaman Otomatis, IoT (*Internet of Things*).

I. PENDAHULUAN

A. Pendahuluan

Energi terbarukan, seperti sinar matahari, dapat diubah menjadi energi listrik menggunakan panel surya yang terdiri dari sel-sel pengubah sinar matahari menjadi listrik. Meski telah digunakan luas, panel surya memiliki kekurangan karena harus disesuaikan manual agar selalu menghadap matahari dengan sudut optimal, mengurangi efisiensi [1].

Indonesia, yang mendapat sinar matahari sepanjang tahun, memiliki potensi besar untuk memanfaatkan energi ini. Untuk optimalisasi, teknologi pelacak matahari (solar tracker) dengan sensor yang mengontrol orientasi panel surya digunakan, sehingga panel selalu tegak lurus terhadap matahari, meningkatkan penyerapan energi dan daya keluaran [2].

Energi listrik sangat penting dalam pertanian, misalnya untuk pompa irigasi dan penyemprot tanaman. Di daerah tanpa jaringan listrik, panel surya bisa menjadi solusi berkelanjutan [3]. Penelitian ini mengembangkan sistem penyemprot tanaman berbasis Internet of Things (IoT) dengan panel surya berfitur pelacak matahari. Sistem ini memungkinkan penyemprotan otomatis pestisida atau pupuk, mengurangi ketergantungan pada energi fosil, dan meningkatkan efisiensi serta produktivitas pertanian.

Inovasi ini terdiri dari pompa, mikrokontroler, selang, tangki cairan, dan nozel penyemprot yang dikendalikan otomatis. Integrasi alat penyemprot otomatis dengan panel surya berpelacak matahari diharapkan mengurangi ketergantungan pada energi fosil, menghemat biaya tenaga kerja, dan meningkatkan produktivitas. Dengan keunggulan ini, sistem dapat membantu petani mengatasi kendala penyemprotan dan meningkatkan hasil panen.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perumusan masalah adalah :

1. Bagaimana mengimplementasikan dan mengintegrasikan sistem tracking panel surya dengan penyemprot tanaman otomatis dan teknologi Internet of

Things (IoT) pada sektor pertanian?

2. Bagaimana menganalisa daya dan energi pada sistem?

C. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai penulis pada penelitian ini ialah :

1. Membangun dan merancang sistem penyemprotan tanaman otomatis dengan teknologi IoT agar dapat beroperasi dengan memanfaatkan sumber daya dari panel surya.
2. Menganalisa daya dan energi dari PLTS, Baterai dan Beban.

II. KAJIAN PUSTAKA

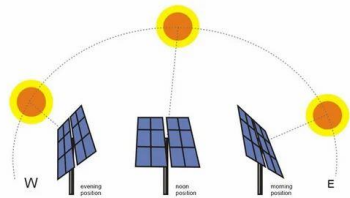
A. Pertanian

Pertanian telah lama menjadi tulang punggung bagi peradaban manusia. namun, masih banyak petani yang mengandalkan cara-cara tradisional dalam mengolah lahan mereka, yang sering kali menghasilkan hasil yang tidak memuaskan [4]. Tantangan seperti perubahan cuaca, hama, dan keterbatasan sumber daya semakin menambah kesulitan dalam mempertahankan produktivitas pertanian.

Di era sekarang, kita sering melihat orang melakukan penyemprotan secara manual dengan menggunakan tenaga manusia, entah itu menggunakan selang penyemprot atau tangki penyemprot yang digendong. Namun, cara-cara tersebut seringkali tidak efisien dan memakan banyak tenaga [5].

B. Tracking Panel Surya

Saat ini, sinar matahari banyak dimanfaatkan dan di ubah menjadi sumber energi listrik, dan salah satu cara yang paling umum digunakan adalah dengan menggunakan panel surya atau solar cell. Penggunaan panel surya saat ini masih banyak yang mengadopsi sistem statis atau konvensional di mana panel surya di pasang dalam posisi yang tetap atau tidak bergerak. Hal ini menyebabkan efisiensi penerimaan energi matahari oleh panel surya menjadi kurang maksimal [6].



Gambar 1. Tracking Panel Surya

C. Penyemprot Tanaman

Saat ini, metode pemupukan tanaman organik masih banyak yang dilakukan secara tradisional [7]. Proses pemberian pupuk cair menggunakan alat penyemprot

konvensional seringkali menghasilkan penyemprotan yang tidak merata ke seluruh area tanaman. Kondisi ini dapat berpengaruh buruk terhadap kualitas hasil panen yang diperoleh [8].



Gambar 2. Penyemprot Tanaman

D. IoT (Internet of Things)

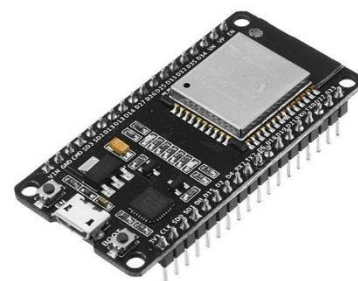
Internet of Things (IoT) adalah konsep yang memungkinkan berbagai perangkat, mesin, dan benda fisik lainnya terhubung ke jaringan internet secara terus-menerus melalui sensor dan aktuator. Perangkat-perangkat ini tidak hanya terhubung, tetapi juga dapat berkomunikasi, berkolaborasi, dan bertindak secara mandiri berdasarkan data yang diperoleh tanpa campur tangan manusia [9].

Gambar 3. Internet of Things



E. Esp32

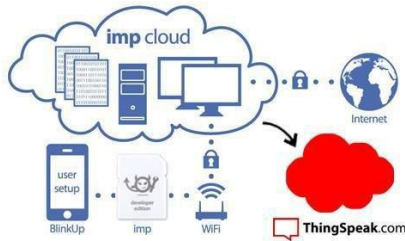
Esp32 merupakan mikrokontroler yang sering dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi dan proyek terkait Internet of Things (IoT) serta embedded systems. Salah satu penggunaan utamanya adalah dalam pengembangan perangkat IoT seperti smart home automation, monitoring lingkungan, dan perangkat wearable [10].



Gambar 4. Modul Esp32

F. Thingspeak

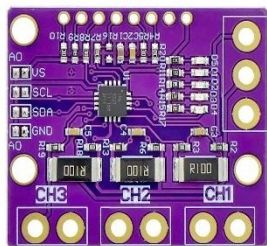
Thingspeak adalah platform IoT (Internet of Things) yang memungkinkan pengguna untuk mengumpulkan, memantau, dan menganalisis data dari berbagai perangkat IoT secara real-time. Selain itu, Thingspeak memiliki fitur visualisasi yang memungkinkan pengguna untuk membuat grafik dan plot data dengan mudah. Hal ini sangat membantu untuk memahami pola dalam data yang dikumpulkan dari perangkat IoT.



Gambar 5. Thingspeak

G. Sensor Arus dan Tegangan

Sensor INA3221 adalah perangkat pengukur tegangan dan arus dengan tiga kanal, yang digunakan untuk memantau beberapa sumber daya listrik seperti panel surya atau baterai. Sensor ini berkomunikasi dengan mikrokontroler melalui antarmuka I2C, yang membuatnya mudah diintegrasikan ke berbagai aplikasi elektronik [11].



Gambar 6. Sensor INA3221

H. Relay

Modul relay 5V adalah modul yang menggunakan relay elektromekanis dan rangkaian pendukung untuk mengontrol beban listrik berdasarkan sinyal kontrol 5V dari sumber seperti mikrokontroler. Ketika sinyal kontrol 5V diberikan, rangkaian pendukung akan mengaktifkan kumparan relay yang menghasilkan medan magnet untuk menyambungkan kontak-kontak logam relay.



Gambar 7. Relay

I. Optocoupler PC17

Optocoupler atau memiliki nama lain opto-isolator, photocoupler, atau optical isolator merupakan komponen yang berfungsi sebagai penghubung antara dua rangkaian menggunakan media cahaya optik. secara prinsip, optocoupler terdiri dari dua bagian utama, yaitu transmitter dan receiver.



Gambar 8. Optocoupler PC817

J. Stepdown

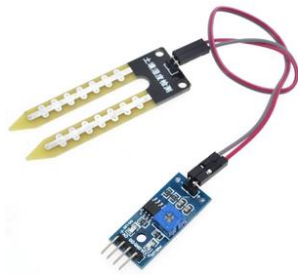
Step-Down LM2596 adalah sebuah modul penurun tegangan DC ke DC yang menggunakan IC regulator LM2596. Modul ini berfungsi untuk menurunkan tegangan input DC yang lebih tinggi menjadi tegangan output DC yang lebih rendah dengan arus yang relatif besar.



Gambar 9. Modul Stepdown LM2596

K. Sensor Kelembapan Tanah

Sensor YL-69 adalah jenis sensor yang mampu mengukur dan membaca data kandungan air dalam tanah dengan membaca intensitas atau jumlahnya. Sensor ini menghasilkan pembacaan dalam bentuk tegangan analog [12]. ketika sensor YL-69 ditanam di dalam tanah, kelembaban tanah menyebabkan resistansi antara dua lempeng konduktor berubah.



Gambar 10. Sensor YL-69

L. Solar Charge Controller

Solar Charge Controller merupakan perangkat elektronik yang bertugas mengatur arus searah yang masuk ke dalam baterai dari panel surya serta arus yang diambil dari baterai untuk digunakan oleh beban. [13].



Gambar 11. Solar Charge Controller

M. Baterai

Baterai dalam sistem PLTS merupakan komponen krusial yang bertugas untuk menampung dan menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya (*charge*), serta mengeluarkannya kembali untuk keperluan peralatan listrik yang digunakan (*discharge*) [14].



Gambar 12. Baterai

N. Pompa Air

Pompa air DC 12V adalah perangkat yang digunakan untuk memompa air menggunakan daya listrik DC dengan tegangan 12 volt. Pompa ini biasanya digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan aliran air yang terkontrol, seperti sistem irigasi, atau sebagai pompa penyemprot.



Gambar 13. Pompa Air

O. Selang

Selang terhubung ke pompa air digunakan untuk mengalirkan air dari pompa ke nozzle, yang kemudian berfungsi untuk menyemburkan air ke area yang diinginkan.



Gambar 14. Selang

P. Nozzle

Nozzle adalah komponen yang terpasang di ujung selang atau pipa yang berfungsi untuk mengatur dan mengarahkan aliran air.



Gambar 15. Nozzle

Q. Analisis Daya dan Energi

Analisis daya dan energi sangat penting untuk menilai kinerja dari sistem, dimulai dengan menghitung daya dan energi yang dihasilkan panel surya, yang disimpan pada baterai dan digunakan oleh beban, hal ini untuk melihat sejauh mana kinerja sistem.

1. Analisa Daya dan Energi pada Panel Surya

- Untuk mencari daya, dapat menggunakan rumus dasar sebagai berikut:

$$P = V \times I \quad (1)$$

Diketahui:

P = Daya (W)

V = Tegangan (V)

I = Arus (A)

- Selanjutnya mencari energi dengan menggunakan persamaan berikut:

$$E = P \times T \quad (2)$$

Diketahui:

E = Energi (Wh)

P = Daya (W)

T = Waktu (Sec/jam)

- Tahap berikutnya ialah mencari efisiensi panel surya. Untuk mendapatkan daya yang dihasilkan, hal pertama yang perlu diketahui adalah Input daya yang diterima (P_{in}) dan output daya yang dihasilkan (P_{out}) dengan menggunakan persamaan [15] :

$$P_{in} = G \times A \quad (3)$$

Diketahui:

P_{in} = Daya masuk (W)

G = Intensitas radiasi matahari (W/m^2)

A = Luas area permukaan panel surya (m^2)

- Setelah menentukan besaran P_{in} dari panel surya, selanjutnya ialah menentukan besar daya output atau P_{out} yang dapat dikeluarkan panel surya dengan persamaan [16]:

$$P_{out} = V_{mp} \times I_{mp} \quad (4)$$

Diketahui:

P_{out} = Daya keluar (W)

V_{mp} = Tegangan pada panel surya saat menghasilkan daya maksimum (V)

I_{mp} = Arus pada panel surya saat menghasilkan daya maksimum (A)

- Setelah mendapatkan dua daya antara daya P_{in} dan P_{out} , selanjutnya ialah menentukan efisiensi dari panel surya dengan menggunakan persamaan [16] :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (5)$$

Diketahui:

η = Efisiensi (%)

P_{in} = Daya masuk (W)

P_{out} = Daya keluar (W)

2. Analisa Daya dan Energi pada Baterai

- Tahap selanjutnya adalah menganalisa energi yang masuk ke baterai dengan persamaan:

$$\eta = \frac{E_{out}}{E_{in}} \times 100\% \quad (6)$$

Diketahui:

η = Efisiensi (%)

E_{in} = Energi yang masuk (Wh)

E_{out} = Energi yang keluar (Wh)

- Setelah mendapatkan efisiensi dari baterai, dilanjutkan dengan mencari energi dari baterai setelah digunakan oleh beban dengan persamaan:

$$E = E_{in} - E_{out} \quad (7)$$

Diketahui:

E = Energi (Wh)

E_{in} = Energi yang masuk (Wh)

E_{out} = Energi yang keluar (Wh)

3. Analisa Daya dan Energi pada Beban

- Energi pada baterai yang disuplai dari panel surya digunakan sebagai suplay daya untuk pompa air penyemprotan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$E = P \times T \quad (8)$$

Diketahui:

E = Energi (Wh)

P = Daya (W)

T = Waktu (Sec/jam)

- Efisiensi sistem dihitung dengan membandingkan energi yang digunakan oleh beban dari baterai dengan energi yang dihasilkan oleh panel surya, lalu dikalikan seratus untuk mendapatkan persentase

$$\eta = \frac{E_{out}}{E_{in}} \times 100\% \dots \dots \dots (9)$$

Diketahui:

η = Efisiensi (%)

E_{out} = Energi yang masuk (Wh)

E_{in} = Energi yang keluar (Wh)

4. Analisa Kinerja Sistem Penyemprotan

- Durasi penyemprotan. Durasi penyemprotan digunakan untuk menentukan seberapa lama pompa dapat bekerja. Perhitungan ini menggunakan persamaan:

$$\text{Durasi} = \frac{E_{in}}{E_{out}} \times T \quad (10)$$

Diketahui:

Duras = lama waktu pompa menyala (Jam)

E_{in} = Energi yang masuk (Wh)

E_{out} = Energi yang keluar (Wh)

- Volume air. Untuk menghitung total volume air yang disemprotkan, diperlukan perhitungan berdasarkan laju aliran air per jam dan durasi penyemprotan menggunakan persamaan:

$$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{per jam}} \times \text{durasi} \quad (11)$$

Diketahui:

Q_{Total} = Volume air (L)

$Q_{\text{per jam}}$ = Volume air per jam (L/jam)

Durasi = Durasi penyemprotan (Jam)

- Luas lahan. Dengan mengetahui laju aliran air per meter persegi, kita dapat menghitung seberapa luas area yang dapat dijangkau dalam satu siklus penyemprotan menggunakan persamaan:

$$A = \frac{Q \text{ per jam}}{\text{Laju aliran air/m}^2} \quad (12)$$

Diketahui:

A = Luas (m²)

Q per jam = Volume air per jam (L/jam)

Laju aliran air = Volume air (L/m²)

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

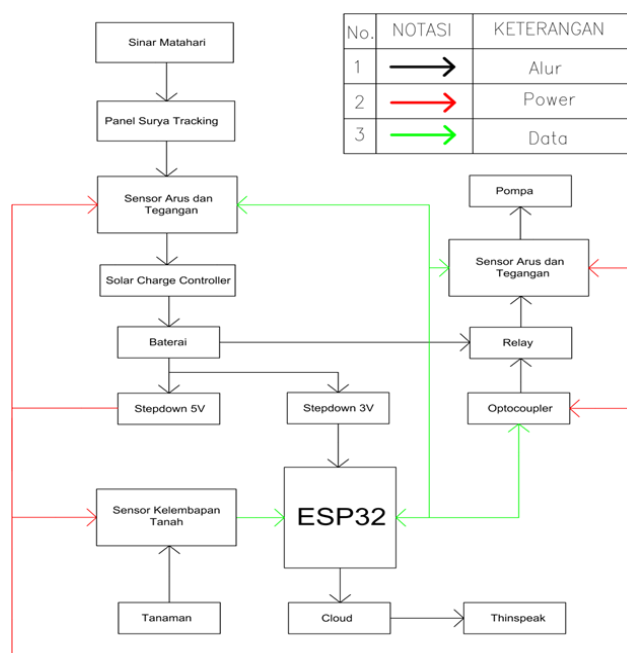
Alat serta bahan yang digunakan untuk perakitan alat pada penelitian ini ada beberapa komponen, seperti:

Tabel 1. Alat dan Bahan

No.	Nama	Jenis	Jumlah
1.	Panel Surya (Tracking)	Polycrystalline	1
2.	Esp32	Dev-Module	1
3.	Sensor Kelembapan Tanah	YL-69	1
4.	Sensor Arus dan Tegangan	INA3221	1
5.	Relay	DC 5V	1
6.	Optocoupler	PC817	1
7.	Modul Stepdown	LM2596	2
8.	Solar Charge Controller	PWM	1
9.	Baterai	12V 18 Ah	4
10.	Pompa Air	DC 12V	1

B. Blok Diagram

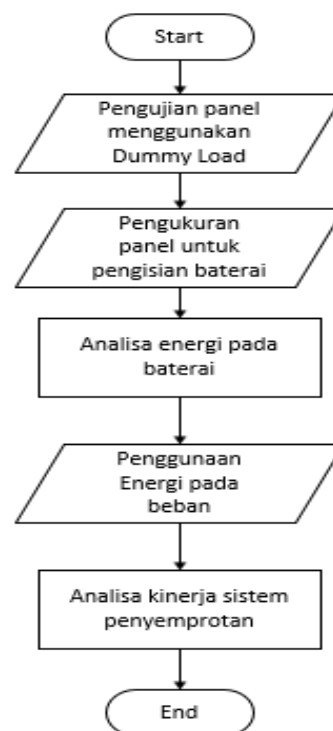
Blok diagram dibawah ini menggambarkan hubungan antar komponen sistem, baik itu perangkat keras dan perangkat lunak .



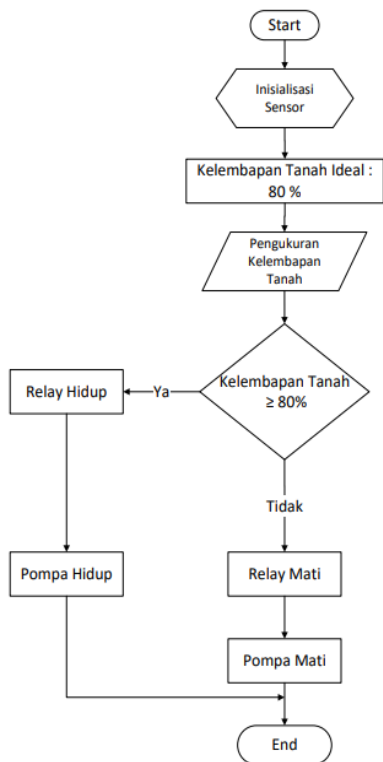
Gambar 16. Blok Diagram Keseluruhan Alat

C. Flowchart

Flowchart ini menggambarkan alur dan proses dari analisa yang dilakukan serta cara kerja sistem penyemprotan.



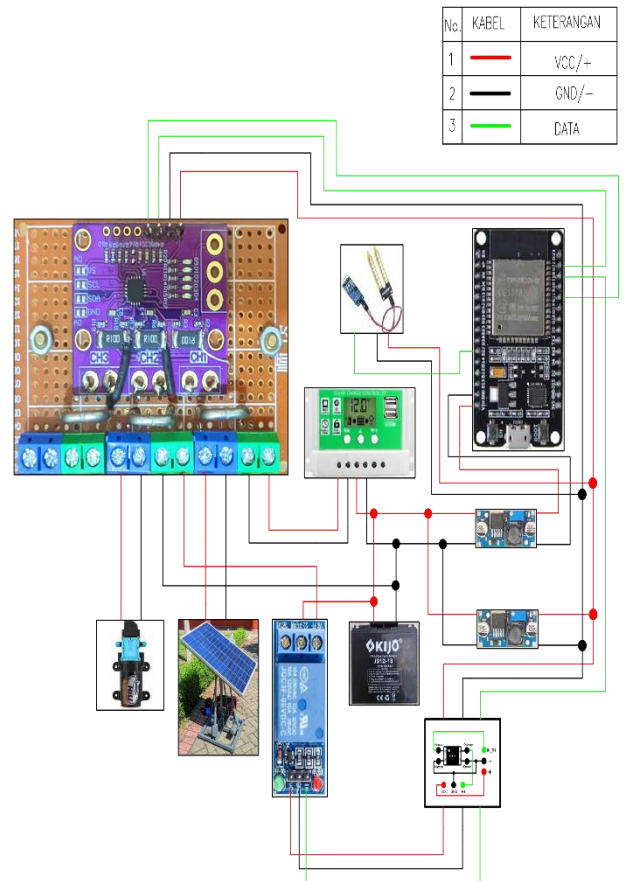
Gambar 17. Flowchart Proses Analisa Daya dan Energi pada Sstem



Gambar 18. Flowchart Penyemprotan

D. Wiring Perangkat Keras

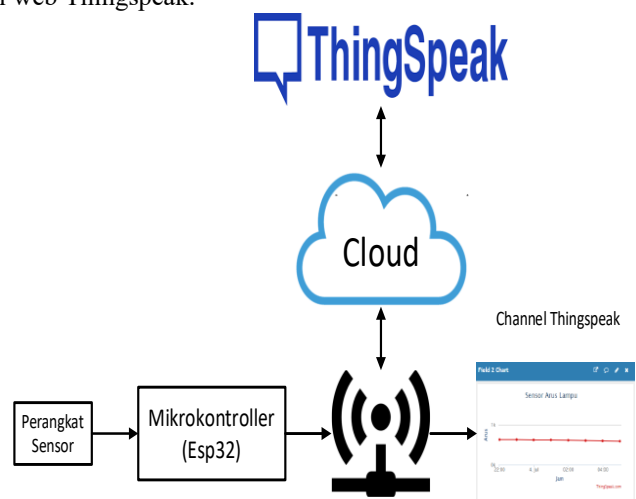
Wiring perangkat keras menggambarkan hubungan atau sambungan dari komponen perangkat keras yang dilakukan , mulai dari komponen panel surya, masuk ke sistem kontrolling dan pompa air.



Gambar 19. Wiring Sistem

E. Arsitektur IoT

Arsitektur Iot disini menggambarkan pomrosesan data, mulai dari komponen sensor dikirim ke cloud hingga tampil di web Thingspeak.



Gambar 20. Arsitektur Iot

IV. HASIL DAN ANALISIS

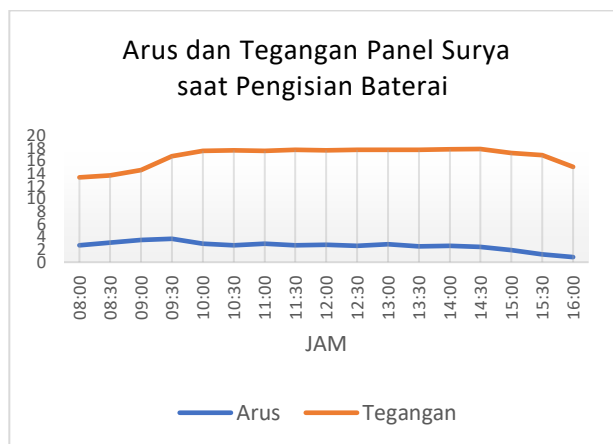
A. Pengukuran Arus Panel Surya untuk Pengisian Baterai

Pengukuran arus panel surya dilakukan untuk mengetahui jumlah arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya dalam

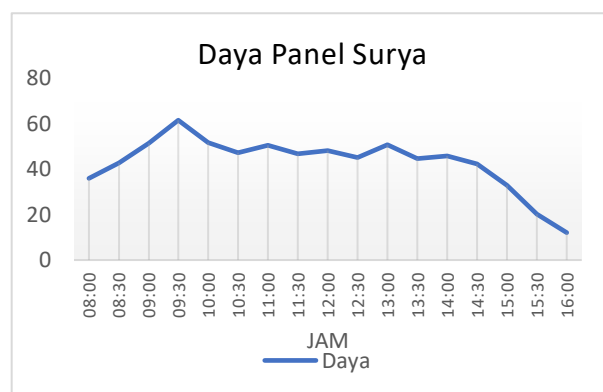
sehari. Proses pengukuran arus dimulai dari pukul 08.00 - 16.00 selama tiga hari berturut-turut. Tujuannya adalah untuk mengetahui bagaimana kinerja panel surya.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Arus Panel Surya

No	Waktu	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)
1.	08.00	2,69	13,38	35,99
2.	08.30	3,12	13,72	42,80
3.	09.00	3,54	14,54	51,47
4.	09.30	3,69	16,69	61,58
5.	10.00	2,95	17,55	51,77
6.	10.30	2,68	17,63	47,24
7.	11.00	2,88	17,58	50,63
8.	11.30	2,64	17,71	46,75
9.	12.00	2,73	17,67	48,23
10.	12.30	2,55	17,70	45,13
11.	13.00	2,86	17,72	50,67
12.	13.30	2,51	17,77	44,60
13.	14.00	2,57	17,82	45,79
14.	14.30	2,69	17,86	42,32
15.	15.00	3,12	17,21	32,87
16.	15.30	3,54	16,89	20,26
17.	16.00	3,69	15,08	12,06



Gambar 21. Grafik Arus dan Tegangan Panel Surya



Gambar 22. Grafik Daya Panel Surya

Grafik menunjukkan perubahan arus dan tegangan yang dihasilkan oleh panel surya dari pukul 08.00 hingga 16.00. Pada pagi hari (08.00 - 09.00), cuaca berawan menyebabkan arus dan tegangan rendah, dengan arus antara 2,69 A hingga 3,54 A dan tegangan antara 13,38 V hingga 14,54 V. Saat cuaca cerah pada pukul 09.30, arus dan tegangan meningkat signifikan, mencapai puncak arus 3,69 A dan tegangan 17,86 V pada pukul 14.30. Pada sore hari (15.00 - 16.00), saat cuaca kembali berawan, arus turun hingga 0,8 A dan tegangan berkurang menjadi 15,08 V. Daya yang dihasilkan mencapai puncaknya 61,58 W pada pukul 09.30 dan menurun pada sore hari. Grafik ini menunjukkan bahwa kondisi cerah menghasilkan output listrik yang lebih tinggi dibandingkan kondisi berawan.

B. Energi Panel Surya untuk Pengisian Baterai

Untuk menghitung energi yang dihasilkan panel surya bisa adalah dengan mengalikan daya yang di ukur pada awal dan akhir, pengukuran selama interval waktu tiap 30 menit selama 8 jam menggunakan persamaan berikut:

$$E = P \times T$$

$$E = (P_1 + P_2) \times T, \dots, E = (P_n + P_n) \times T$$

Contoh perhitungan:

Diketahui:

$P_1 = 35,99$ W (Daya pada pukul 08.00)

$P_2 = 42,80$ W (Daya pada pukul 08.30)

$T = 0,5$ Jam (Interval waktu pengukuran)

$$E = (35,99 + 42,80) \times 0,5$$

$$= 78,79 \times 0,5$$

$$= 39,39 \text{ Wh}$$

Tabel 3. Hasil Pengukuran Tegangan Panel Surya

No	Waktu	Energi (Wh)
1.	08.00 – 08.30	39,39
2.	08.30 – 09.00	47,13
3.	09.00 – 09.30	56,52
4.	09.30 – 10.00	56,67
5.	10.00 – 10.30	49,50
6.	10.30 – 11.00	48,93
7.	11.00 – 11.30	48,69

8.	11.30 – 12.00	47,49
9.	12.00 – 12.30	46,68
10.	12.30 – 13.00	47,90
11.	13.00 – 13.30	47,63
12.	13.30 – 14.00	45,18
13.	14.00 – 14.30	44,05
14.	14.30 – 15.00	37,59
15.	15.00 – 15.30	26,56
16.	15.30 – 16.00	16,16
Total Energi		706,08

C. Efisiensi Panel Surya

Sama seperti perhitungan efisiensi panel sebelumnya, yaitu untuk melihat sejauh mana kinerja dari panel surya dalam menghasilkan energi.

- Mencari P_{in}
Diketahui:
 $G = 1000 \text{ W/m}^2$ (Nilai pengujian standar (Standar Test Condition STC))
 $P = 1 \text{ m}$
 $L = 0,6 \text{ m}$
 $A = P \times L$
 $= 1 \times 0,6 = 0,6 \text{ m}^2$
 $P_{in} = G \times A$
 $= 1000 \times 0,6$
 $= 600 \text{ W}$
- Mencari P_{out}
Diketahui:
 $V_{mp} = 16,69 \text{ V}$
 $I_{mp} = 3,69 \text{ A}$
 $P_{out} = V_{mp} \times I_{mp}$
 $= 16,69 \times 3,69$
 $= 61,58 \text{ W}$
- Mencari efisiensi
 $\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$
 $= \frac{61,58}{600} \times 100\%$
 $= 10,26\%$
- Energi yang dihasilkan oleh panel surya
 $E = 706,08 \text{ Wh}$

Setelah melakukan perhitungan, didapat nilai efisiensi dari panel surya saat pengisian baterai sebesar 10,2 %, nilai tersebut tergolong kecil dikarenakan beberapa faktor yang mempengaruhi arus dan tegangan yang dihasilkan, contohnya adalah resistansi dari baterai yang berubah-ubah tergantung dari kondisi baterai dan jenisnya. Saat kapasitas baterai hampir habis resistansi akan kecil sehingga arus yang mengalir cenderung lebih besar, begitu juga sebaliknya. Ada juga faktor cuaca mempengaruhi penerimaan sinar matahari oleh panel surya yang juga mempengaruhi arus dan tegangan yang dihasilkan. Dari pengukuran yang dilakukan selama 8 jam, didapat total energi yang dihasilkan panel sebanyak 706,08 Wh

D. Energi Pada Baterai

Selanjutnya ialah melakukan analisa energi pada baterai yang bertujuan untuk mengetahui efisiensi penyimpanan pada baterai, dengan menggunakan 4 baterai yang diparalel dapat menambah kapasitas baterai dengan tegangan yang sama.

- Mencari kapasitas energi yang disimpan pada baterai
 $E_{in} = 706,08 \text{ Wh}$
 $V_{baterai} = 12 \text{ V}$
 $Kapasitas = 18 \text{ Ah}$
 $Kapasitas \text{ energi baterai} = V_{baterai} \times Kapsitas (\text{Ah})$
 $= 12 \times 18$
 $= 216 \text{ Wh}$

$$\text{Jumlah baterai yang dibutuhkan} = \frac{706,08}{216} = 3,26 \rightarrow 4 \text{ Buah}$$

- Energi yang masuk ke baterai
 $E_{in} = 706,08 \text{ Wh}$
 - Energi yang dipakai beban
 $E_{out} = 62,79 \text{ Wh}$
- Mencari efisiensi
 $\eta = \frac{E_{out}}{E_{in}} \times 100\%$
 $= \frac{62,79}{706,08} \times 100\%$
 $= 0,088 \times 100\%$
 $= 8,8\%$
- Energi tersisa di baterai
 $E = E_{in} - E_{out}$
 $= 706,08 - 62,79$
 $= 643,29 \text{ Wh}$

E. Pengujian Kelembapan Tanah

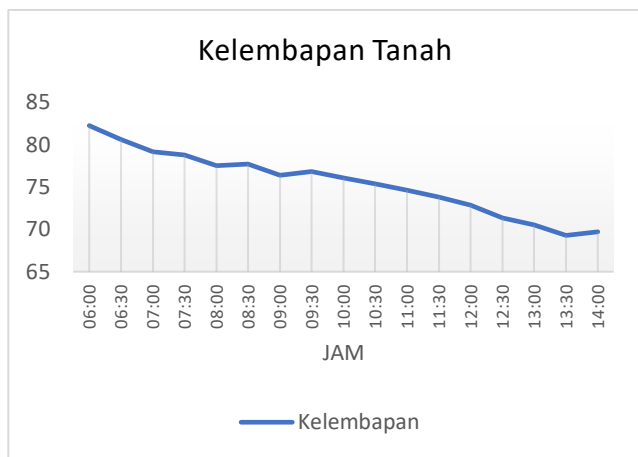
Tahap selanjutnya adalah melakukan pengujian pompa, yang bertujuan untuk melihat sejauh mana keandalan sistem bekerja mengaktifkan pompa berdasarkan pembacaan kelembapan tanah. Pengukuran kelembapan tanah yang dilakukan menggunakan sensor soil moisture yang dimulai dari pukul 06.00 – 14.00.

Tabel 4. Kelembapan Tanah

No	Waktu	Kelembapan (%)	Keadaan Tanah	Cuaca
1.	06.00	81,25	Lembap Ideal	Berawan
2.	06.30	80,61	Lembap Ideal	Berawan
3.	07.00	79,19	Lembap	Berawan
4.	07.30	78,81	Lembap	Cerah
5.	08.00	77,49	Lembap	Cerah
6.	08.30	77,73	Lembap	Cerah
7.	09.00	76,39	Lembap	Cerah
8.	09.30	76,81	Lembap	Cerah
9.	10.00	76,07	Lembap	Cerah
10.	10.30	75,37	Lembap	Cerah
11.	11.00	74,62	Lembap	Cerah
12.	11.30	73,79	Lembap	Cerah

13.	12.00	72,84	Lembap	Cerah
14.	12.30	71,35	Lembap	Cerah
15.	13.00	70,51	Lembap	Cerah
16.	13.30	69,28	Sedikit Lembap	Cerah
17.	14.00	69,73	Sedikit Lembap	Cerah

Dari data tabel diatas dapat dilihat tingkat kelembapan tanah yang diperoleh selama satu hari pengukuran dengan tingkat kelembapan yang cenderung stabil.



Gambar 23. Grafik Kelembapan Tanah

Dari data tabel dan grafik tersebut, dapat dilihat bahwa terjadi fluktuasi pada tingkat kelembapan tanah yang dijadikan sebagai objek pengukuran. Pada pukul 06.00, kelembapan tanah berada di 82,25%, yang dikategorikan sebagai "Lembap Ideal" di bawah kondisi cuaca berawan. Seiring berjalannya waktu, meskipun cuaca berubah menjadi cerah, kelembapan tanah mengalami penurunan bertahap namun tetap berada dalam kategori "Lembap" hingga pukul 13.00, dengan kelembapan turun menjadi 70,51%. Setelah itu, kelembapan tanah mulai masuk ke kategori "Sedikit Lembap" pada pukul 13.30 dengan nilai 69,28%, dan tetap dalam kategori ini hingga pukul 14.00 kelembapan menjadi 69,73%.

F. Pengukuran Daya Pompa Air

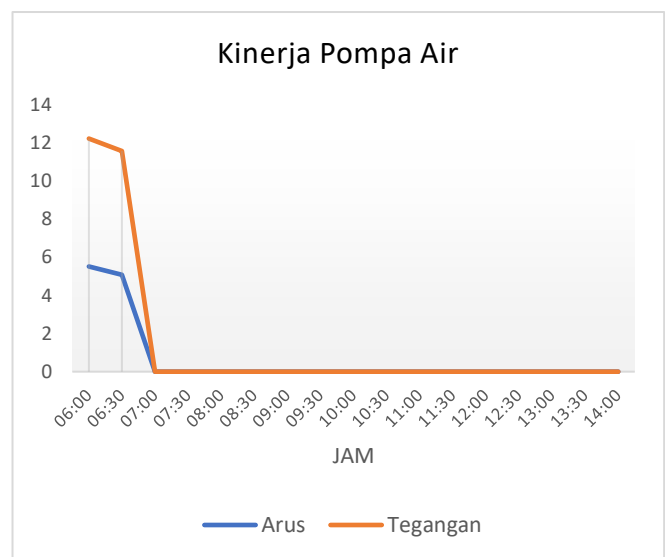
Pengukuran dilakukan mulai pukul 06.00 - 14.00, data hasil pengukuran akan dijadikan ukuran sejauh mana energi yang digunakan oleh pompa.

Tabel 5. Rata - Rata Kelembapan Tanah

No	Waktu	Arus	Tegangan	Daya	Pompa
1.	06.00	5,51	12,21	67,27	Nyala
2.	06.30	5,07	11,55	58,32	Nyala
3.	07.00	0	0	0	Mati
4.	07.30	0	0	0	Mati
5.	08.00	0	0	0	Mati
6.	08.30	0	0	0	Mati
7.	09.00	0	0	0	Mati

8.	09.30	0	0	0	Mati
9.	10.00	0	0	0	Mati
10.	10.30	0	0	0	Mati
11.	11.00	0	0	0	Mati
12.	11.30	0	0	0	Mati
13.	12.00	0	0	0	Mati
14.	12.30	0	0	0	Mati
15.	13.00	0	0	0	Mati
16.	13.30	0	0	0	Mati
17.	14.00	0	0	0	Mati

Dari data tabel tersebut dapat dilihat kinerja dan penggunaan daya dari baterai oleh pompa berdasarkan kelembapan tanah.



Gambar 24. Grafik Rata – Rata Kelembapan Tanah

Data tabel tersebut menunjukkan pengoperasian pompa air yang berkaitan dengan kelembapan tanah dari pukul 06.00 hingga 14.00. Pada pukul 06.00 dan 06.30, pompa air menyala dengan arus masing-masing 5,51 A dan 4,87 A serta tegangan 12,41 V dan 12,13 V. Hal ini sesuai dengan data kelembapan tanah yang menunjukkan nilai diatas 80% pada waktu tersebut, yaitu 82,25% dan 80,61%. Setelah pukul 07.00, kelembapan tanah turun di bawah 80%, menyebabkan pompa air mati secara otomatis dan tetap mati hingga pukul 14.00. Data ini menunjukkan bahwa setting pompa untuk menyala ketika kelembapan tanah lebih dari atau sama dengan 80% berfungsi dengan baik.

G. Penggunaan Energi oleh Beban

Tetapi daya tersebut masih dalam satuan (W) yang menandakan nyala daya pompa dalam satuan jam, sedangkan pompa hanya menyala dalam 30 menit, sehingga perlu menghitung lagi daya pompa dengan persamaan berikut:

- Menghitung energi yang dipakai pompa
Diketahui :
 $P_1 = 67,27 \text{ W}$ (Daya awal terukur)

$$P_2 = 58,32 \text{ W (Daya akhir terukur)}$$

$$\begin{aligned} E &= (P_1 + P_2) \times T \\ &= (67,27 + 58,32) \times 0,5 \\ &= 125,59 \times 0,5 \\ &= 62,79 \text{ Wh} \end{aligned}$$

- Menghitung efisiensi keseluruhan sistem
Diketahui:

$$E_{in} = 706,08 \text{ Wh}$$

$$E_{out} = 62,79 \text{ Wh}$$

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{E_{out}}{E_{in}} \times 100\% \\ &= \frac{62,79}{706,08} \times 100\% \\ &= 0,088 \times 100\% \\ &= 8,8\% \end{aligned}$$

Tabel 10. Pengukuran Arus Pompa Air

H. Analisis Kinerja Sistem Penyemprotan

- Durasi Penyemprotan

Untuk menentukan berapa lama pompa dapat melakukan penyemprotan, digunakan rumus yang mempertimbangkan perbandingan antara energi yang disimpan dan energi yang dibutuhkan.
Diketahui:

$$E_{in} = 706,08 \text{ Wh}$$

$$E_{out} = 62,79 \text{ Wh}$$

$$T = 0,5 \text{ Jam (Lama pompa menyala)}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu penyemprotan} &= \frac{E_{in}}{E_{out}} \times T \\ &= \frac{706,08}{62,79} \times 0,5 \\ &= 11,24 \times 0,5 \\ &= 5,6 \text{ Jam} \end{aligned}$$

- Volume Air

Dengan mengetahui laju aliran air per menit, kita dapat menghitung total volume air yang digunakan dalam satu jam dan selama seluruh durasi penyemprotan.

Diketahui:

$$Q \text{ per menit} = 5 \text{ L/menit}$$

$$T = 5,6 \text{ Jam}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ per jam} &= 5 \text{ L/min} \times 60 \text{ min/Jam} \\ &= 300 \text{ L/Jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q \text{ Total} &= Q \text{ per jam} \times T \\ &= 300 \text{ L/Jam} \times 5,6 \\ &= 1680 \text{ L} \end{aligned}$$

- Luas Lahan

Luas lahan yang dapat disempnot dapat diketahui berdasarkan total volume air yang tersedia untuk penyemprotan dan laju aliran air.

Diketahui:

$$Q \text{ Total} = 1680 \text{ L}$$

Laju aliran air /m² = 5L/m² (Tertera pada spesifikasi pompa)

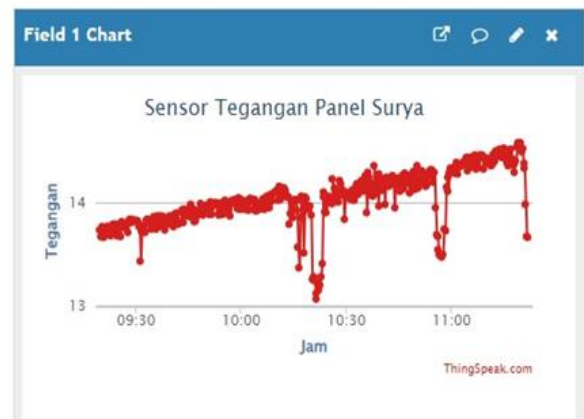
$$\begin{aligned} A &= \frac{1680}{5} \\ &= 336 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, durasi penyemprotan dapat berlangsung selama 5,6 jam. Dalam periode tersebut, sistem mampu menyemprotkan air dengan laju aliran 5 L/menit, menghasilkan total volume air sebesar 1.680 liter. Dengan volume air ini, luas lahan yang dapat dicakup oleh sistem penyemprotan adalah 336 m²

I. Hasil Monitoring Sistem dengan Thingspeak

Grafik monitoring sistem di Thingspeak penting dalam memahami kinerja dan hasil dari sistem penyempprotan ini meliputi tampilan pembacaan sensor arus, tegangan dan kelembapan tanah. Grafik data akan di update secara real time selama masih terhubung dengan koneksi internet dengan jangka waktu sesuai dengan waktu yang telah disetting.

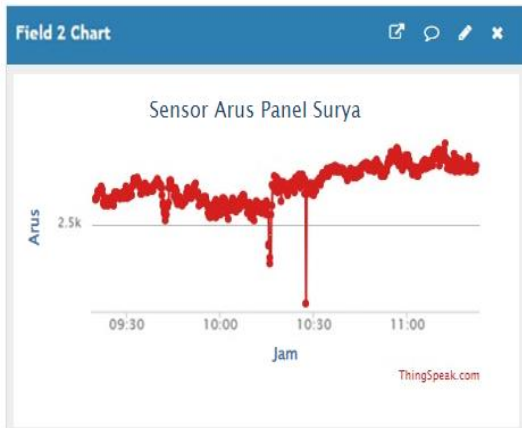
1. Grafik Thingspeak Sensor Tegangan Panel Surya



Gambar 25. Grafik Tegangan Thingspeak

Grafik diatas menampilkan naik turunnya tegangan yang dihasilkan oleh panel surya, pada awalnya pembacaan tegangan menunjukkan sekitar 13,70 V dan terus mengalami kenaikan tegangan seiring dengan penerimaan sinar matahari oleh panel surya dan cuaca yang cerah sampai pukul 10.15 tegangan mengalami penurunan karena kondisi cuaca yang berawan, dan tegangan kembali stabil pada pukul 10.25 sebesar 14,21 V hingga pukul 10.50 tegangan terus mengalami kenaikan dan terjadi sedikit penurunan karena kondisi cuaca yang berawan.

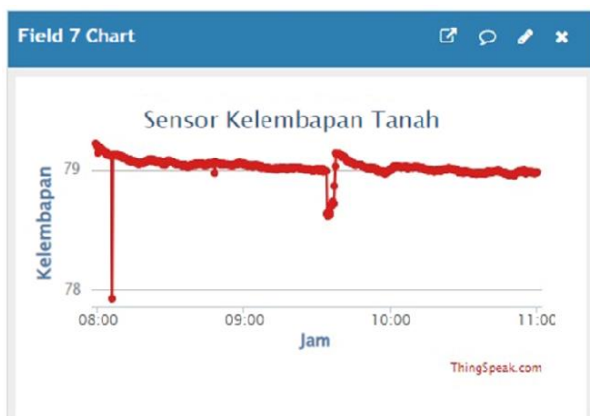
2. Grafik Tingspeak Sensor Arus Panel Surya



Gambar 26. Grafik Arus Thingspeak

Grafik tersebut menampilkan naik turunnya arus yang dihasilkan oleh panel surya, pada awalnya pembacaan arus menunjukkan sekitar 2,6 A dan mengalami fluktuasi seiring dengan penerimaan sinar matahari oleh panel surya dan cuaca yang cerah sampai pukul 10.15 dan 10.28 arus mengalami penurunan karena permukaan panel yang tertutupi oleh mendung, dan arus kembali stabil pada pukul 10.30 sebesar 2,7 A hingga pukul 11.00 dan seterusnya arus tetap stabil, tetapi tetap terjadi fluktuasi yang cenderung naik.

3. Grafik Thingspeak Sensor Kelembapan Tanah



Gambar 27. Grafik Kelembapan Tanah

Grafik ini menampilkan perubahan tingkat kelembapan tanah, pada awalnya kelembapan tanah mencapai 79,20 % dan mengalami fluktuasi namun dalam kurva yang stabil. Nilai pembacaan pompa dijadikan indikator otomatisasi pompa, dan respons tanah terhadap kondisi lingkungan serta cuaca.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil adalah bahwa sistem penyemprotan tanaman berbasis Internet of Things (IoT) dengan sumber energi dari Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) dan sistem pelacakan (tracking) telah berhasil dirancang dan diimplementasikan dengan baik. Penggunaan PLTS untuk sumber energi utama memberikan keuntungan sebagai pengganti energi konvensional dan solusi pemanfaatan energi terbarukan yang lebih bersih. Hasil pengujian menunjukkan bahwa panel surya mampu menghasilkan energi dalam rentang waktu pengujian mencapai 706,08 Wh. Sistem ini dirancang dengan tujuan untuk meningkatkan efektivitas dalam pengelolaan pertanian modern, di mana teknologi IoT digunakan untuk memantau dan mengontrol penyemprotan tanaman secara otomatis. Sistem penyemprotan otomatis berdasarkan kelembapan tanah menunjukkan kinerja yang andal, dimana pompa penyemprotan aktif ketika kelembapan mencapai $\geq 80\%$ dan mati ketika kelembapan tidak sesuai dengan nilai tersebut. Berdasarkan beberapa hasil pengujian dapat diambil beberapa kesimpulan seperti:

1. Pengujian panel untuk pengisian baterai, daya rata-rata yang diperoleh sebesar 45,95 W dengan efisiensi 10,2 % dan energi yang diperoleh sebanyak 706,08 Wh. Sama seperti pada pengujian menggunakan dummy load, faktor yang sama juga mempengaruhi saat pengujian pada pengisian baterai, ditambah lagi dengan resistansi internal dari baterai yang mempengaruhi arus dan tegangan.
2. Energi yang disimpan pada baterai sebesar 706,08 Wh, sedangkan energi yang keluar dari baterai sebesar 62,79 Wh dengan efisiensi 8,8 % dan jumlah energi yang tersisa sebesar 643,29 Wh.
3. Sementara saat pengujian pompa, energi yang digunakan sebesar 62,79 Wh dimana nyala pompa selama 30 menit atau 0,5 jam. Dari perhitungan, efisiensi keseluruhan sistem sebesar 8,8 %, hal tersebut terjadi karena pompa hanya menghabiskan sedikit energi dari yang dihasilkan panel surya dan sisa energi masih bisa digunakan untuk keperluan lain.
4. Dari hasil perhitungan, sistem penyemprotan ini mampu beroperasi selama 5,6 jam dengan energi yang disuplai oleh panel surya. Selama waktu tersebut, sistem dapat menyemprotkan air dengan laju 5 L/menit, yang menghasilkan total volume air sebesar 1.680 liter. Volume air ini cukup untuk mencakup luas lahan sebesar 336 m²

B. Saran

Sistem ini masih memiliki kekurangan dalam presisi penyemprotan, terutama karena keterbatasan sensor yang kurang akurat dalam menentukan kebutuhan nutrisi spesifik untuk setiap tanaman. Metode yang digunakan juga belum memperhitungkan variasi kebutuhan tanaman dan perubahan kondisi cuaca, sehingga penyemprotan tidak optimal. Pengembangan lebih lanjut diperlukan, seperti teknologi

sensor yang lebih cerdas, integrasi data cuaca, dan analisis tanah yang mendalam untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi. Selain itu, analisa daya sistem masih bisa ditingkatkan untuk mencapai efisiensi yang lebih baik.

VI. DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. W. E. Krisna Putra, M. Sudarma, and I. B. G. Manuaba, "Perancangan Sistem Monitoring Sun Tracker Dual Axis Berbasis Web Socket," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 22, no. 1, p. 79, 2023, doi: 10.24843/mite.2023.v22i01.p10.
- [2] E. Eko Prasetyo, G. Marausna, and R. Rasmi Dewantika Rahmiullah, "Analisis Perbandingan Hasil Daya Listrik Panel Surya Dengan Solar Tracker Dan Tanpa Solar Tracker," *JTT (Jurnal Teknol. Terpadu)*, vol. 10, no. 2, pp. 77–83, 2022, doi: 10.32487/jtt.v10i2.1426.
- [3] T. Fuadiyah and S. Sudarti, "Potensi Pemanfaatan Sel Surya untuk Mendukung Energi di Bidang Pertanian," *J. Teknol. Pertan. Gorontalo*, vol. 7, no. 2, pp. 75–79, 2022, doi: 10.30869/jtpg.v7i2.960.
- [4] S. Ramadhani, I. Mahrani, R. Agusti, R. Khairunnisa, and N. Mulyati, "(Jurnal Teknologi Komputer dan Sistem Informasi) Available online at <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/teknisi> (Jurnal Teknologi Komputer dan Sistem Informasi) Available online at <http://jurnal.goretanpena.com/index.php/teknisi>," vol. 3, no. 2, pp. 49–53, 2023.
- [5] M. I. Ferdiansyach, R. P. Astutik, and P. P. S.S., "Rancang Bangun Sistem Monitoring dan Penyiram Tanaman Otomatis Menggunakan Wemos D1 Berbasis Web," *Semin. Nas. Fortei7-4 Forum Pendidik. Tinggi Tek. Elektro Indones. Reg. VII*, pp. 29–34, 2013.
- [6] M. ASRI and S. SERWIN, "Rancang Bangun Solar Tracking System Untuk Optimasi Output Daya Pada Panel Surya," *J. INSTEK (Informatika Sains dan Teknol.)*, vol. 4, no. 1, pp. 11–20, 2019, [Online]. Available: <https://journal3.uin-alauddin.ac.id/index.php/instek/article/view/6768>
- [7] M. F. Makarim, S. Nurmuslimah, D. Danang, H. Sulaksono, I. T. Adhi, and T. Surabaya, "Sistem Kontrol Otomatis Penyemprotan Pesticida Pada Lahan Pertanian Padi Menggunakan Mikrokontroler Arduino Berbasis Internet of Things," *Pros. Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap.*, pp. 1–32, 2022, [Online]. Available: <http://ejurnal.itats.ac.id/sntekpan/article/view/3443>
- [8] D. Shofa, D. T. Dewi, I. M. Faris, I. F. Baharudin, H. Mitasari, and A. Satito, "Rancang Bangun Mesin Pemberi Pupuk Cair Otomatis Hemat Daya Berbasis Iot untuk Budidaya Tanaman Organik," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 16, no. 1, p. 109, 2021, doi: 10.32497/jrm.v16i1.2062.
- [9] S. Dwiyatno, E. Krisnaningsih, and D. R. Hidayat, "Smart Agriculture Monitoring Penyiraman Tanaman Berbasis Internet of Things," vol. 9, no. 1, 2022.
- [10] R. Damayanti and M. M. Parenreng, "Journal of Applied Smart Electrical Network and Systems (JASENS) Rancang Bangun Smart Home Berbasis Internet of Things," vol. 1, no. 2, pp. 5–9, 2020.
- [11] W. He and M. T. Iqbal, "A Novel Design of a Low-Cost SCADA System for Monitoring Standalone Photovoltaic Systems," *J. Electron. Electr. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 101–109, 2024, doi: 10.37256/jeee.3120244132.
- [12] H. Istiqomah, D. Ariyanti, and L. K. Supratiningsih, "Prototipe Sistem Pengendali Penyiraman Air dan Penyemprotan Pesticida pada Tanaman Bawang Merah Berbasis Mikrokontroler," *Energy - J. Ilm. Ilmu-Ilmu Tek.*, vol. 12, no. 2, pp. 38–48, 2022, doi: 10.51747/energy.v12i2.1185.
- [13] Z. Syamsudin, S. Hidayat, M. N. Effendi, and T. Elektro, "Perencanaan penggunaan plts di stasiun kereta api cirebon jawa barat," vol. 9, no. 15, pp. 70–83, 2017.
- [14] M. P. Yunus Pebriyanto, Neny Kurniawati, Made Dirgantara, Dita Monita, "Penerapan Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Sebagai Sumber Energi Alternatif dalam Budidaya Sistem Hidroponik Di UMKM Maestro Borneo Hidroponik Farm Palangkaraya," vol. 2, no. 8, pp. 5725–5732, 2023.
- [15] S. E. P. Pagan, D. I. Sara, and H. Hasan, "Komparasi Kinerja Panel Surya Jenis Monokristal Dan Polykristal Studi Kasus Cuaca Banda Aceh," *J. Karya Ilm. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 4, pp. 19–23, 2018.
- [16] R. Rifky, D. Mugsidi, A. Fikri, M. Mujiudin, and A. Avorizano, "Pengaruh Arah Sel Surya Berdasar Mata Angin Terhadap Kinerjanya," *J. Teknol. Bahan dan Barang Tek.*, vol. 11, no. 1, p. 37, 2023, doi: 10.37209/jtbtt.v11i1.213.
- [17] A. H. Yuwono, I. S. Faradisa, R. Cahyo, and M. Putra, "Smart Farming Dengan Pembangkit Hybrid Berbasis Iot Sebagai Kontrol Dan Monitoring Di Area Pertanian," *J. Mhs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 1, pp. 16–23, 2024.
- [18] A. H. Yuwono, R. Diharja, and M. Wahyu Solihin, "Sistem Pengisian Daya Secara Wireless Menggunakan IoT Berbasis Tracking Panel Surya," *Pros. SENIATI*, vol. 7, no. 2, pp. 252–258, 2023, doi: 10.36040/seniati.v7i2.8045.
- [19] A. H. Yuwono, M. Rivai, and T. A. Sardjono, "Solar Panel-based Wireless Battery Charging System using Fuzzy Control Method," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 847, no. 1, 2020, doi: 10.1088/1757-899X/847/1/012088.
- [20] S. Hadi, P. Diptya Widayaka, R. Putra, and R. Diharja, "Pengukuran Jarak Pada Mobile Robot Menggunakan Xbee Berdasarkan Nilai Receive Signal Strength Indicator (RSSI)," *Jurnal*, vol. 2, no. 1, pp. 66–70, 2020, doi: 10.30812/bite.v2i1.813.
- [21] C. Empowerment, "Automated steam engine

technology for eco-printing batik: Empowering community economies,” vol. 9, no. 5, pp. 797–803, 2024.

- [22] A. H. Yuwono, D. Pembimbing, P. Magister, B. K. Elektronika, D. T. Elektro, and F. T. Elektro, “Sistem Pengisian Baterai Nirkabel dengan,” 2020.
- [23] M. Ardita, A. H. Yuwono, G. Kusrahardjo, R. P. M. D. Labib, and K. A. Widodo, “Preliminary assessment on the performance of long distance wireless data transmission for disaster early warning system,” *AIP Conf. Proc.*, vol. 3077, no. 1, p. 50067, Jul. 2024, doi: 10.1063/5.0216537.
- [24] R. C. M. Putra, I. S. Faradisa, J. T. Elektro, and F. T. Industri, “Berbasis Iot pada Irigasi Pertanian Bawang Hybrid,” vol. 8, pp. 374–383, 2024.
- [25] I. D. Christanto, R. Diharja, M. Mardiono, P. D. Widayaka, and A. H. Yuwono, “Mirroring Display KWH Meter untuk Memantau Penggunaan Daya Listrik Menggunakan Mikrokontroler ESP32-CAM,” *J. Bumigora Inf. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 161–174, 2022, doi: 10.30812/bite.v3i2.1613.

VII. BIODATA PENULIS



Wingki Albet, lahir di Tuban, 3 Maret 2001. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Kejuruan di SMK Negeri 1 Tuban tahun 2020. Setelah itu pada tahun 2020 penulis melanjutkan Pendidikan Studi diperguruan tinggi swasta Institut Teknologi Nasional Malang program studi Teknik Elektro S-1 dengan konsentrasi Teknik Energi listrik. Akhir kata dari penulis mengucapkan terimakasih dan rasa syukur yang sebanyak-banyaknya atas selesainya penelitian ini dengan judul “Desain Sistem Penyemprotan Tanaman Berbasis Iot dengan Sumber Catu Daya PLTS Sistem Tracking”.

Email penulis yaitu :

wingkialbet030301@gmail.com