

Rancang Bangun Penggerak Panel Surya sebagai Sumber Energi Perangkat Serangga pada Tanaman Timun

Solar Panel Driver Design as a Source of Insect Trapping Energy in Cucumber Plant

Mareli Telaumbanua^{1*}, Sigit Santoso¹, Budianto Lanya¹, Agus Haryanto¹, Krisna Bayu Aji¹, Lina Sari¹

¹Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia.

Email*): mareli.telaumbanua@fp.unila.ac.id

Received:

25 Juli 2026

Revised:

10 September
2026

Accepted:

10 September
2026

Published:

29 September
2026

DOI:

10.29303/jrpb.v
14i2.1244

Available at:

[http://jrpb.unra
m.ac.id/](http://jrpb.unra
m.ac.id/)

Abstract: Cucumber cultivation requires effective pest control, such as the use of light based insect traps. Solar energy serves as a viable alternative power source, particularly in locations with limited access to electricity. This study aimed to design and evaluate a solar panel tracking system based on Light Dependent Resistor (LDR) sensors to supply power to insect traps. The system utilizes two 50 Wp solar panels, LDR sensors, an Arduino microcontroller, a micro servo for light direction detection, and a servo motor as the primary actuator via a pulley mechanism. Testing was conducted at angles of 30°, 60°, 90°, and 120° with 15 minute intervals. Observed parameters included panel position, light intensity, voltage, current, output power, system accuracy, servo response time, and battery energy requirements. The results demonstrated a system accuracy of 95–100% and a servo response time of 0.97–1.43 seconds. Average no load output power over three consecutive days was 37.12 W, 21.75 W, and 16.61 W. With a 2.4 W load, output power was 13.46 W, 16.63 W, and 17.41 W, while with a 5 W load, it was 12.48 W, 12.97 W, and 15.50 W. Daily energy consumption was 222.14 Wh, requiring a minimum battery capacity of 18.51 Ah. The system is capable of tracking light direction and has the potential to support independent energy supply for insect traps in cucumber cultivation.

Keywords: Electrical energy; Pest traps; Solar panels.

Abstrak: Budidaya tanaman timun memerlukan pengendalian hama yang efektif, salah satunya melalui penggunaan perangkat serangga berbasis cahaya. Pemanfaatan energi surya dapat menjadi alternatif sumber energi, terutama pada lokasi dengan keterbatasan akses listrik. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengevaluasi sistem penggerak panel surya berbasis sensor Light Dependent Resistor (LDR) untuk mendukung penyediaan energi pada perangkat serangga. Sistem menggunakan dua panel surya masing-masing berkapasitas 50 Wp, sensor LDR, mikrokontroler Arduino, mikroservo sebagai pendeteksi arah cahaya, dan servo sebagai penggerak utama melalui mekanisme katrol. Pengujian dilakukan pada sudut 30°, 60°, 90°, dan 120° dengan interval 15 menit. Parameter yang diamati meliputi posisi panel, intensitas cahaya, tegangan, arus, daya keluaran, akurasi sistem, waktu respon servo, dan kebutuhan energi baterai. Hasil penelitian menunjukkan akurasi sistem sebesar 95–100% dengan waktu respon servo 0,97–1,43 detik. Daya keluaran rata-rata tanpa beban selama tiga hari berturut-turut sebesar 37,12; 21,75; dan 16,61 W. Pada beban 2,4 W, daya keluaran sebesar 13,46; 16,63; dan 17,41 W, sedangkan pada beban 5 W sebesar 12,48; 12,97; dan 15,50 W. Kebutuhan energi harian sebesar 222,14 Wh dengan kapasitas baterai minimum 18,51 Ah. Sistem mampu mengikuti arah cahaya dan berpotensi mendukung penyediaan energi mandiri untuk perangkat serangga pada budidaya tanaman timun.

Kata kunci: Energi listrik; Panel surya; Perangkat hama.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Alat perangkap serangga pada umumnya memanfaatkan cahaya sebagai atraktan berdasarkan respon fototaksis serangga terhadap sumber cahaya. Ilham *et al*, (2018) menyatakan bahwa serangga memiliki sifat ketertarikan pada lampu yang menghasilkan sumber cahaya. Cahaya yang dipancarkan lampu mampu menarik serangga, terutama pada kondisi malam hari ketika intensitas cahaya lingkungan relatif rendah. Oleh karena itu, karakteristik sumber cahaya, seperti jenis dan intensitasnya, perlu disesuaikan dengan respon serangga agar efektivitas perangkap dapat ditingkatkan. Pemanfaatan cahaya sebagai atraktan juga telah diterapkan pada pengembangan alat pengendali hama menggunakan lampu LED dengan sumber energi panel surya. Ramadani, (2023) menunjukkan bahwa serangga memiliki respon ketertarikan terhadap cahaya lampu pada malam hari sehingga lampu LED dimanfaatkan sebagai komponen utama dalam sistem perangkap hama.

Penggunaan perangkap serangga berbasis cahaya merupakan salah satu alternatif pengendalian hama yang lebih ramah lingkungan dibandingkan penggunaan pestisida secara intensif. Menurut Fitriadi & Putri (2016) pestisida umumnya memberikan efek pengendalian hama secara cepat sehingga penggunaannya cenderung dilakukan secara berulang. Penggunaan pestisida secara intensif dapat memberikan dampak negatif terhadap organisme nontarget dan lingkungan serta meningkatkan risiko resistensi hama. Oleh karena itu, diperlukan alternatif pengendalian yang lebih ramah lingkungan, salah satunya melalui pemanfaatan perangkap serangga berbasis cahaya.

Hairu *et al*, (2018) menyatakan bahwa pengendalian hama selain menggunakan pestisida dapat dilakukan melalui pemanfaatan lampu perangkap pada malam hari. Metode tersebut memanfaatkan respon serangga terhadap cahaya untuk menarik serangga menuju perangkap. Pengendalian menggunakan perangkap cahaya termasuk metode mekanis yang relatif sederhana dan dapat diterapkan sebagai bagian dari strategi pengendalian hama. Selain cahaya tampak, sinar ultraviolet (UV) juga dimanfaatkan sebagai atraktan dalam sistem perangkap serangga. Martikha *et al*, (2024) mengembangkan teknologi pengendalian hama berbasis tenaga surya yang memanfaatkan sinar ultraviolet sebagai salah satu komponen untuk menarik serangga pada malam hari. Telaumbanua *et al*. (2022) telah mengembangkan perangkap serangga otomatis menggunakan yellow LED sebagai atraktan yang diintegrasikan dengan sensor inframerah, kipas, mikrokontroler, dan sumber energi surya. Sistem tersebut mampu mendeteksi 837 serangga dan menangkap 665 serangga dengan efektivitas sebesar 80,87%.

Perangkap serangga berbasis cahaya membutuhkan sumber energi listrik untuk mengoperasikan lampu dan komponen pendukung lainnya. Salah satu sumber energi yang berpotensi digunakan adalah energi surya melalui panel fotovoltaik. Panel surya mengonversi energi radiasi matahari menjadi energi listrik yang selanjutnya dapat digunakan untuk mengoperasikan berbagai peralatan elektronik (Martawati *et al*, 2018). Pemanfaatan energi surya pada bidang pertanian memiliki prospek yang baik karena Indonesia merupakan negara tropis dengan ketersediaan radiasi matahari yang relatif melimpah (Syahid *et al*, 2022). Penggunaan panel surya pada sektor pertanian juga dinilai memiliki keunggulan dari aspek keberlanjutan lingkungan dan efisiensi biaya operasional (Suprayoga *et al*, 2023; Martikha *et al*, 2024; Ulfiana *et al*, 2025). Penelitian Nahor *et al*, (2023) menunjukkan bahwa integrasi lampu LED ultraviolet dengan panel surya dapat digunakan sebagai sistem penyedia energi untuk alat perangkap hama serangga. Sistem tersebut menggunakan panel surya untuk memenuhi kebutuhan energi lampu perangkap sehingga memungkinkan alat dioperasikan pada malam hari dengan memanfaatkan energi yang tersimpan dalam baterai.

Panel surya dapat menjadi sumber energi alternatif untuk peralatan pertanian, khususnya pada lokasi yang memiliki keterbatasan akses terhadap jaringan listrik. Martikha

et al, (2024) menunjukkan bahwa pembangkit listrik tenaga surya dapat digunakan sebagai sumber energi pada sistem pengendalian hama dan memiliki keunggulan karena dapat diterapkan pada wilayah yang sulit memperoleh pasokan listrik dari jaringan PLN. Pemanfaatan energi surya untuk sistem perangkap hama telah dikembangkan oleh Rachmanita *et al*, (2026) melalui teknologi *solar cell automatic trapping*. Sistem ini mengintegrasikan sumber energi surya dengan mekanisme perangkap berbasis cahaya UV dan dirancang untuk bekerja secara otomatis. Meskipun memiliki berbagai keunggulan, kinerja panel surya dipengaruhi oleh intensitas radiasi dan sudut datang sinar matahari. Perubahan posisi semu matahari menyebabkan penerimaan energi pada panel tetap menjadi tidak optimal (Syahab *et al*, 2019).

Berbagai penelitian tersebut telah menunjukkan penerapan energi surya untuk perangkap atau pengendalian hama dan penelitian lain telah mengembangkan sistem pengarah panel surya dengan mengevaluasi mekanisme penggerak panel surya berbasis sensor LDR dengan empat posisi pemindaian yang terintegrasi namun sistem penyedia energi perangkap serangga masih terbatas. Sistem pada penelitian ini menggunakan pemindaian intensitas cahaya pada sudut 30°, 60°, 90°, dan 120° setiap 15 menit, kemudian posisi dengan intensitas cahaya tertinggi digunakan sebagai acuan penggerakan panel melalui mekanisme katrol. Kontribusi penelitian ini terletak pada pengembangan dan evaluasi teknis mekanisme penggerak panel, meliputi akurasi pengendalian posisi, respon servo, karakteristik daya keluaran, kebutuhan baterai, serta validasi sensor LDR sebagai bagian dari sistem penyedia energi untuk perangkap serangga.

Tujuan

Penelitian ini bertujuan merancang sistem penggerak panel surya untuk mengikuti posisi matahari, mengevaluasi pemenuhan kebutuhan listrik alat perangkap serangga, menganalisis akurasi dan stabilitas sistem dalam mengendalikan orientasi panel.

METODE PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan antara lain laptop dengan kelengkapan software AutoCAD beserta Arduino IDE, solder, gergaji besi, mesin gerinda, mesin las, mesin bor, panel surya, inverter, *solar control charge*, tiang besi, besi siku, alumunium, lem, Mikrokontroller Arduino, pompa air, *relay*, papan akrilik, sensor inframerah tipe E18-D50NK, kipas, resistor, DC to DC *step down*, lampu LED, *Liquid Crystal Display* (LCD) I2c, sensor *Light Dependent Resistor* (LDR), motor servo 70 kg, mikro servo 9 g, baterai, multimeter, dan kabel.

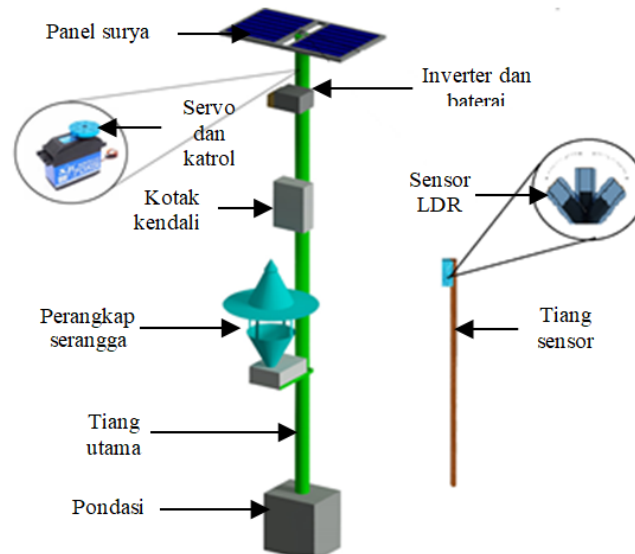
Metode

Penelitian ini merancang sistem pengendali posisi panel surya yang ditujukan untuk mengoptimalkan penerimaan sinar matahari pada sudut 30°, 60°, 90°, dan 120° terhadap arah datangnya sinar matahari. Sistem tersebut juga dilengkapi dengan komponen perangkap serangga sehingga perlu dievaluasi kemampuannya dalam memenuhi kebutuhan energi listrik selama pengoperasian. Tahapan penelitian meliputi pembuatan skematik, pembuatan kerangka utama, perakitan komponen dan sistem kendali, pemrograman, kalibrasi, validasi sensor, pengujian kinerja alat, serta pengambilan data. Parameter yang diamati meliputi sudut pergerakan servo, sudut orientasi panel surya, intensitas cahaya matahari, tegangan dan arus listrik yang dihasilkan panel.

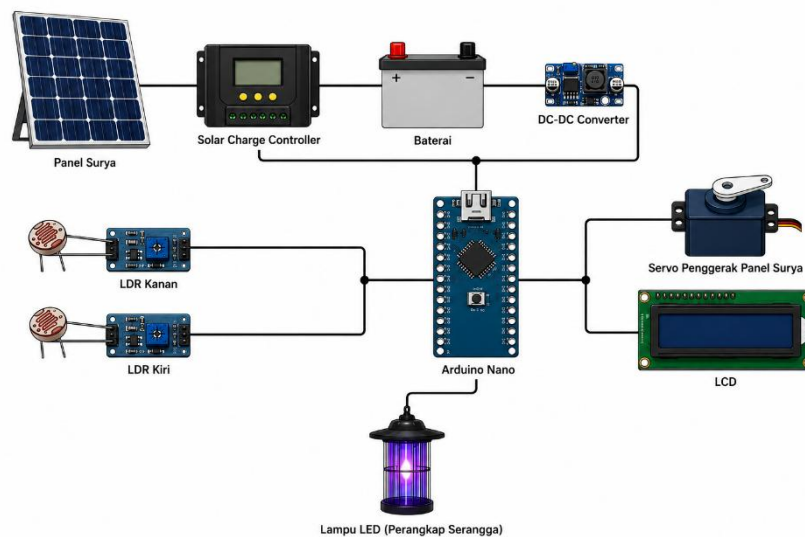
Perakitan Alat

Proses perakitan alat diawali dengan menentukan posisi datangnya sinar matahari, mulai dari saat matahari terbit hingga terbenam. Selanjutnya, sensor LDR dihubungkan

dengan mikro servo 9 g untuk mendeteksi perubahan intensitas cahaya matahari dan mengarahkan posisi panel sesuai dengan arah datangnya cahaya. Sensor dan mikro servo kemudian dipasang pada tiang kayu sebagai bagian dari mekanisme pendeteksi arah cahaya. Pada bagian penggerak utama, servo 70 kg dipasang pada kerangka utama dan dihubungkan dengan sistem katrol menggunakan tali nilon yang dikaitkan pada kedua ujung panel surya. Sistem katrol berfungsi sebagai penghubung antara servo dan panel surya sekaligus membantu mengurangi beban kerja servo dalam menggerakkan panel. Selanjutnya, seluruh komponen dirangkai dan dipasang hingga membentuk sistem pengendalian panel surya secara utuh. Gambar 1 dan 2 menunjukkan keseluruhan rangkaian sistem pengendali panel surya yang terintegrasi dengan alat perangkat serangga.



Gambar 1. Perakitan alat penggerak panel surya



Gambar 2. Skematik rangkaian

Mekanisme Kerja

Mekanisme kerja alat penggerak panel surya diawali dengan pemindaian intensitas cahaya matahari setiap 15 menit menggunakan sensor LDR yang dipasang pada mikro servo 9 g. Pemindaian dilakukan pada sudut 30°, 60°, 90°, dan 120° sesuai dengan program yang telah ditentukan. Nilai intensitas cahaya pada setiap sudut kemudian dibandingkan untuk menentukan nilai tertinggi sebagai acuan posisi panel surya. Misalnya, apabila intensitas

cahaya tertinggi terdeteksi pada sudut 30°, maka servo 70 kg akan mengarahkan panel surya ke posisi 30° sehingga panel memperoleh paparan cahaya secara optimal. Energi cahaya yang diterima panel surya dikonversi menjadi energi listrik dan dialirkan ke *solar charge controller* untuk mengatur proses pengisian baterai 12 V. Apabila baterai telah terisi penuh, *solar charge controller* secara otomatis memutus arus pengisian dari panel surya. Energi dari baterai selanjutnya dialirkan melalui DC to DC *step down converter* untuk menurunkan tegangan dari 12 V menjadi 5 V sebagai sumber daya mikrokontroler Arduino. Sementara itu, energi listrik dari baterai juga dialirkan ke *inverter* untuk mengubah arus searah (DC) menjadi arus bolak-balik (AC) yang digunakan untuk mengoperasikan *relay* dan aktuator, seperti kipas, lampu LED, dan pompa air.

Parameter Pengamatan

Beberapa parameter pengamatan ditentukan untuk mengevaluasi kinerja dan kemampuan alat berdasarkan besaran yang diperlukan dalam pengujian. Pada penelitian ini menggunakan perhitungan sebagai berikut:

1. Panel Surya

Hasil besaran energi cahaya matahari yang datang (P_{in}) menuju panel surya yang dihitung dengan Persamaan 1 berikut:

$$P_{in} = I \cdot A_p \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

P_{in} = Energi/ daya masuk ke panel surya (Watt)

A_p = Luas permukaan panel (m^2)

I = Intensitas radiasi matahari saat pengamatan (Watt/ m^2)

Hasil keluaran energi dari panel surya (P_{out}) dihitung dengan Persamaan 2 berikut ini:

$$P_{out} = V \cdot I \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

P_{out} = Energi/ daya keluaran dari panel surya (Watt)

V = Voltase yang terjadi (Volt)

I = Kuat arus (Ampere)

Perhitungan efisiensi dihitung melalui Persamaan 3 sebagai berikut:

$$Efisiensi = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

P_{in} = Energi/ daya masuk ke panel surya (Watt)

P_{out} = Energi/ daya keluaran dari panel surya (Watt)

2. Daya Baterai

Daya baterai dihitung dengan Persamaan 4 berikut:

$$P = V \times I \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

P = Daya (Watt)

V = Tegangan baterai (Volt)

I = Kapasitas baterai (Ah)

Sedangkan untuk mengetahui lama penggunaan baterai untuk mengoperasikan alat dihitung menggunakan Persamaan 5.

$$\text{Lama pemakaian} = \frac{\text{Kapasitas baterai}}{\text{Arus kerja}} \dots\dots\dots(5)$$

Kalibrasi dan Validasi Sensor

Kalibrasi sensor LDR dilakukan dengan menempatkan sensor LDR dan *luxmeter* pada posisi yang sama dan tegak lurus terhadap sumber cahaya. Proses kalibrasi dilakukan dengan pengukuran nilai sensor yang ditampilkan LCD kemudian dibandingkan dengan hasil yang terdapat pada *lux meter*. Proses kalibrasi cahaya diawali dengan keadaan gelap hingga keadaan ruangan yang terang. Nilai yang dihasilkan oleh sensor akan semakin besar jika jarak antara sumber cahaya dengan sensor semakin dekat. Hasil pengukuran intensitas cahaya menggunakan sensor dan kalibrator berupa *lux meter* tersebut kemudian dimasukkan ke dalam grafik. Hasil pembacaan sensor diwakilkan dengan sumbu x sedangkan hasil pembacaan *lux meter* diletakkan pada sumbu y. Grafik tersebut akan menghasilkan persamaan regresi linear yang kemudian dimasukkan ke dalam program mikrokontroler untuk menghasilkan nilai yang sesuai antara sensor dengan *lux meter* untuk pembacaan intensitas cahaya (Telaumbanua *et al*, 2024).

Pengujian Alat

Pengujian pada alat untuk penelitian berupa akurasi alat, respon servo, dan stabilitas alat. Pengujian tingkat keakurasian alat dilakukan untuk mengetahui hasil dari tingkat akurasi suatu alat dengan hasil *setting point* yang telah ditentukan pada program (Telaumbanua *et al*, 2019). Pengujian tingkat akurasi alat dihitung menggunakan persamaan 6 berikut.

$$\begin{aligned} \text{Ketidakakurasian} & \dots\dots\dots(6) \\ &= \frac{x}{SP} \times 100\% \end{aligned}$$

$$\underline{X} = \frac{\sum_{i=1}^n |SP - N_{Ai}|}{n} \times 100 \% \dots\dots\dots(7)$$

$$\text{Akurasi} = 100\% - \text{Ketidakakurasian} \dots\dots\dots(8)$$

Keterangan:

- $\underline{X}$ = Nilai rata-rata
- SP = Nilai *setting point*
- N_{Ai} = Nilai aktual ke-i
- n = Jumlah data

Pengujian respon sistem pada penelitian ini berfungsi sebagai media untuk mengetahui bentuk dari jenis sinyal masukan terhadap karakteristik suatu sistem dalam bentuk kurva. Sinyal masukan tersebut memiliki jenis yang dapat diketahui dari bentuk masukan yang secara kontinu sering muncul pada sistem. Jenis kurva disebut fungsi ramp jika fungsi waktu tidak ditentukan untuk masukannya. Jika suatu sistem secara bertahap diberikan sebuah gangguan, maka sistem termasuk ke dalam fungsi tangga (*step*), dan jika diberikan gangguan kejut pada suatu sistem, maka sistem termasuk ke dalam fungsi impulse (Putri *et al*, 2023).

Stabilitas sistem menunjukkan kemampuan alat dalam mempertahankan kondisi kerja secara konsisten sehingga menghasilkan kinerja yang linear. Menurut Djalal dan Faisal (2019), stabilitas sistem tenaga listrik terdiri atas kestabilan *steady state* dan *transient*. Kestabilan *steady*

state merupakan kemampuan sistem untuk kembali dan mempertahankan kondisi pada *set point* setelah terjadi gangguan, sedangkan kestabilan *transient* berkaitan dengan kemampuan sistem menghadapi gangguan besar, seperti pemadaman, gangguan saluran, dan *short circuit*. Sistem dikatakan stabil apabila mampu mempertahankan kondisi dan tegangan secara konsisten. Pengujian stabilitas penting dilakukan untuk mengetahui kemampuan alat dalam mempertahankan kinerjanya selama pengoperasian. Ketidakstabilan sistem kendali dapat memengaruhi kinerja alat perangkat serangga, terutama apabila hasil pembacaan sensor LDR menyimpang dari pengukuran *lux meter*. Kondisi tersebut dapat menyebabkan posisi panel surya tidak optimal sehingga intensitas radiasi matahari yang diterima dan energi listrik yang dihasilkan menjadi kurang maksimal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangan penggerak panel surya terdiri atas lima bagian utama, yaitu panel surya, sendi pada tiang penyangga, mekanisme penggerak panel, sistem kendali, dan sistem penyimpanan daya berupa baterai. Panel surya berfungsi mengonversi energi matahari menjadi energi listrik arus searah (DC). Penelitian ini menggunakan dua panel surya berkapasitas masing-masing 50 Wp dengan dimensi 54 cm × 67 cm × 3 cm. Tiang penyangga dilengkapi dua buah sendi yang berfungsi memudahkan pergerakan panel terhadap tiang utama. Mekanisme penggerak panel menggunakan sistem katrol yang mampu mengatur posisi panel sesuai sudut yang telah ditentukan dalam program. Sistem kendali terdiri atas Arduino, sensor LDR, dan mikroservo yang berfungsi mendeteksi intensitas cahaya dan mengarahkan posisi panel. Sementara itu, sistem penyimpanan dan penyaluran daya berfungsi menyimpan energi listrik yang dihasilkan panel surya serta menyalurkannya ke berbagai komponen alat sesuai kebutuhan.

Hasil Perancangan Sistem Kendali

Sistem kendali dapat berfungsi dengan baik dalam mengendalikan panel surya menuju intensitas cahaya yang terbaik. Besarnya energi yang diperlukan untuk mengendalikan panel surya dapat dilihat pada Tabel 1, 2, dan 3.

Tabel 1. Energi yang dibutuhkan untuk menggerakkan panel surya saat tiang penopang panel surya pada kondisi sudut 90° tegak lurus

Pegerakan Panel (Sudut)	Tegangan (V)	Arus (A)
30° ke 60°	7,8 - 7,9	1,50 - 2,73
60° ke 30°	7,8 - 7,9	0,01 - 0,02
60° ke 90°	7,8 - 7,9	1,45 - 2,54
90° ke 60°, dan 120°	7,8 - 7,9	0,02 - 0,03
120° ke 90°	7,8 - 7,9	1,32 - 1,75

Tabel 2. Energi yang dibutuhkan untuk menggerakkan panel surya saat tiang penopang panel surya pada kondisi sudut 70° ke selatan

Pegerakan Panel (Sudut)	Tegangan (V)	Arus (A)
30° ke 60°	7,7 - 7,9	2,83 - 3,02
60° ke 30°	7,7 - 7,9	0,01 - 0,02
60° ke 90°	7,7 - 7,9	1,7 - 3,03
90° ke 60° atau 120°	7,7 - 7,9	0,03 - 0,05
120° ke 90°	7,7 - 7,9	2,11 - 2,81

Tabel 3. Energi yang dibutuhkan untuk menggerakkan panel surya saat tiang penopang panel surya pada kondisi sudut 110° ke utara

Pegerakan Panel (Sudut)	Tegangan (V)	Arus (A)
30° ke 90°	7,7 - 7,9	2,26 - 2,65
60° ke 30°	7,7 - 7,9	0,01 - 0,02
60° ke 90°	7,7 - 7,9	1,55 - 2,61
90° ke 60° atau 120°	7,7 - 7,9	0,03 - 0,04
120° ke 90°	7,7 - 7,9	1,09 - 1,81

Berdasarkan Tabel 1 – 3 dapat dilihat bahwa penggerak untuk panel surya dari tiap-tiap sudut menghasilkan tegangan tetap yaitu berada pada *range* tegangan 7,7 – 7,9 V. Hasil pengukuran arus listrik terhadap kondisi penopang berada tegak lurus atau pada posisi sudut 90° menghasilkan nilai yang berbeda, kemudian saat panel surya berubah posisi dari sudut 30° menuju ke 60° menghasilkan besaran arus listrik dari 1,50 – 2,73 A, sedangkan ketika berada pada sudut 60° menuju ke 30° arus listrik yang dihasilkan adalah sebesar 0,01 - 0,02 A. Perbedaan hasil pembacaan nilai arus ini terjadi ketika panel surya berubah posisi menjadi naik, sehingga beban yang lebih besar akan diterima oleh servo dibandingkan dengan keadaan panel surya saat bergerak turun. Perbedaan nilai ini juga berlaku pada saat posisi tiang penopang berada pada sudut 70° dan 110° serta kondisi panel yang melakukan pergerakan pada sudut lainnya.

Sudut Panel Surya

Penelitian ini melakukan pengukuran besar sudut panel surya yang terbentuk, kemudian diukur dengan bantuan alat berupa jangka dan baskom bulat yang telah ditentukan sudut-sudutnya. Selain bantuan alat tersebut terdapat pula sebuah lingkaran yang terdapat pada servo sehingga dapat berfungsi sebagai penunjuk posisi katrol dan menghubungkan antara panel surya dengan servo. Besar sudut yang digerakkan melalui servo mengikuti hasil pemindaian besarnya nilai intensitas cahaya yang terekam pada sensor LDR. Berdasarkan hasil pengukuran, sudut pergerakan aktual panel surya menunjukkan perbedaan dengan sudut yang diatur pada servo. Perbedaan tersebut disebabkan oleh rasio yang berbeda antara kedua komponen, diameter katrol yang digunakan lebih kecil dibandingkan panel surya. Pemberian beban berupa lampu 2, 4, dan 5 Watt tidak terlalu berpengaruh untuk menghasilkan posisi sudut pada panel dan servo. Sudut yang berbeda dipengaruhi oleh cuaca dan arah datangnya sinar matahari setiap hari. Suwanti *et al*, (2019) menyatakan daya yang dihasilkan pada panel surya umumnya dipengaruhi oleh intensitas penyinaran matahari, suhu pada permukaan, dan sudut penyinaran matahari. Intensitas matahari akan memuat arus listrik yang besar jika intensitas matahari yang masuk ke dalam panel surya sangat banyak, begitu pula dengan hasil tegangan listrik yang dihasilkan akan lebih stabil dan menghasilkan daya listrik semakin besar. Semakin tegak lurus arah datangnya sinar matahari terhadap permukaan panel surya, yaitu mendekati sudut 90°, semakin besar tegangan dan arus listrik yang dihasilkan. Selain itu, suhu permukaan yang diterima oleh panel surya dapat mempengaruhi daya yang dihasilkan.

Pengujian Panel Surya

Tahap pengujian pada panel surya diawali dengan pengukuran terhadap besaran sudut pergerakan dari motor servo dan posisi panel beserta daya listrik yang masuk ke dalam baterai penyimpanan. Proses pengukuran sudut dilakukan dengan mengukur hasil simpangan sudut-sudut yang telah ditentukan ketika posisi panel surya berada pada sudut 30°, 60°, 90°, dan 120°. Pengambilan data dilakukan dengan mengambil data yang diukur seperti intensitas cahaya, tegangan panel surya, arus yang dihasilkan, suhu permukaan, sudut pada panel surya, dan sudut servo selama interval waktu setiap 15 menit sekali.



Gambar 3. Pengukuran tegangan

Hasil pengukuran intensitas cahaya yang terdapat pada panel surya diukur menggunakan bantuan alat *lux meter*. Setelah didapatkan hasil intensitas cahaya melalui *lux meter*, kemudian data tersebut diubah ke dalam satuan Watt/m² dengan besaran konversi 1 lux = 0,0079 Watt/m² (Muin *et al*, 2020). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa intensitas cahaya matahari mengalami fluktuasi selama pengamatan. Hal ini tidak dipengaruhi oleh penggunaan beban 2,4 W atau 5 W, melainkan disebabkan oleh cuaca yang berawan atau mendung pada saat melakukan pengukuran. Menurut Priani *et al*, (2025), kapasitas kinerja panel surya dipengaruhi oleh temperatur pada lingkungan, radiasi matahari, kecepatan angin, kelembaban, sudut kemiringan dan orientasi modul. Penerimaan radiasi matahari pada permukaan bumi memiliki variasi penerimaan berbeda karena perbedaan lokasi dan waktu. Perbedaan geografis seperti garis lintang, atmosfer, zona waktu, dan keadaan cuaca merupakan hal yang dapat mempengaruhi hasil dari penerimaan intensitas cahaya. Proses pengukuran tegangan dilihat pada Gambar 3. Hasil pengukuran dan perhitungan nilai rata-rata tegangan, arus, intensitas cahaya, P_{in} , P_{out} , dan efisiensi pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4, 5, dan 6.

Tabel 4. Pengujian panel surya dengan beban 2,4 Watt

Hari ke	Nilai rata-rata						
	Tegangan (V)	Arus (A)	Intensitas cahaya (Watt/m ²)	Perkiraan Waktu	P_{out} (Watt)	P_{in} (Watt)	Efisiensi (%)
1	19,43	0,68	498,69	10.45	13,46	350,08	5,32
2	20,12	0,82	352,67	11.15	16,63	247,57	7,44
3	19,99	0,86	579,00	09.15	17,41	406,46	6,55

Tabel 5. Pengujian panel surya dengan beban 5 Watt

Hari ke	Nilai rata-rata						
	Tegangan (V)	Arus (A)	Intensitas cahaya (Watt/m ²)	Perkiraan Waktu	P_{out} (Watt)	P_{in} (Watt)	Efisiensi (%)
1	18,57	0,66	395,84	10.30	12,48	277,88	4,84
2	18,61	0,68	394,53	12.30	12,97	276,96	6,41
3	18,77	0,82	687,06	08.15	15,50	482,32	3,71

Tabel 6. Pengujian panel surya tanpa beban

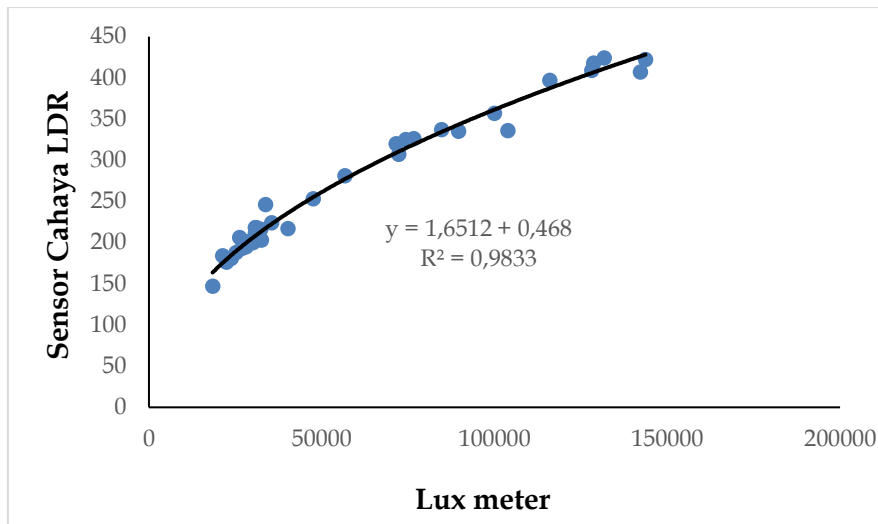
Hari ke	Nilai rata-rata						
	Tegangan (V)	Arus (A)	Intensitas cahaya (Watt/m ²)	Perkiraan Waktu	P _{out} (Watt)	P _{in} (Watt)	Efisiensi (%)
1	20,07	1,84	487,79	10.15	37,12	342,43	16,54
2	19,87	1,09	342,93	13.00	21,75	240,74	10,03
3	18,51	0,85	468,34	12.30	16,61	328,77	6,80

Tabel 4, 5, dan 6 menunjukkan adanya perbedaan nilai rata-rata tegangan, arus, intensitas cahaya, daya masukan (P_{in}), daya keluaran (P_{out}), dan efisiensi panel surya pada setiap hari pengamatan. Perbedaan tersebut dipengaruhi oleh kondisi cuaca dan perubahan intensitas cahaya matahari selama pengukuran. Daya keluaran panel surya tanpa beban cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi menggunakan beban 2,4 Watt dan 5 Watt. Hal ini disebabkan oleh adanya konsumsi daya ketika panel digunakan untuk menyuplai beban, selain pengaruh perubahan kondisi cuaca selama pengukuran.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa daya keluaran panel surya mengalami fluktuasi antar hari. Pada kondisi tanpa beban, daya keluaran rata-rata sebesar 37,12 W pada hari pertama, 21,75 W pada hari kedua, dan 16,61 W pada hari ketiga. Pada beban 2,4 W, daya keluaran rata-rata masing-masing sebesar 13,46; 16,63; dan 17,41 W, sedangkan pada beban 5 W sebesar 12,48; 12,97; dan 15,50 W. Perbedaan tersebut tidak dapat diinterpretasikan hanya sebagai akibat perubahan beban karena intensitas cahaya pada masing-masing hari juga berbeda. Kananda (2019) menyatakan bahwa daya keluaran panel surya dipengaruhi oleh intensitas radiasi matahari serta posisi dan orientasi panel. Putra & Ramadhan, (2023) juga menjelaskan bahwa perubahan kondisi cuaca, seperti cerah dan mendung, menyebabkan fluktuasi intensitas cahaya matahari yang diterima panel. Selain itu, Suwarti *et al*, (2019) menyatakan bahwa peningkatan suhu permukaan panel dapat menyebabkan tegangan menurun, sedangkan arus cenderung relatif tetap. Oleh karena itu, perubahan suhu dan intensitas cahaya selama pengujian juga memengaruhi daya keluaran panel surya.

Kalibrasi Sensor Cahaya LDR

Pengambilan data kalibrasi sensor cahaya LDR dilakukan dengan menggunakan *lux meter* sebagai alat pembanding atau kalibrator. Kalibrasi bertujuan untuk menyesuaikan hasil pembacaan sensor LDR agar mendekati nilai yang dihasilkan oleh alat ukur standar dalam mengukur intensitas cahaya. Pengukuran dilakukan dengan menempatkan sensor LDR dan *lux meter* secara bersamaan pada posisi yang sama, yaitu tegak lurus (90°) terhadap arah datangnya sumber cahaya. Data kalibrasi dikumpulkan pada pukul 08.00–17.00 WIB dengan interval pengukuran 15 menit. Selanjutnya, hasil pembacaan sensor LDR dibandingkan dengan nilai *lux meter* dan dianalisis menggunakan regresi linear untuk memperoleh hubungan antara kedua alat ukur. Grafik hubungan dan persamaan regresi linear hasil kalibrasi ditampilkan pada Gambar 4.

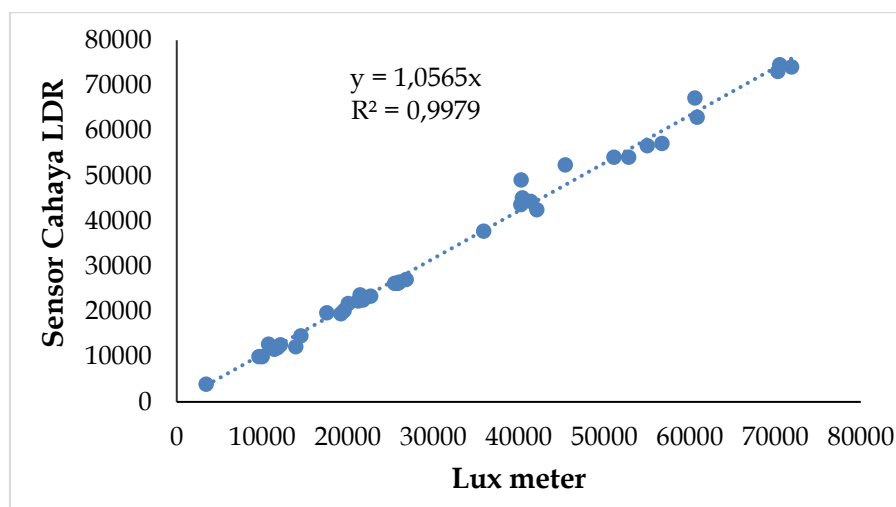


Gambar 4. Kalibrasi sensor cahaya LDR

Berdasarkan Gambar 4, hubungan antara sensor LDR dan *lux meter* sebagai alat kalibrator menunjukkan hasil pengukuran yang relatif mendekati. Hasil kalibrasi menghasilkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9801 dengan persamaan regresi linear $y = 1,6512x + 0,468$. Nilai R^2 tersebut menunjukkan adanya hubungan yang sangat kuat antara pembacaan sensor LDR dan *lux meter*. Persamaan regresi linear selanjutnya digunakan sebagai fungsi koreksi untuk menyesuaikan hasil pembacaan intensitas cahaya dari sensor LDR. Persamaan tersebut dimasukkan ke dalam program pada Arduino IDE dan diunggah ke mikrokontroler.

Validasi Sensor Cahaya LDR

Validasi dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor LDR dalam menghasilkan pembacaan intensitas cahaya secara optimal dan konsisten. Proses validasi dilakukan dengan membandingkan nilai intensitas cahaya yang terbaca oleh sensor LDR dengan nilai yang dihasilkan oleh *lux meter* sebagai alat ukur pembandingan. Data hasil pengukuran dari kedua alat kemudian dianalisis dan disajikan dalam bentuk grafik menggunakan Microsoft Excel untuk mengetahui hubungan antara pembacaan sensor LDR dan *lux meter*. Hasil validasi sensor LDR ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Validasi sensor cahaya LDR

Hasil validasi sensor cahaya LDR menunjukkan hubungan yang sangat kuat antara nilai intensitas cahaya yang terukur oleh *lux meter* dan nilai pembacaan sensor LDR. Hubungan tersebut ditunjukkan oleh persamaan regresi $y=1,0565x$ dengan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,9979. Nilai R^2 yang mendekati 1 menunjukkan bahwa pembacaan sensor LDR memiliki kesesuaian yang sangat tinggi terhadap nilai *lux meter* pada seluruh rentang pengujian. Koefisien regresi sebesar 1,0565 menunjukkan bahwa perubahan nilai pembacaan sensor LDR mengikuti perubahan intensitas cahaya secara hampir proporsional. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sensor LDR memiliki respon yang konsisten terhadap perubahan intensitas cahaya sehingga dapat digunakan sebagai sensor masukan untuk mengendalikan posisi panel surya.

Konsumsi Daya Baterai

Proses pengukuran konsumsi daya baterai berfungsi untuk mengetahui besarnya energi yang digunakan selama penelitian. Menurut Nandika & Gunoto, (2018) baterai berfungsi menyimpan energi listrik yang dihasilkan panel surya pada siang hari untuk digunakan saat intensitas cahaya menurun atau pada malam hari. Kapasitas baterai perlu disesuaikan dengan kebutuhan beban listrik dan durasi pengoperasian alat agar mampu menyediakan energi secara optimal. Pada penelitian ini digunakan *solar charge controller* yang dilengkapi dengan sistem pemutusan pengisian secara otomatis ketika baterai telah mencapai kapasitas penuh. Fitur tersebut berfungsi mencegah *overcharge* yang dapat menurunkan kinerja dan memperpendek umur pakai baterai.

Konsumsi energi pada alat berlangsung selama 24 jam. Pada siang hari, baterai secara otomatis diisi oleh panel surya melalui *solar charge controller*, sementara energi listrik yang dihasilkan juga disalurkan untuk memenuhi kebutuhan beban alat. *Solar charge controller* berfungsi mengatur pengisian baterai dan penyaluran energi listrik ke beban. Pengujian dengan beban 2,4 W dan 5 W dilakukan setiap 15 menit selama tiga hari pada pukul 08.00–17.00 WIB, sedangkan pengukuran pada pukul 17.00–07.00 WIB dilakukan setiap satu jam. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa tegangan baterai meningkat secara bertahap selama proses pengisian pada pukul 08.00–17.00 WIB dan menurun secara perlahan pada malam hingga pagi hari ketika tidak memperoleh suplai energi dari panel surya. Perubahan tegangan tersebut dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari yang diterima panel, bukan perbedaan beban 2,4 Watt dan 5 Watt. Penurunan tegangan terjadi setelah matahari terbenam karena panel surya tidak lagi menghasilkan energi untuk mengisi baterai. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengoperasikan lampu dengan beban 2,4 W dan 5 W secara kontinu selama tiga hari tanpa kendala.

Akurasi

Uji akurasi dilakukan untuk mengetahui tingkat ketepatan sistem kendali dalam mengarahkan panel surya sesuai dengan *setting point* berdasarkan intensitas cahaya yang terdeteksi oleh sensor LDR. Nilai akurasi dihitung pada setiap pengujian, kemudian dirata-ratakan untuk memperoleh tingkat akurasi harian. Ketidakakuratan dapat terjadi akibat ketidaksesuaian pergerakan servo dengan sudut yang memiliki intensitas cahaya tertinggi. Selain itu, nilai intensitas cahaya yang sama pada dua atau lebih sudut dapat menyebabkan servo tidak dapat menentukan posisi dengan intensitas cahaya optimum sesuai program. Hasil pengujian menunjukkan bahwa akurasi pengendali panel surya tanpa beban pada hari pertama hingga ketiga masing-masing sebesar 98,6%; 97,7%; dan 98,1%. Pada beban 2,4 W, akurasi yang diperoleh berturut-turut sebesar 100%; 96,9%; dan 95%. Sementara itu, pada beban 5 W diperoleh akurasi sebesar 97,96% pada hari pertama; 96,79% pada hari kedua; dan 100% pada hari ketiga. Tingkat akurasi yang tinggi menunjukkan bahwa servo sebagai penggerak panel surya mampu bekerja dengan baik dalam mengarahkan panel berdasarkan intensitas cahaya yang terdeteksi.

Kecepatan Respon Servo

Kecepatan respon sistem merupakan parameter yang menunjukkan waktu yang diperlukan motor servo untuk mengubah posisi panel surya dari kondisi awal menuju sudut yang telah ditentukan dalam program. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan pada sudut 30°, 60°, 90°, dan 120°, dengan posisi tiang penopang pada sudut 70° menghadap selatan, 90° tegak lurus, dan 110° menghadap utara. Hasil pengujian menunjukkan bahwa respon servo tercepat diperoleh pada posisi tiang penopang 90°, dengan pergerakan panel dari sudut 90° menuju 60° dan 120°, waktu respon rata-rata sebesar 0,97 detik. Sebaliknya, respon paling lambat diperoleh pada posisi tiang penopang 110° dengan pergerakan panel dari sudut 30° menuju 60°, yaitu sebesar 1,43 detik. Variasi waktu respon menunjukkan bahwa kinerja servo dipengaruhi oleh posisi dan kemiringan panel surya. Semakin besar kemiringan panel, semakin besar pula torsi yang diperlukan untuk menggerakkan beban, sehingga waktu respon cenderung meningkat. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa karakteristik beban dan sudut kemiringan panel merupakan faktor yang lebih dominan terhadap kecepatan respon dibandingkan posisi tiang penopang. Waktu respon yang diperoleh menunjukkan bahwa sistem penggerak mampu melakukan penyesuaian posisi panel secara relatif cepat sesuai dengan sudut kendali yang telah ditetapkan.

Kapasitas dan Waktu Pemakaian Baterai

Kapasitas baterai merupakan kemampuan suatu baterai dalam menyimpan energi listrik dan mengalirkan ke suatu rangkaian elektronika yang diberi beban dalam kurun waktu tertentu. Ramadhan *et al*, (2022) mengatakan bahwa kapasitas baterai ditentukan dari spesifikasi baterai yang digunakan dengan menghitung beban pada suatu rangkaian elektronika. Hasil rata-rata konsumsi energi listrik pada umumnya untuk alat-alat lainnya seperti *inverter*, *solar charge controller* atau komponen lainnya yang digunakan memiliki toleransi sebesar 35% jika digunakan. Data penggunaan beban listrik pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Data penggunaan beban listrik

Jenis Beban Listrik	Jumlah	Waktu (Jam)	Daya (Watt)	Konsumsi Pemakaian (Wh)
Lampu Putih	1	13,00	5,00	65,00
Lampu Kuning	1	13,00	0,12	1,56
Lampu Biru	1	13,00	0,12	1,56
Kipas	1	0,15	25,00	3,75
Pompa	1	3,70	25,00	92,50
Total			55,24	164,55

Total kebutuhan energi listrik harian pada penelitian ini sebesar 222,14 Wh; dengan kebutuhan kapasitas baterai sekitar 18,51 Ah. Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan konsumsi daya, kapasitas baterai yang digunakan perlu lebih besar daripada kapasitas minimum yang dibutuhkan agar mampu memenuhi kebutuhan energi selama pengoperasian. Oleh karena itu, digunakan baterai bertegangan 12 V dengan kapasitas 45 Ah untuk pengujian durasi penggunaan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa baterai mampu menyuplai beban selama 5 jam 48 menit dengan total beban sebesar 74,57 Watt dan arus sebesar 6,12 A. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kapasitas baterai yang digunakan mampu mendukung pengoperasian alat selama periode pengujian.

Efektivitas Perangkat Serangga pada Tanaman Timun

Efektivitas perangkat serangga menunjukkan kemampuan sistem dalam menangkap dan menyebabkan kematian serangga yang masuk ke dalam perangkat. Berdasarkan

pengamatan selama 10 hari, diperoleh rata-rata 129,9 ekor serangga datang, 113,0 ekor serangga masuk, dan 100,8 ekor serangga mati per hari. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perangkat dapat beroperasi dengan baik dalam menangkap serangga yang tertarik oleh sumber cahaya dan mengarahkan serangga menuju mekanisme penangkapan. Tingginya jumlah serangga yang berhasil masuk dan kemudian mati menunjukkan bahwa komponen perangkat mampu menjalankan fungsinya selama periode pengamatan. Selain itu, penggunaan lampu LED sebagai atraktan berperan dalam menarik serangga menuju area perangkat, sedangkan sistem penyedia energi mendukung pengoperasian komponen perangkat secara berkelanjutan.

Tabel 8. Efektivitas perangkat serangga pada tanaman timun

Hari ke-	Serangga datang (ekor)	Serangga masuk (ekor)	Serangga mati (ekor)	Efektivitas (%)
1	138	124	111	89,52
2	137	122	109	89,34
3	115	103	92	89,32
4	117	104	93	89,42
5	107	95	85	89,47
6	131	117	104	88,89
7	132	116	103	88,79
8	128	114	102	89,47
9	129	115	102	88,70
10	135	120	107	89,17
Rerata	129,9	113,0	100,8	89,21

Perbedaan jumlah serangga yang terdeteksi dengan serangga yang masuk ke dalam perangkat menunjukkan bahwa tidak seluruh serangga yang terdeteksi berhasil tertangkap. Kondisi tersebut dapat disebabkan oleh serangga yang terjatuh di luar reservoir atau mampu menghindari mekanisme penangkapan. Kemampuan terbang dan manuver juga dapat memengaruhi keberhasilan penangkapan, terutama pada kelompok *Bactrocera* spp. yang memiliki aktivitas pergerakan pada berbagai tanaman inang (Syahfari & Mujiyanto, 2013; Agastya & Karamina, 2016). Panel surya berperan sebagai sumber energi yang disimpan dalam baterai dan digunakan untuk mengoperasikan lampu LED, kipas, dan pompa. Ketersediaan energi tersebut mendukung kontinuitas kerja komponen perangkat sehingga proses penarikan, penangkapan, dan pengendalian serangga dapat berlangsung selama pengoperasian alat (Telaumbanua et al., 2022). Efektivitas sebesar 89,21% menunjukkan bahwa mekanisme perangkat dapat bekerja dengan baik, sedangkan sistem panel surya berfungsi sebagai penyedia energi untuk mendukung pengoperasian perangkat secara mandiri.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, sistem penggerak panel surya berbasis sensor LDR dan mekanisme katrol mampu mengarahkan panel pada posisi 30°, 60°, 90°, dan 120° berdasarkan intensitas cahaya yang terdeteksi. Sistem kendali menunjukkan tingkat akurasi sebesar 95–100% pada berbagai kondisi pengujian, sedangkan waktu respon servo berada pada 0,97–1,43 detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa mekanisme penggerak mampu melakukan penyesuaian posisi panel terhadap sudut kendali yang telah ditentukan. Kebutuhan energi listrik harian sistem sebesar 222,14 Wh atau setara dengan kapasitas baterai minimum sekitar 18,51 Ah pada tegangan nominal 12 V. Baterai yang digunakan memiliki kapasitas 12 V 45 Ah

dan pada pengujian mampu menyuplai beban sebesar 74,57 W dengan arus 6,12 A selama 5 jam 48 menit. Sistem penyimpanan energi yang digunakan mampu mendukung pengoperasian beban selama periode pengujian. Daya keluaran panel surya menunjukkan variasi antar hari yang dipengaruhi oleh perubahan intensitas cahaya, kondisi cuaca, dan kondisi termal panel. Daya keluaran rata-rata tanpa beban selama tiga hari sebesar 37,12; 21,75; dan 16,61 W, sedangkan pada beban 2,4 W masing-masing sebesar 13,46; 16,63; dan 17,41 W serta pada beban 5 W sebesar 12,48; 12,97; dan 15,50 W. Hasil penelitian menunjukkan bahwa prototipe dapat digunakan sebagai bagian dari sistem penyedia energi untuk perangkat serangga, tetapi penelitian ini belum membuktikan peningkatan energi dibandingkan panel tetap maupun efektivitas perangkat terhadap populasi hama di lapangan.

Saran

Penelitian selanjutnya disarankan melakukan pengujian sistem secara langsung pada lahan budidaya dengan durasi pengoperasian yang lebih panjang untuk mengevaluasi keandalan sistem dalam kondisi lapang. Pengembangan mekanisme penggerak juga perlu diarahkan pada peningkatan ketepatan posisi panel terhadap arah datangnya cahaya matahari, sedangkan kapasitas panel surya dan baterai perlu dioptimalkan berdasarkan konsumsi energi alat agar sistem dapat beroperasi secara kontinu, khususnya pada periode intensitas radiasi matahari rendah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Lampung khususnya Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Pertanian yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian penelitian.

PENDANAAN

Penelitian ini tidak menerima pendanaan eksternal.

CONFLICT OF INTEREST

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dengan pihak mana pun.

DAFTAR REFERENSI

- Agastya, I. M. I., & Karamina, H. (2016). Jenis Lalat Buah *Bactrocera* spp. pada Tanaman Jambu Kristal Psidium Guajava di Desa Bumiaji Kota Batu. *Buana Sains*, 16(2), 137-142.
- Djalal, M. R., & Faisal, F. (2019). Studi Kestabilan Generator Sistem Sulselrabar. *IEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)*, 3(1), 82-119. <https://doi.org/10.21070/jeee-u.v3i1.2067>
- Fitriadi, B. R., & Putri, A. C. (2016). Metode-Metode Pengurangan Residu Pestisida pada Hasil Pertanian. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 11(2), 61-71. <https://doi.org/10.23955/rkl.v11i2.4950>
- Hairu Rahman, A., Aphrodyanti, L., & Salamiah. (2018). Uji Preferensi Beberapa Warna Lampu Perangkat Terhadap Serangga Padi Lahan Rawa Pasang Surut. *Proteksi Tanaman Tropika*, 1(3), 71-75.
- Ilham, H. A., Syahta, R., Anggara, F., & Jamaluddin, J. (2018). Alat Perangkat Hama Serangga Padi Sawah Menggunakan Cahaya dari Tenaga Surya. *Journal of Applied Agricultural Science and Technology*, 2(1), 11-19. <https://doi.org/10.32530/jaast.v2i1.13>
- Kananda, K. (2019). Studi Awal Potensi Energi Surya Wilayah Lampung. *Journal of Science and Application Technology*, 2(1), 75-81. <https://doi.org/10.35472/281417>
- Martawati, M. (2018). Analisis Simulasi Pengaruh Variasi Intensitas Cahaya Terhadap Daya dari Panel Surya. *ELTEK*, 16(1), 125-136. <https://doi.org/10.33795/eltek.v16i1.92>

- Martikha, K. G., & Hermawan, A. C. (2024). Rancang Bangun Alat Pengusir Hama Tenaga Surya Menggunakan Sinar Ultraviolet dan Suara pada Pertanian Padi. *Jurnal Teknik Elektro*, 13(1), 73–78. <https://doi.org/10.26740/jte.v13n1.p73-78>
- Muin, H., Wijayanto, D. S., & Widiastuti, I. (2020). Studi Perbandingan Penggunaan Panel Surya dengan Turbin Angin Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif di Kampus Universitas Sebelas Maret Surakarta. *Nozel Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 2(1), 27–35. <https://doi.org/10.20961/nozel.v1i3.34503>
- Nahor, A. C. B. (2023). *Uji Kinerja Penggunaan Lampu LED UV Dan Panel Surya sebagai Sumber Energi Alat Perangkap Hama Serangga pada Tanaman*. [Skripsi, Universitas Sriwijaya].
- Nandika, R., & Gunoto, P. (2018). Pemanfaatan Sel Surya 50 Wp pada Lampu Penerangan Rumah Tangga di Daerah Hinterland. *SIGMA TEKNIKA*, 1(2), 185–195. <https://doi.org/10.33373/sigma.v1i2.1516>
- Priani, Z. O., Batih, H., & Abduh, S. (2025). Pengaruh Suhu dan Durasi Penyinaran Panel Surya Terhadap Efisiensi Energi Panel Surya: Studi Kasus PLTS Institut Teknologi PLN. *Integrative Perspectives of Social and Science Journal (IPSSJ)*, 2(3), 5201–5228.
- Putra, A. M. N., & Ramadhan, A. (2023). Performa Panel Surya di Bawah Perubahan Cuaca. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, 13(1), 343–347. <https://doi.org/10.36499/psnst.v13i1.9779>
- Putri, R. E., Habib, A., & Hasan, A. (2023). Rancang Bangun Sistem Kontrol pH Larutan Nutrisi dan Pencahayaannya Berbasis Internet of Things (IoT) pada Hidroponik Vertikultur. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 12(1). <https://doi.org/10.32520/jtp.v12i1.2551>
- Rachmanita, R. E., Anwar, S., Rudiyanto, B., Karimah, C. N., Hasbiyati, H., & Nanita, E. T. (2026). Penerapan Teknologi Solar Cell Automatic Trapping untuk Mendukung Pengendalian Hama Terpadu pada Budidaya Padi di Desa Rambipuji. *Sejagat: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 3(1). <https://doi.org/10.25047/sejagat.v3i1.7325>
- Ramadhan, R. S., Rusda, & Putra, M. A. (2022). Perancangan Kapasitas Modul Surya dan Beban pada Automatic Hand Washer with Workstation Politeknik Negeri Samarinda. *SINERGI*, 20(2), 158–171. <https://doi.org/10.31963/sinergi.v20i2.3434>
- Suprayoga, A., Indrawati, E. M., Sari, K. R. T. P., & Munawi, H. A. (2023). Design and Build Solar Pest Trap Lights on Onion Plants. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(1), 37–44. <https://doi.org/10.33379/gtech.v7i1.1836>
- Suwarti, Wahyono, & Prasetyo, B. (2019). Analisis Pengaruh Intensitas Matahari, Suhu Permukaan & Sudut Pengarah Terhadap Kinerja Panel Surya. *Eksergi*, 14(2), 78–85. <https://doi.org/10.32497/eksergi.v14i3.1373>
- Syahab, A. S., Romadhon, H. C., & Hakim, M. L. (2019). Rancang Bangun Solar Tracker Otomatis Pada Pengisian Energi Panel Surya Bebas Internet of Things. *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, 6(2), 21–29. <https://doi.org/10.62951/router.v2i3.220>
- Syahfari, H., & Mujiyanto. (2013). Identifikasi Hama Lalat Buah (Diptera: Tephritidae) pada Berbagai Macam Buah-Buahan. *Ziraa'ah*, 36(1), 32–39.
- Syahid, M., Salam, N., Piarah, W., Djafar, Z., Tarakka, R., & Alqadri, G. (2022). Pemanfaatan Pompa Air Tenaga Surya untuk Sistem Irigasi Pertanian. *Jurnal Tepat (Teknologi Terapan Untuk Pengabdian Masyarakat)*, 5(1), 102–107. https://doi.org/10.25042/jurnal_tepat.v5i1.240
- Telaumbanua, M., Azwar, F. R., Lanya, B., Haryanto, A., & Amien, E. R. (2022). Design of Automatic Pest Trap Using a Yellow-LED Bait on Cucumber Plants. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1018, 012023. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1018/1/012023>
- Telaumbanua, M., Noval, F. A., Erika, Y., Haryanto, A., Lanya, B., Wisnu, F. K., Ansari, A., & Indriyawati, A. (2024). Design of Temperature-Soil Moisture Control and Monitoring

- System for Chili Cultivation in Greenhouse. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1386(1), 012029.
- Telaumbanua, M., Triyono, S., Haryanto, A., & Kusuma Wisnu, F. (2019). Controlled Electrical Conductivity (EC) of Tofu Wastewater as a Hydroponic Nutrition. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*, 6(3), 453–462.
- Ulfiana, N., Parenreng, J. M., & Zain, S. G. (2025). Perancangan dan Konstruksi Lampu Pengendali Hama Otomatis pada Tanaman Bawang Merah Berbasis Panel Surya. *Pinisi Journal of Science & Technology*, 2(2).