

Monitoring dan Kendali Fokus Pergerakan Panel Surya Menggunakan Algoritma Dual-Axis Tracking Berbasis IoT

Jawati^{1*}, Zahir Zainuddin¹, Supriadi Sahibu¹

¹*Sistem Komputer, Universitas Handayani Makassar*

*jawatiwati95@gmail.com

Kebutuhan energi listrik di sektor pertanian meningkat seiring perkembangan teknologi, namun keterbatasan akses listrik di daerah pedesaan menjadi kendala. Penelitian ini merancang dan menguji sistem dual-axis solar tracker berbasis IoT sebagai sumber energi alternatif. Sistem menggunakan panel surya 10 Wp, baterai 12 V 10 Ah, sensor LDR empat arah, motor servo TD-8120MG, ESP32 serta ESP8266 untuk monitoring IoT. Hasil pengujian menunjukkan energi rata-rata harian panel tracker sebesar 66,44 Wh, lebih tinggi dibanding panel statis sebesar 49,83 Wh (efisiensi meningkat 33,33%). Energi yang tersimpan mampu menyalakan lampu perangkap hama 6 Watt pada malam hari. Sistem ini efektif sebagai penyedia energi alternatif berkelanjutan.
Kata kunci: Solar Tracker, IoT, Dual-Axis, Panel Surya.

Kata Kunci— Solar Tracker, IoT, Panel Surya, Baterai, Lampu

DOI: 10.22441/jte.2026.v17i1.005

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi listrik Indonesia meningkat, namun masih bergantung pada energi fosil [1]. Energi surya merupakan solusi karena melimpah dan ramah lingkungan [2]. Petani bawang merah di Kabupaten Enrekang membutuhkan lampu perangkap hama, namun sulit mendapatkan akses listrik PLN. Penelitian sebelumnya terkait monitoring panel surya berbasis IoT telah dilakukan [1–5] tetapi belum mengintegrasikan mekanisme dual-axis tracking. Teknologi IoT memungkinkan pemantauan sistem secara real-time [3].

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas pemanfaatan Internet of Things (IoT) dan panel surya sebagai sumber energi alternatif. Astuti [4] merancang prototipe sistem monitoring panel surya berbasis sensor INA219 untuk pengukuran tegangan, arus, dan daya. Sistem tersebut mampu memantau keluaran panel secara akurat, tetapi tidak dilengkapi mekanisme pelacakan matahari.

Suryanto [5] mengembangkan sistem monitoring panel surya berbasis website dengan sensor cahaya, suhu, dan kelembaban. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemantauan sangat dipengaruhi kondisi lingkungan, namun sistem ini belum menerapkan solar tracker. Al Husaini dkk. [6] merancang otomasi monitoring budidaya hidroponik berbasis IoT dengan dukungan panel surya. Sistem ini berhasil mengintegrasikan sensor suhu, pH, dan kelembaban, tetapi fokus pada pertanian hidroponik, bukan pada

mekanisme pelacakan panel surya. Kurnia Setiawan dkk. [7] mengembangkan sistem monitoring panel surya berbasis Android secara real-time menggunakan sensor INA219 dan aplikasi Blynk. Penelitian ini efektif dalam pemantauan arus dan tegangan, namun tidak membahas pergerakan panel mengikuti arah matahari. Ramdan dan Damayanti [8] merancang sistem telemetri berbasis IoT untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Sistem ini memantau tegangan, arus, dan daya dengan baik, tetapi masih terbatas pada monitoring tanpa integrasi solar tracker.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan pendekatan ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation). Tahapan penelitian difokuskan pada perancangan, implementasi, dan pengujian sistem dual-axis solar tracker berbasis Internet of Things (IoT) sebagai penyedia energi alternatif untuk penerangan lampu perangkap hama.

A. Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

Sistem dikembangkan menggunakan perangkat keras utama berupa:

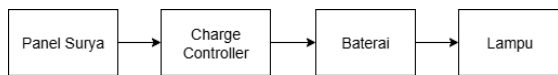
1. Panel Surya: 10 Wp sebagai sumber energi utama.
2. Baterai: 12 V 10 Ah sebagai penyimpan energi.
3. Sensor Cahaya (LDR): digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya matahari.
4. Motor Servo TD-8120MG: berfungsi sebagai penggerak panel pada sumbu horizontal dan vertikal.
5. Mikrokontroler ESP32: sebagai pusat kendali pergerakan panel dan pengolahan data sensor.
6. Modul ESP8266: digunakan untuk komunikasi IoT dan pengiriman data ke server.

Perangkat lunak yang digunakan meliputi:

1. Arduino IDE untuk pemrograman mikrokontroler ESP32 dan ESP8266.
2. Firebase Realtime Database untuk penyimpanan dan pemantauan data berbasis cloud.
3. Aplikasi Web/Mobile untuk menampilkan data pemantauan intensitas cahaya, kondisi baterai, serta status beban secara real-time.

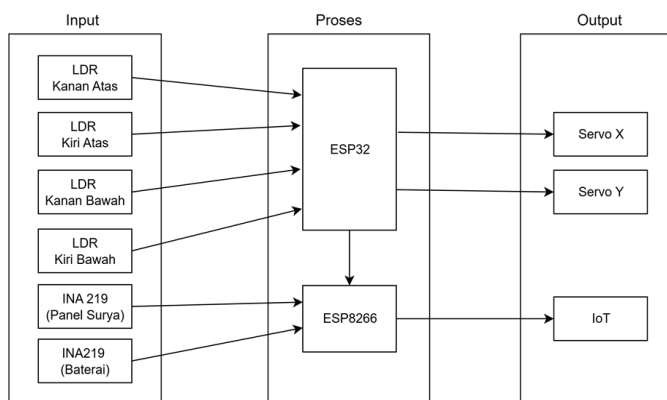
B. Arsitektur Sistem

Sistem ini bekerja dengan mengubah energi cahaya matahari melalui panel surya menjadi listrik arus searah (DC). Listrik tersebut diatur oleh charge controller agar pengisian baterai tetap stabil dan aman. Energi kemudian disimpan di dalam baterai untuk digunakan kapan saja, terutama pada malam hari. Selanjutnya, energi dari baterai dimanfaatkan untuk menyalakan lampu sebagai beban akhir.



Gambar 1 Alur Sistem

Sistem terdiri dari tiga bagian utama: input, proses, dan output. Pada bagian input, sensor LDR digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya matahari dari empat arah, sedangkan sensor INA219 mengukur tegangan dan arus dari panel surya serta baterai. Data sensor diproses oleh ESP32, yang mengendalikan servo X dan servo Y untuk menggerakkan panel surya sesuai arah cahaya. Selain itu, ESP32 mengirimkan data ke ESP8266 yang berfungsi sebagai modul komunikasi IoT, sehingga informasi dapat dipantau secara daring.



Gambar 2 Blok Diagram

C. Prosedur Pengujian

Pengujian dilakukan di lapangan dengan prototipe dual-axis solar tracker yang telah dirancang. Proses pengujian meliputi:

1. Pengukuran keluaran panel surya menggunakan sensor INA219 untuk memperoleh data tegangan, arus, dan daya pada sistem tracker dan panel konvensional.
2. Pengukuran intensitas cahaya dan sudut pergerakan dengan membaca data sensor LDR dan posisi servo untuk memverifikasi algoritma pelacakan.
3. Pengukuran pengisian baterai dengan mencatat tegangan dan arus baterai selama periode siang untuk mengetahui kapasitas energi yang tersimpan.

4. Pengujian beban lampu perangkat hama 6 Watt dengan mencatat lama waktu operasi lampu pada malam hari hingga baterai mencapai batas minimum.
5. Pemantauan berbasis IoT dengan mengirim data secara real-time melalui ESP32-ESP8266 ke Firebase dan memverifikasi tampilan monitoring.

D. Analisis Data

Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif dan komparatif dengan langkah sebagai berikut:

1. Perhitungan energi harian dengan mengintegrasikan hasil pengukuran daya terhadap waktu untuk panel tracker dan panel konvensional.
2. Perbandingan efisiensi dilakukan dengan menghitung selisih rata-rata energi harian kedua sistem, serta persentase peningkatan efisiensi.
3. Analisis kapasitas baterai dengan menghitung energi tersimpan dalam Wh dan memverifikasi kecukupannya terhadap beban lampu 6 Watt.
4. Evaluasi kinerja IoT dengan memeriksa konsistensi data real-time, keakuratan pencatatan, serta keberhasilan monitoring jarak jauh.
5. Interpretasi hasil difokuskan pada kemampuan sistem dalam meningkatkan efisiensi penyerapan energi matahari dan keberlanjutan penggunaannya di sektor pertanian pedesaan.

III. HASIL DAN ANALISA

A. Analisis Panel Surya

Tabel 1 menunjukkan data total daya yang dihasilkan panel surya, energi baterai awal dan akhir, serta status kapasitas baterai (SoC) pada kondisi cuaca berbeda selama lima hari. Sistem penyimpanan energi menggunakan baterai menunjukkan kinerja yang memadai. Energi baterai meningkat signifikan setelah proses pengisian pada siang hari, misalnya pada hari ketiga dari 46,5 Wh (SoC 38,8%) menjadi 118,2 Wh (SoC 98,5%). Energi ini kemudian digunakan pada malam hari untuk menyalakan lampu perangkat hama berdaya 6 Watt selama ± 10 jam. Konsumsi energi rata-rata 60 Wh per malam, sehingga baterai masih menyisakan kapasitas cadangan dengan SoC akhir berkisar 20–50%, tergantung kondisi cuaca pada siang harinya.

Secara keseluruhan, hasil pengujian ini membuktikan bahwa sistem dual-axis tracking berbasis IoT yang dirancang mampu mengoptimalkan penyerapan energi matahari serta menjamin ketersediaan energi pada malam hari untuk aplikasi pertanian. Variasi daya yang dihasilkan lebih banyak

dipengaruhi oleh kondisi cuaca daripada faktor mekanisme pelacakan. Dengan demikian, sistem ini dapat dikatakan efektif untuk mendukung penerangan berbasis energi terbarukan di area kebun

Tabel 1 Hasil Analisis Pengujian Panel Surya Selama Lima Hari

Hari	Kondisi Cuaca Dominan	Total Daya (Wh)	Energi Baterai Awal (Wh)	Energi Baterai Akhir (Wh)	SoC Awal (%)	SoC Akhir Setelah Charging (%)	SoC Setelah Pemakaian Lampu (%)
1	Cerah → Mendung siang	68 Wh	20 Wh	88 Wh	16,7	73,3	23,3
2	Cerah penuh	78,5 Wh	28 Wh	106,5 Wh	23,3 Wh	88,8	38,8
3	Mendung pagi → Cerah	71,7 Wh	46,5 Wh	118,2 Wh	38,8 Wh	98,5	48,5
4	Mendung pagi/sore	61,4 Wh	58,2 Wh	119,6 Wh	48,5 Wh	99,7	49,7
5	Mendung dominan	52,6 Wh	59,6 Wh	112,2 Wh	49,7 Wh	93,5	43,5

B. Analisis Perbandingan Panel Surya konvensional dan Panel Surya dengan sistem dual-axis

Perbandingan kinerja prototipe dual-axis solar tracker dengan panel surya konvensional selama lima hari pengujian dengan variasi kondisi cuaca. Data yang ditampilkan mencakup energi harian yang dihasilkan oleh masing-masing sistem, selisih energi, persentase peningkatan efisiensi, serta kapasitas baterai setelah proses pengisian (SoC).

Hari	Kondisi Cuaca Dominan	Energi Prototipe (Wh)	Energi Konvensional (Wh)	Selisih (Wh)	Energi Baterai Setelah Charging Prototipe (Wh)	Energi Baterai Setelah Charging Konv. (Wh)
1	Cerah → Mendung siang	68 Wh	51 Wh	17 Wh	88 Wh	66 Wh
2	Cerah penuh	78,5 Wh	58,88 Wh	19,63 Wh	106,5 Wh	79,88 Wh

3	Mendung pagi → Cerah	71,7 Wh	53,78 Wh	17,93 Wh	118,2 Wh	88,65 Wh
4	Mendung pagi/sore	61,4 Wh	46,05 Wh	15,35 Wh	119,6 Wh	89,7 Wh
5	Mendung dominan	52,6 Wh	39,45 Wh	13,15 Wh	112,2 Wh	84,15 Wh
Rata-rata	—	66,44 Wh	49,83 Wh	16,61 Wh	108,9 Wh	81,68 Wh

Dari tabel tersebut terlihat bahwa pada setiap kondisi cuaca, panel dengan sistem *dual-axis tracking* selalu menghasilkan energi lebih tinggi dibandingkan panel konvensional. Rata-rata selisih energi yang diperoleh mencapai 16,6 Wh per hari, dengan persentase peningkatan sekitar 33,33%. Hal ini memperkuat bukti bahwa sistem pelacakan ganda lebih efektif dalam mengoptimalkan pemanfaatan energi matahari sepanjang hari.

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini membuktikan bahwa sistem dual-axis solar tracker berbasis Internet of Things (IoT) mampu meningkatkan efisiensi penyerapan energi matahari dibandingkan panel surya konvensional. Hasil pengujian menunjukkan bahwa energi rata-rata harian yang dihasilkan prototipe mencapai 66,44 Wh, lebih tinggi dibandingkan panel konvensional sebesar 49,83 Wh, sehingga terjadi peningkatan efisiensi sebesar 33,33%. Kondisi cuaca berpengaruh terhadap jumlah energi yang diperoleh, namun pada semua variasi cuaca sistem solar tracker tetap memberikan kinerja lebih baik dibanding panel statis. Peningkatan energi ini berdampak pada kapasitas baterai, di mana State of Charge (SoC) baterai prototipe rata-rata mencapai 90%, lebih tinggi daripada panel konvensional yang hanya sekitar 67,07%. Energi yang tersimpan dalam baterai juga terbukti mampu menyalakan lampu perangkat hama berdaya 6 Watt pada malam hari, sehingga sistem yang dikembangkan efektif sebagai solusi penyedia energi alternatif yang mandiri dan berkelanjutan untuk mendukung kebutuhan energi di sektor pertanian pedesaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Handayani Makassar atas dukungan fasilitas penelitian, serta kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan bimbingan selama proses penyusunan karya ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada rekan-rekan mahasiswa dan pihak terkait di lapangan yang telah membantu dalam proses pengujian sistem solar tracker. Tanpa dukungan, masukan, dan kerja sama dari berbagai pihak, penelitian ini tidak dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Waluyo dkk., "PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA (PLTS) PEMBASMI SERANGGA PADA TANAMAN BAWANG MERAH DI KABUPATEN BREBES."
- [2] N. Alamsyah, H. F. Rahmani, dan Yeni, "Lampu Otomatis Menggunakan Sensor Cahaya Berbasis Arduino Uno dengan Alat Sensor LDR," *Formosa Journal of Applied Sciences*, vol. 1, no. 5, hlm. 703–712, Okt 2022, doi: 10.55927/fjas.v1i5.1444.
- [3] M. Ramdan dan E. Damayanti, "Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Internet of Things," *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, vol. 4, 2024.
- [4] Astuti, "PROTOTIPE SISTEM MONITORING PANEL SURYA BERBASIS IOT," 2023.
- [5] B. Suryanto, "MSI Transaction on Education Sistem Monitoring Panel Surya Berbasis Website."
- [6] M. Al Husaini, A. Zulianto, dan D. A. Sasongko, "Otomatisasi Monitoring Metode Budidaya Sistem Hidroponik dengan Internet of Things (IoT) Berbasis Android MQTT dan Tenaga Surya", [Daring]. Tersedia pada: <http://sostech.greenvest.co.id>
- [7] D. Kurnia Setiawan, W. Widjonarko, dan A. Firdaus, "Sistem Monitoring Panel Surya Berbasis Android Secara Real-Time," *Jurnal FORTECH*, vol. 3, no. 1, hlm. 7–16, Mar 2022, doi: 10.56795/fortech.v3i1.102.
- [8] M. Ramdan dan E. Damayanti, "Sistem Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Internet of Things," *INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research*, vol. 4, 2024.