JUTEKNIN: Telecommunication, Electronic, Automation, Robotics, Mechatronics, Information System, Computer Network, Computing, Electronics, Control & Power
Journal homepage: https://ejurnal.uibu.ac.id/index.php/JUTEKNIN
ISSN: .....
Vol. 1, No. 1, August 2025, Pp. 018 - 025

Prototype Kontrol Penggerak *Single Axis Solar Tracker* pada Panel Surya Berbasis Arduino Uno dan Sensor LDR

Aziz Alfayid[1], Resi Dwi Jayanti Kartika Sari[1], Yandhika Surya Akbar Gumilang[*2], Suko Wiyanto[3],
1, Universitas Merdeka Malang, Indonesia
2, Universitas Negeri Surabaya, Indonesia
3, Politeknik Angkatan Darat, Indonesia

Article Info
Keywords:
solar tracker; single axis; Arduino; Servo; Sensor LDR

Article history:
Received 15 August 2025
Revised 20 August 2025
Accepted 30 August 2025
Available online 31 August 2025

Cite:
A. Alfayid, R. D. Jayanti, Y. S. A. Gumilang, and S. Wiyanto, "Prototype Kontrol Penggerak Single Axis Solar Tracker pada Panel Surya Berbasis Arduino Uno dan Sensor LDR", JUTEKNIN, vol. 1, no. 1, pp. 18-25, Augs. 2025.

url :
https://ejurnal.uibu.ac.id/index.php/JUTEKNIN/article/view/

* Corresponding author.
Yandhika Surya Akbar Gumilang
E-mail address:
yandhikagumilang@unesa.ac.id

Abstract
Kebutuhan energi listrik yang terus meningkat tidak sebanding dengan ketersediaan energi fosil yang semakin menipis, sehingga pemanfaatan energi baru terbarukan (EBT) menjadi alternatif strategis. Salah satu sumber EBT yang melimpah di Indonesia adalah energi surya. Namun, panel surya konvensional yang dipasang secara statis memiliki keterbatasan dalam menyerap sinar matahari secara optimal. Penelitian ini bertujuan merancang dan menguji prototype sistem solar tracker satu sumbu (single axis) berbasis Arduino Uno dan sensor Light Dependent Resistor (LDR) untuk meningkatkan efisiensi penyerapan energi cahaya. Sistem dirancang dengan dua sensor LDR yang dipasang pada sisi timur dan barat panel, kemudian dihubungkan ke Arduino untuk mengendalikan servo motor sebagai aktuator penggerak panel. Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototype mampu mengikuti arah cahaya dengan rata-rata error sebesar 2,9 lux (12,4%). Meskipun demikian, masih terdapat delay respon ketika panel menyesuaikan arah cahaya, yang mengindikasikan perlunya sistem kendali lebih adaptif. Oleh karena itu, integrasi algoritma kontrol lanjutan seperti PID atau Fuzzy Logic, serta penggunaan sensor dengan respon lebih cepat, direkomendasikan untuk meningkatkan kinerja sistem. Penelitian ini membuktikan bahwa sistem solar tracker sederhana dapat menjadi solusi awal dalam meningkatkan efisiensi panel surya skala kecil.

1. Pendahuluan

Energi listrik merupakan komoditas utama yang digunakan oleh hampir seluruh sektor perekonomian. Akibat kebutuhan utama masyarakat Indonesia akan energi listrik pada saat ini makin tinggi, Perusahaan Listrik Negara (PLN) gencar menyosialisasikan program hemat listrik bagi seluruh lapisan masyarakat, perusahaan, dan lembaga atau instansi pemerintahan [1]. Memasuki abad ke-21 ini, kebutuhan energi listrik yang makin meningkat berbanding terbalik dengan ketersediaan energi fosil dunia yang makin berkurang. Sejalan dengan meningkatnya kebutuhan energi listrik antara tahun 2000 hingga 2030 yang mencapai 70% [2], terutama di negara- negara industry [3], [4], perlu adanya sumber energi listrik baru yang lebih efisien dan ramah lingkungan sebagai pembangkit utama energi listrik untuk mendukung dan mempertahankan kebutuhan energi listrik pada saat ini dan di masa yang akan datang. Sumber energi dari matahari dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif, baik radiasi maupun termalnya, untuk memenuhi kebutuhan energi listrik sehari-hari, karena energi baru dan terbarukan (EBT) yang tidak akan pernah habis bersumber dari alam seperti matahari . Karena berada di daerah tropis sekaligus di daerah khatulistiwa, Indonesia memiliki musim tropis yang panjang, sehingga pancaran sinar matahari di Indonesia berlangsung cukup lama sepanjang tahun [5]. Oleh karena itu, energi matahari di Indonesia sangat tepat jika dimanfaatkan sebagai energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan energi listrik sehari-hari .

Salah satu sumber energi baru dan terbarukan (EBT) yang memiliki potensi besar adalah energi surya. Energi ini dapat dimanfaatkan baik dalam bentuk radiasi maupun termalnya, untuk memenuhi kebutuhan energi listrik sehari-hari. Karena bersumber dari alam, energi surya tidak akan pernah habis, berbeda dengan energi fosil yang cadangannya semakin menurun. Secara geografis, Indonesia memiliki keunggulan karena terletak di daerah tropis

sekaligus berada di garis khatulistiwa, sehingga mendapatkan pancaran sinar matahari yang relatif konstan sepanjang tahun. Pemerintah Indonesia juga menunjukkan komitmennya dalam mendorong pemanfaatan energi terbarukan, salah satunya dengan mengalokasikan dana sebesar Rp1,4 triliun pada tahun 2016 untuk program pengembangan EBT. Salah satu bentuk implementasinya adalah pemasangan panel surya di kantor pemerintahan, bandara, hingga lembaga pemasyarakatan (LP). Upaya ini menunjukkan bahwa energi surya semakin diposisikan sebagai alternatif utama dalam diversifikasi sumber energi listrik nasional [6], [7], [8]. Namun demikian, tantangan yang muncul adalah sebagian besar panel surya yang digunakan masih bersifat statis. Panel surya statis memiliki keterbatasan karena hanya mampu menyerap energi pada sudut tertentu, sehingga penyerapan radiasi matahari tidak selalu maksimal. Dengan demikian, diperlukan teknologi yang dapat menyesuaikan posisi panel surya agar selalu tegak lurus terhadap arah datangnya cahaya matahari [9].

Panel surya yang digunakan dimasih bersifat diam atau statis, sehingga penyerapan energi sinar matahari masih kurang optimal [10], [11] . Oleh karena itu, perlu adanya suatu sistem yang dapat mengendalikan panel surya untuk dapat bergerak mengikuti arah pancaran sinar matahari. Salah satu solusi yang ditawarkan adalah penerapan sistem solar tracker. Solar tracker dilengkapi dengan sensor untuk mendeteksi intensitas cahaya matahari tertinggi, dan dikombinasikan dengan mikrokontroler sebagai pusat kendali. Dengan sistem ini, panel surya dapat bergerak secara otomatis mengikuti arah pergerakan matahari dari terbit hingga terbenam, sehingga penyerapan cahaya dapat lebih optimal.[12], [13].

Solar tracker system dirancang untuk meningkatkan produksi energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya dengan mengikuti arah pancaran sinar matahari dari mulai terbit hingga terbenam, dengan cara memosisikan panel surya tegak lurus terhadap matahari [14]. Dari penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya [15], [16], terdapat berbagai macam jenis solar tracker system yang dapat diimplementasikan, yaitu menggunakan jenis motor seperti motor servo atau aktuator linear dengan dilengkapi sebuah sensor cahaya dan dikendalikan secara otomatis menggunakan mikrokontroler Arduino.

Rancang bangun prototype solar tracker system single axis dilakukan menggunakan Arduino Uno sebagai perangkat mikrokontroler, light dependent resistor (LDR) sebagai sensor pendeteksi cahaya, Baterai 5V ,Servo Mini sebagai penggerak, dan Satu buah mini panel surya berkapasitas 5v yang dihubungkan satu sama lain secara paralel. Dalam perancangan ini, LDR dipilih sebagai sensor cahaya karena mampu membaca arah pergerakan sinar matahari dari terbit hingga tenggelam. LDR memiliki karakteristik yaitu respons penerimaan cahayanya tidak terlalu cepat, sesuai dengan pergerakan arah sinar matahari.

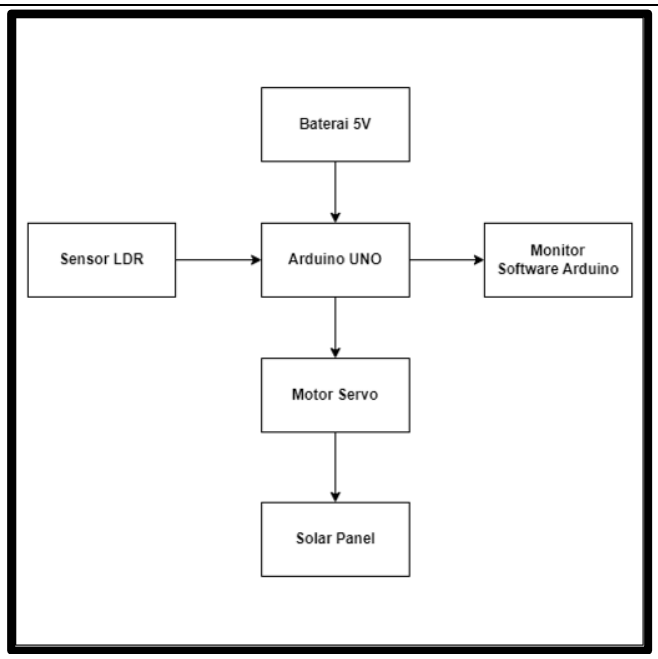
2. Metode Penelitian

Solar tracker system dirancang dengan dilengkapi sebuah dengan 2 buah sensor (LDR) yang dapat digunakan sebagai solusi untuk mengubah posisi panel surya dalam pengoperasiannya kendali solar tracker otomatis. yaitu pergerakan satu sumbu (single axis) servo menggerakkan panel surya secara horizontal. Pada mode ini, solar tracker dikendalikan menggunakan 2 buah sensor LDR dan 1 servo mini yang sudah diprogram pada mikrokontroler Arduino Uno untuk mengubah arah putaran. Tujuannya agar pergerakan panel surya dapat bergerak secara sempurna, baik secara horizontal untuk bergerak.

A. Blok Diagram Sistem

Sistem kendali pada solar tracker berperan dalam proses pengendalian dan berfungsi sebagai rangkaian sensor. Semua komponen yang diperlukan digabungkan menjadi satu dalam satu rangkaian pengendali. Rangkaian solar tracker system single axis ini menggunakan dua buah LDR. Pada setiap LDR diberikan tahanan berupa resistor 1 kΩ sebelum dihubungkan ke ground (-) dan diberi tegangan 5 V (+). Pemrograman Arduino pada rancangan ini digunakan untuk melakukan konfigurasi suatu program yang nantinya akan dimasukkan ke mikrokontroler Arduino Uno. Program Arduino berfungsi untuk menginisialisasi pin-pin yang digunakan untuk perintah logika “HIGH” atau “LOW” yang akan mengaktifkan atau menonaktifkan keluaran pin yang digunakan. Secara garis besar, bagian masukan dan keluaran solar tracker system ditunjukkan pada gambar. 1. Masukan pin yang digunakan pada Arduino Uno adalah pin A0 untuk membaca LDR kiri, pin A1 untuk membaca LDR kanan,. Keluaran pin pada Arduino Uno disambungkan secara berurutan untuk menghubungkan rangkaian, Setiap keluaran pin Arduino yang dihubungkan ke keluaran pin pada Arduino Uno juga dihubungkan dengan masukan pin 9 sebagai pengendali motor Servo 1. Selain itu, masukan 5 V yang dihubungkan juga ke power Motor Servo dan Sersor LDR Keluaran pada input itu akan memberikan sudut gerakan setiap sensor LDR menangkap cahaya dan memberikan gerkan pada servo mengikuti arah cahaya yang di tangkap sensor LDR.

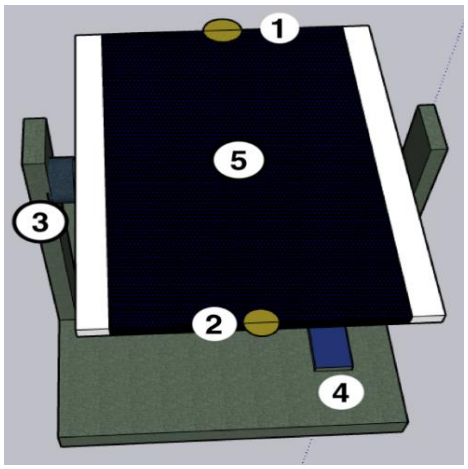
© 2025 The Authors. Published by Universitas Insan Budi Utomo



Gambar 1. Diagram blok sistem

1. Baterai 5V berfungsi sebagai sumber daya pada mikrokontroller.
2. Sensor LDR berfungsi sebagai sebagai pendeteksi cahaya yang kemudian memberikan output kepada motor servo agar dapat menggerakan servo.
3. Arduino UNO berfungsi sebagai otak atau pengontrol untuk mengendalikan keseluruhan sistem ini, selain itu arduino juga digunakan untuk menghubungkan antara perangkat lunak dengan perangkat keras untuk dapat saling berkomunikasi
4. Motor Servo berfungsi sebagai penggerak yang akan menggerakkan panel surya mengikuti arah cahaya yang terdeteksi oleh sensor LDR
5. Solar panel berfungsi untuk menyerap cahaya dan mengubahnya menjadi tenaga elektrik.
6. Monitor Software Arduino berfungsi memonitor hasil output derajat motor servo.

B. Desain Prototype



Gambar 2. Rancangan mekanis solar tracker system Single axis.

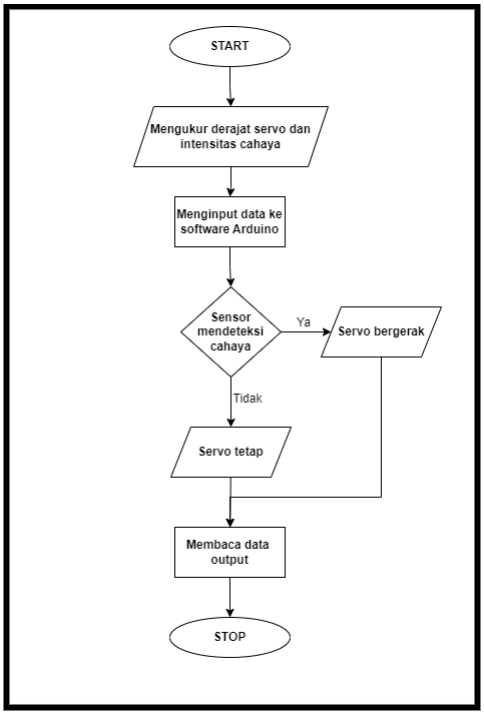
Keterangan.:
1. Dudukan LDR arah Timur (east).
2. Dudukan LDR arah Barat (west).

Cite : A. Alfayid, R. D. Jayanti, Y. S. A. Gumilang, and S. Wiyanto, "Prototype Kontrol Penggerak Single Axis Solar Tracker pada Panel Surya Berbasis Arduino Uno dan Sensor LDR", JUTEKNIN, vol. 1, no. 1, pp. 18-25, Augs. 2025. url : https://ejurnal.uibu.ac.id/index.php/JUTEKNIN/article/view/

3. Servo sebagai penggerak sumbu vertikal.
4. Arduino Sebagai Pengendali
5. prototype Solar panel Mini

Solar tracker prototype ini dikendali secara otomatis dijalankan oleh program dengan membaca kondisi pada kedua sensor LDR yang digunakan untuk mengendalikan arah putaran motor Servo untuk menggerakkan panel surya. Prototype dirancang dengan dudukan sensor LDR pada arah timur dan barat, sebuah servo motor yang menggerakkan panel surya secara horizontal. Gambar desain dapat di lihat dari gambar 3.

C. *Flowchart*



Gambar 3. Flowchart Sistem

Flowchart ini unuk mengimplementasikan Kontrol penggerak Single Axis Pada Panel Surya 5v pada sensor LDR:

1. **Start (mulai)** Proses dimulai dengan sistem dinyalakan dan diinisialisasi
2. **Mengukur Intensitas dan Derajat** Sistem menggunakan sensor cahaya untuk mengukur intensitas cahaya matahari. Data ini kemudian dikirim ke mikrokontroler untuk diproses.
3. **Menginput Data** Mikrokontroler menganalisis data intensitas cahaya dan menentukan sudut optimal untuk panel surya. Sudut ini akan memastikan panel diposisikan untuk menerima sinar matahari dalam jumlah maksimum.
4. **Sensor Mendeteksi** jika ya makan servo akan bergerak mengikuti penangkapan cahaya pada sensor LDR 1 dan 2 jika tidak maka servo akan tetap diam.
5. **Membaca Output** melihat Output pada monitor Apk arduio yang di mana kita bisa melihat brapa derajat dan berapa penangkapan intensitas cahaya yang di dapat oleh sensor LDR.
6. **Stop** Sistem akan berhenti.

3. Hasil dan Diskusi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pelacak matahari single axis mampu mengikuti arah Cahaya yang lebih besar. Dua sensor LDR sebagai pembanding besar kecilnya Cahaya. Servo akan bergerak sesuai dengan sensor LDR mana yang lebih banyak menerima cahaya.

A. Pengujian Sensor LDR

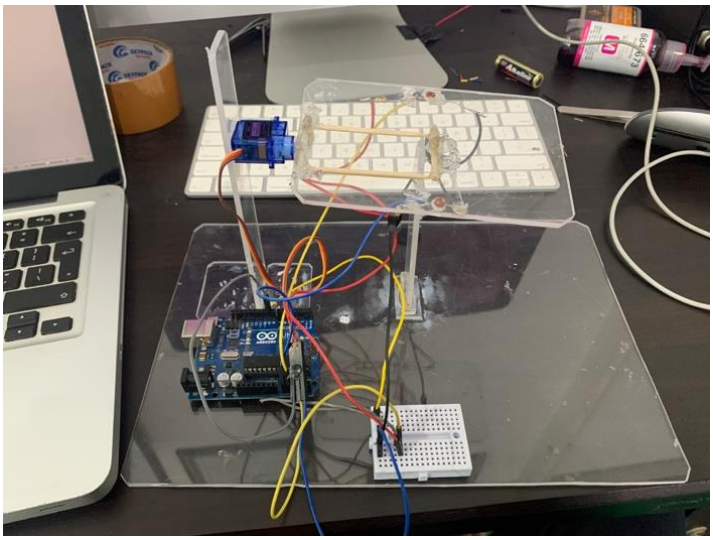
© 2025 The Authors. Published by Universitas Insan Budi Utomo

Tabel 1. Hasil Pengujian Sensor LDR

No	Sensor LDR (Lux)	Lux Meter (Lux)	Error (Lux)	Error (%)
1	0,7	2	1,3	65
2	35	37,2	2,22	5,9
3	123	124,5	1,5	1,2
4	321,2	324,7	3,5	1
5	422,1	424,9	2,8	0,6
6	687,2	689,3	2,1	0,3
7	1021,6	1025,8	4,2	0,4
Error Rata-rata			2,9	12,4

Dari tabel 1 diatas menyatakan bahwa sensor LDR memiliki nilai yang baik, karena memiliki error selisih 2,9 dan error presentasi 12,4. Error presentase besar karena pada percobaan kesatu nilai error presentase besar, namun jika dilihat dari error selisih hanya 1,3 lux. Dari tabel tersebut terlihat bahwa sensor LDR cukup akurat dengan error rata-rata 2,9 lux. Error relatif tinggi pada percobaan pertama (65%) disebabkan oleh intensitas cahaya yang sangat rendah, sehingga perubahan kecil menimbulkan persentase error besar. Namun, secara keseluruhan sistem terbukti dapat mendeteksi intensitas cahaya dengan baik.

B. Pengujian Keseluruhan



Gambar 4. Prototype single axis solar tracker system

Gambar 4 menampilkan bentuk fisik dari prototype sistem solar tracker satu sumbu yang telah dikembangkan dalam penelitian ini. Pada gambar terlihat bahwa panel surya mini berkapasitas 5V dipasang pada sebuah dudukan yang dapat bergerak mengikuti arah cahaya. Pergerakan ini digerakkan oleh sebuah servo motor yang berfungsi sebagai aktuator utama. Servo motor menerima perintah dari mikrokontroler Arduino Uno yang menjadi pusat pengendali sistem. Arduino memperoleh data dari dua buah sensor LDR (Light Dependent Resistor) yang diposisikan di sisi timur dan barat panel. Sensor ini digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya yang datang dari arah tertentu. Ketika salah satu sensor menerima cahaya lebih besar dibandingkan sensor lainnya, Arduino memproses perbedaan tersebut dan memberikan instruksi kepada servo untuk memutar panel menuju arah dengan intensitas cahaya yang lebih tinggi.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototype single axis solar tracker mampu mengikuti arah datangnya cahaya sesuai dengan pergerakan sumber cahaya yang diberikan. Servo motor yang dikendalikan oleh Arduino Uno dapat menggerakkan panel surya untuk menyesuaikan posisinya sehingga lebih tegak lurus terhadap arah cahaya. Hal ini membuktikan bahwa sistem yang dirancang telah berjalan sesuai dengan tujuan utama, yakni meningkatkan kemampuan panel surya dalam menangkap intensitas cahaya dibandingkan kondisi statis.

Namun demikian, pengujian juga memperlihatkan adanya delay (keterlambatan respon) pada saat panel menyesuaikan posisi dengan arah cahaya. Meskipun panel pada akhirnya dapat mengikuti pergerakan cahaya dengan baik, waktu respons yang relatif lambat menunjukkan bahwa sistem kendali masih memiliki keterbatasan. Kondisi ini dapat disebabkan oleh karakteristik sensor LDR yang tidak memiliki kecepatan respons tinggi, serta algoritma pengendalian sederhana yang hanya membandingkan intensitas cahaya dari dua sensor tanpa mekanisme prediktif atau kompensasi kesalahan.

Meskipun hasil yang diperoleh dapat dikategorikan cukup baik, performa sistem belum sepenuhnya optimal untuk aplikasi yang menuntut kecepatan respon tinggi. Oleh karena itu, temuan ini dapat menjadi bahan pertimbangan untuk pengembangan sistem kendali yang lebih cerdas di masa mendatang. Misalnya, dengan menambahkan algoritma kontrol lanjutan seperti PID Controller, Fuzzy Logic, atau bahkan Model Predictive Control (MPC), sistem diperkirakan akan mampu mengurangi delay, meningkatkan stabilitas pergerakan servo, serta menghasilkan penyesuaian sudut yang lebih presisi.

Dengan adanya evaluasi ini, penelitian tidak hanya membuktikan bahwa prototype dapat bekerja sesuai fungsinya, tetapi juga memberikan landasan untuk perbaikan lebih lanjut agar sistem dapat berkembang dari sekadar sistem eksperimental sederhana menjadi solusi yang lebih aplikatif dan dapat diandalkan dalam pemanfaatan energi surya skala nyata.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian prototype solar tracker satu sumbu berbasis Arduino Uno dan sensor LDR, dapat ditarik beberapa kesimpulan penting. Pertama, sistem yang dikembangkan terbukti mampu mengikuti arah datangnya cahaya dengan cukup baik. Pergerakan panel surya dapat menyesuaikan posisinya mendekati tegak lurus terhadap sumber cahaya, sehingga tingkat penyerapan energi surya menjadi lebih optimal dibandingkan panel statis. Hasil pengujian sensor menunjukkan rata-rata error sebesar 2,9 lux dengan persentase kesalahan sekitar 12,4%, angka yang masih dapat diterima untuk aplikasi skala kecil dan eksperimen laboratorium.

Kedua, meskipun sistem dapat berfungsi sesuai dengan rancangan, terdapat temuan bahwa respon panel terhadap perubahan arah cahaya masih mengalami delay (keterlambatan). Delay ini menyebabkan pergerakan panel tidak selalu real-time dengan perpindahan cahaya, meskipun pada akhirnya panel tetap dapat menyesuaikan diri dengan arah intensitas terbesar. Fenomena ini dapat dijelaskan oleh keterbatasan sensor LDR yang memiliki kecepatan respons relatif lambat, serta algoritma kendali yang sederhana hanya berbasis perbandingan intensitas cahaya. Kondisi ini menunjukkan bahwa meskipun prototype dapat berfungsi, sistem masih belum sepenuhnya optimal apabila digunakan untuk kondisi nyata dengan perubahan cahaya yang lebih dinamis.

Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil menunjukkan potensi sistem solar tracker sederhana untuk meningkatkan efisiensi panel surya. Meskipun masih terdapat keterbatasan berupa delay respon, hasil yang diperoleh dapat menjadi dasar pengembangan sistem kendali yang lebih kompleks pada penelitian selanjutnya. Dengan pengembangan algoritma kendali lanjutan, penggunaan sensor dengan respons lebih cepat (seperti fotodioda), serta integrasi Internet of Things (IoT) untuk pemantauan real-time, prototype ini berpeluang besar untuk diimplementasikan tidak hanya pada skala eksperimen, tetapi juga pada aplikasi energi terbarukan di masyarakat.

Referensi

[1] W. V. Siregar and S. M. Putri, “Studi konsep pengaruh kualitas pelayanan terhadap kepuasan pelanggan di PT. PLN (Persero) sebagai perusahaan penyedia energi listrik monopoli,” *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi): Jurnal Teknik Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 33–36, 2020.

[2] A. Sugiyono, “Outlook kelistrikan Indonesia 2010-2030: Prospek pemanfaatan energi baru dan terbarukan,” in *Prosiding Seminar Nasional Pengembangan Energi Nuklir V. Jakarta*, 2012.

[3] N. P. E. Simarmata, Y. Estefani, B. S. Bahri, and S. S. Sibarani, “Penggunaan Energi Bersih Menggunakan Panel Surya Di India,” *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, vol. 4, no. 3, pp. 274–284, 2023.

[4] M. Hartanti and D. Amilian, “Efek Fotolistrik dan Aplikasinya Dalam Teknologi Surya,” *Journal of Science and Technology: Alpha*, vol. 1, no. 2, pp. 48–54, 2025.

[5] A. W. Hasanah, T. Koerniawan, and Y. Yuliansyah, “Kajian Kualitas Daya Listrik PLTS Sistem Off-Grid Di STT-PLN,” *Energi & Kelistrikan*, vol. 10, no. 2, pp. 93–101, 2018.

[6] M. Azhar and D. A. Satriawan, “Implementasi kebijakan energi baru dan energi terbarukan dalam rangka ketahanan energi nasional,” *Administrative Law and Governance Journal*, vol. 1, no. 4, pp. 398–412, 2018.

[7] A. A. Solikah and B. Bramastia, “Systematic Literature Review: Kajian Potensi dan Pemanfaatan Sumber Daya Energi Baru dan Terbarukan Di Indonesia,” *Jurnal Energi Baru Dan Terbarukan*, vol. 5, no. 1, pp. 27–43, 2024.

[8] S. A. Arsita, G. E. Saputro, and S. Susanto, “Perkembangan kebijakan energi nasional dan energi baru terbarukan Indonesia,” *Jurnal Syntax Transformation*, vol. 2, no. 12, pp. 1779–1788, 2021.

© 2025 The Authors. Published by Universitas Insan Budi Utomo

[9] M. A. Baihaqi, H. Abdillah, A. Izzuddin, T. Asrori, A. Muhammad, and D. H. T. Prasettio, "Optimasi Efisiensi Solar Cell Melalui Solar Tracking dan Sistem Monitoring Pada Proteksi Energi Listrik," *Journal Electric Field*, vol. 1, no. 1, pp. 35–45, 2024.

[10] S. Helena, "Unjuk Kerja Single Axis Solar Tracker Berdasarkan Perubahan Waktu Pergerakan Matahari," *MSI Transaction on Education*, vol. 3, no. 4, pp. 201–214, 2022.

[11] E. Kamal, A. Setiawan, S. Yatmani, and U. K. Luthfiyani, "Optimalisasi Kinerja Panel Surya Berdasarkan Waktu Tunda Pergerakan Solar Tracker," *Jurnal Poli-Teknologi*, vol. 22, no. 3, pp. 104–113, 2023.

[12] A. S. Syahab, H. C. Romadhon, and M. L. Hakim, "Rancang bangun solar tracker otomatis pada pengisian energi panel surya bebasis Internet of Things," *Jurnal Meteorologi Klimatologi dan Geofisika*, vol. 6, no. 2, pp. 21–29, 2019.

[13] A. Uno, "Perancangan dan Realisasi Solar Tracking System untuk Peningkatan Efisiensi Panel Surya Menggunakan".

[14] Y. S. A. Gumilang, M. Rusli, and B. Siswoyo, "Linear Quadratic Regulator and Luenberger Observer for Solar Tracking System," in *2021 International Conference on Electrical and Information Technology (IEIT)*, IEEE, 2021, pp. 106–113.

[15] M. Margana, "Solar Tracking Dual–Axis Berbasis Arduino Uno Dengan Menggunakan Lensa Fresnel Guna Meningkatkan Efisiensi Pengfokusan Cahaya Matahari," *Eksergi: Jurnal Teknik Energi*, vol. 15, no. 2, pp. 77–80, 2019.

[16] A. M. Putra and A. Aslimeri, "Sistem Kendali Solar Tracker Satu Sumbu berbasis Arduino dengan sensor LDR," *Jtev (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, vol. 6, no. 1, pp. 322–327, 2020.