

Rancang Bangun *Dual Axis Solar Tracker* Berbasis Arduino Menggunakan Metode Pahl dan Beitz

Aldi Herdiana¹, Andra Mawan², Acim Maulana³, Hendra Gunawan⁴, Sumanto⁵

^{1,2,3,4,5} Program Studi Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknik Karawang, Karawang

Jl. Lingkar Tanjungpura, Kondangjaya, Kec. Karawang Tim., Karawang, Jawa Barat 41371

Korespondensi Email: acim.maulana@sttk.ac.id

Abstrak

Energi pada saat ini mempunyai peranan yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Selama ini penyangga utama kebutuhan energi masih mengandalkan minyak bumi. Sementara itu tidak dapat dihindarkan bahwa minyak bumi semakin langka dan mahal harganya. Dengan keadaan semakin menipisnya sumber energi fosil tersebut, di dunia sekarang ini terjadi pergeseran dari penggunaan sumber energi tak terbarukan menuju sumber energi terbarukan. Dari sekian banyak sumber energi terbarukan penggunaan energi melalui *solar cell*/sel surya merupakan alternatif yang paling potensial untuk diterapkan di wilayah Indonesia. Kebanyakan pemasangan solar panel dipasang statis dengan sudut tertentu yang mana penyerapan energi yang dihasilkan kurang optimal. Pada penelitian ini dilakukan desain dan pengujian *dual axis solar tracker* pada solar cell 50 WP menggunakan metode Pahl DAN Beitz. Dengan perancangan alat *dual axis solar tracker* yang berdimensi $800 \times 800 \times 1200$ mm dan luas penampang panel surya $0,54 \text{ m} \times 0,67 \text{ m}$ ini, keluaran daya tertinggi yang dihasilkan panel surya yaitu 60,98 Watt dengan arus 3,16 A dan tegangan 19,3 V.

Kata kunci : Arduino, *Dual Axis Solar Tracker*, Radiasi Matahari, *Solar Cell*

Abstract

Energy at the moment have the very important role in human life. During the time especial prop of requirement energy still rely on the petroleum. Meanwhile cannot be obviated that scarce petroleum progressively costly. With the circumstance progressively attenuate the source fossil energy the world is happened by the friction from use of source energy do not be updated to go to the source energy updated. Solar energy used represent the most potential alternative to be applied in Indonesia region. Most installations of solar panels are installed statically at a certain angle where the resulting energy absorption is less than optimal. In this research, the design and testing of a dual axis solar tracker was carried out on a 50 WP solar cell using the Pahl AND Beitz method. With the design of a dual axis solar tracker with dimensions of $800 \times 800 \times 1200$ mm and a cross-sectional area of the solar panel of $0.54 \text{ m} \times 0.67 \text{ m}$, the highest power output produced by the solar panel is 60.98 Watt with a current of 3.16 A and voltage 19.3 V.

Keywords : Arduino, *Dual Axis Solar Tracker*, Irradiation, *Solar Cell*

1. PENDAHULUAN

Energi mempunyai peranan penting dalam kehidupan manusia dan kegiatan ekonomi (Rahmat 2019). Ketergantungan terhadap energi fosil mendorong pengembangan sumber energi terbarukan, termasuk energi surya (Putra, Imron, and Restu 2025; Putra et al. 2026). Indonesia memiliki potensi energi surya yang besar karena berada di wilayah tropis dan menerima radiasi matahari sepanjang tahun (Sofyan et al. 2024). Penelitian terdahulu dalam sumber penelitian

menempatkan energi surya sebagai salah satu alternatif penting untuk pemenuhan kebutuhan listrik di Indonesia (Widayana 2012).

Panel surya yang dipasang dengan sudut tetap tidak selalu berada tegak lurus terhadap arah datang sinar matahari (Meher and Lad 2024; Slamet et al. 2025). Posisi matahari berubah sepanjang hari dari timur ke barat serta mengalami perubahan lintasan tahunan, sehingga sudut datang radiasi terhadap panel juga berubah (Asnawi et al. 2024; Sofyan et al.

2024). Sistem *solar tracking* dikembangkan untuk mengarahkan panel mengikuti posisi matahari agar penerimaan radiasi lebih optimal (Khan, Rahman, and Saha 2022; Meher and Lad 2024).



Gambar 1. Lampu Tenaga Surya

Sistem *tracking* dapat menggunakan satu sumbu atau dua sumbu. *Dual axis tracker* memungkinkan panel bergerak pada dua arah sehingga orientasinya dapat disesuaikan terhadap perubahan posisi matahari (Ashidqi et al. 2026; Dobrzycki et al. 2020; Sahrudin and Rahmat 2025). Penelitian sebelumnya juga telah mengembangkan pelacak satu sumbu, *dual axis* dengan sensor maupun tanpa sensor, serta teknik kendali yang berbeda.



Gasmbsr 2. Solar tracker

Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan metode perancangan Pahl dan Beitz dalam rancang bangun prototype *dual axis solar tracker* berbasis Arduino dengan dua linear actuator dan empat sensor LDR, kemudian menguji keluaran tegangan, arus, dan daya pada kondisi lapangan. Tujuan penelitian adalah merancang *solar tracker* berbasis Arduino, memanfaatkan energi matahari secara maksimal, serta menganalisis daya keluaran panel surya yang menggunakan sistem *tracker*.

Metode

Penelitian menggunakan pendekatan eksperimen dan metode deskriptif. Proses perancangan mengikuti metode Pahl dan Beitz yang terdiri atas empat fase, yaitu fase formulasi tugas, fase fungsional, fase bentuk desain, dan fase hasil. Setelah prototype selesai dibuat, dilakukan pengujian kinerja dan pengukuran keluaran listrik panel surya.

Sistem terdiri atas panel surya monocrystalline 50 Wp, empat sensor LDR, Arduino Mega, dua linear actuator, motor driver, solar charge controller 10 A, dan baterai 12 V 12 A. Panel memiliki dimensi $540 \times 670 \times 30$ mm dengan V_{mp} 18,0 V dan I_{mp} 2,78 A. Dua actuator digunakan untuk menggerakkan panel pada arah Utara–Selatan dan Timur–Barat. Arduino menerima data dari sensor LDR kemudian mengendalikan arah gerak actuator.

Perancangan mekanik terdiri atas frame panel surya, lengan ayun, penyangga lengan ayun, serta tiang dan landasan. Dimensi komponen yang digunakan adalah frame $540 \times 360 \times 60$ mm, lengan ayun $350 \times 40 \times 420$ mm, penyangga $448,52 \times 120 \times 40$ mm, dan tiang landasan $544 \times 544 \times 955$ mm.

Pengambilan data dilakukan di halaman rumah penulis yang beralamat di Jalan Jati Baru, Dusun Jatimulya RT. 02 RW. 05, Desa Sukaharja, Kecamatan Telukjambe Timur, Kabupaten Karawang, Jawa Barat.

Pengujian *solar tracker* dilakukan selama tiga hari pada 15–17 Agustus 2022, pukul 08.00–

16.00, dengan interval satu jam. Data yang dicatat meliputi intensitas cahaya, tegangan, arus, dan daya. Analisis dilakukan secara deskriptif dengan penyajian tabel dan perhitungan daya menggunakan $P = V \times I$. Luas penampang panel dihitung dengan $A = P \times L$, sedangkan konversi intensitas cahaya ke intensitas radiasi mengikuti $I_r = \text{Lux} \times 0,0079$.

Hasil dan Pembahasan

Tahap formulasi tugas menghasilkan daftar persyaratan produk dan pemilihan komponen utama. Pada tahap fungsional, konsep prototype menggunakan sistem engsel dan dua actuator untuk menghasilkan gerak dua sumbu. Empat LDR ditempatkan pada bagian sensor untuk membandingkan intensitas cahaya dari sisi atas, bawah, kiri, dan kanan. Perbedaan pembacaan sensor digunakan Arduino untuk menentukan arah gerak elevasi dan azimut.

Pada fase bentuk desain, material dan dimensi komponen ditetapkan berdasarkan kebutuhan mekanik. Pada fase hasil, seluruh komponen dirakit menjadi prototype dual axis solar tracker. Sistem kendali mengatur motor melalui driver dengan logika perbandingan pembacaan LDR; apabila perbedaan cahaya melebihi batas toleransi, actuator bergerak dan berhenti ketika posisi relatif terhadap sumber cahaya berada dalam rentang toleransi.

Tabel 1. Spesifikasi utama sistem

Komponen	Spesifikasi
Panel surya	Monocrystalline 50 Wp; 540 × 670 × 30 mm
Arduino	Arduino Mega
Sensor	LDR, 4 unit
Penggerak	Linear actuator, 2 unit
Motor driver	1 unit
Solar charge controller	10 A
Baterai	12 V, 12 A; DoD 80%

Pengujian intensitas cahaya dan arus menunjukkan bahwa arus cenderung meningkat

ketika intensitas cahaya meningkat. Pada hari pertama kondisi cuaca sedikit mendung dan arus tertinggi 2,85 A terjadi pada pukul 12.00 dengan intensitas 4239 lux × 10. Pada hari kedua kondisi sedikit berawan dan arus tertinggi 2,91 A terjadi pada pukul 12.00 dengan intensitas 4058 lux × 10. Pada hari ketiga kondisi sangat terang dan arus tertinggi 3,16 A terjadi pada pukul 12.00 dengan intensitas 4234 lux × 10.

Tabel 2. Ringkasan pengujian arus dan intensitas cahaya

Hari	Intensitas tertinggi (lux × 10)	Arus tertinggi (A)	Waktu
1	4239	2,85	12.00
2	4058	2,91	12.00
3	4234	3,16	12.00

Pengujian tegangan memperlihatkan bahwa tegangan berada pada kisaran sekitar 12,3–19,5 V, dengan perubahan yang dipengaruhi kondisi pencahayaan. Hari pertama menghasilkan tegangan tertinggi 18,6 V pada pukul 11.00–12.00. Hari kedua mencapai 19,5 V pada pukul 08.00. Hari ketiga memiliki nilai 19,3 V pada beberapa waktu pengujian, sedangkan nilai 12,3 V tercatat pada pukul 10.00.

Tabel 3. Ringkasan pengujian daya solar tracker

Hari	Daya terendah (W)	Daya tertinggi (W)	Waktu puncak	Rata-rata dilaporkan
1	16,688	53,010	12.00	37 W/hari
2	20,085	56,163	12.00	42,25W/hari
3	31,717	60,988	12.00	48 W/hari

Pada hari pertama, daya tertinggi sebesar 53,01 W terjadi pukul 12.00 dan daya terendah 16,688 W pukul 16.00. Pada hari kedua, daya tertinggi sebesar 56,163 W terjadi pukul 12.00 dan daya terendah 20,085 W pukul 08.00. Pada hari ketiga, daya tertinggi sebesar 60,988 W terjadi pukul 12.00 dengan tegangan 19,3 V dan

arus 3,16 A. Sumber penelitian melaporkan rata-rata daya masing-masing hari sebesar 37 W/hari, 42,25 W/hari, dan 48 W/hari.

Perhitungan luas panel menghasilkan $A = 0,54 \times 0,67 = 0,3618 \text{ m}^2$. Dengan nilai intensitas cahaya tertinggi yang digunakan dalam sumber penelitian sebesar 42.340 lux, konversi menggunakan $I_r = \text{Lux} \times 0,0079$ menghasilkan 334,486 W/m². Selanjutnya $W = I_r \times A$ menghasilkan 121,017 Joule. Perhitungan tersebut menunjukkan hubungan antara intensitas radiasi dan luas bidang penerima dalam estimasi energi yang diterima panel.

Secara keseluruhan, data menunjukkan keluaran daya lebih tinggi pada kondisi pencahayaan yang lebih baik. Hari ketiga, yang dilaporkan memiliki kondisi cuaca sangat terang, memberikan nilai arus dan daya tertinggi. Hal ini mendukung fungsi *tracker* untuk menjaga orientasi panel terhadap arah cahaya. Namun, variasi tegangan dan arus juga menunjukkan bahwa performa tidak hanya ditentukan oleh mekanisme tracking, tetapi dipengaruhi kondisi cuaca dan pencahayaan selama pengujian.

Simpulan

Rancang bangun *dual axis solar tracker* berbasis Arduino dengan metode Pahl dan Beitz berhasil dibuat dengan struktur yang dinyatakan kuat, kokoh, dan efisien dalam pengerjaan. Sistem menggunakan empat LDR sebagai input dan dua linear actuator untuk mengarahkan panel pada dua sumbu.

Pengujian selama tiga hari menunjukkan rata-rata arus yang dilaporkan masing-masing 2,13 A, 2,28 A, dan 2,62 A. Rata-rata tegangan yang dilaporkan adalah 16,87 V, 18,67 V, dan 18,21 V. Rata-rata daya yang dilaporkan adalah 37 W/hari, 42,25 W/hari, dan 48 W/hari.

Keluaran tertinggi pada data pengujian terjadi pada hari ketiga pukul 12.00, yaitu 60,988 W dengan tegangan 19,3 V dan arus 3,16 A. Hasil tersebut menunjukkan bahwa mekanisme *dual axis* dapat membantu panel mengikuti

pergerakan matahari sehingga pemanfaatan energi surya menjadi lebih optimal.

Saran

Berdasarkan perancangan dan pengujian *dual axis solar tracker* didapatkan saran sebagai berikut.

1. Dalam perancangan perlu ada pengembangan lanjutan untuk desain yang lebih simple dan fungsional
2. Untuk pemakaian dalam jangka waktu yang lama lebih baik menggunakan motor driver yang lebih baik lagi karena untuk motor driver jenis L298N mampu bertahan dalam kurun waktu kurang dari satu minggu.
3. Sensor cahaya yang digunakan dapat diganti dengan sensor cahaya yang lebih peka terhadap sinar matahari.
4. Perlu diadakan penelitian lanjutan tentang pemanfaatan panel sel surya untuk mendapatkan hasil efisiensi yang lebih maksimal. Diharapkan penelitian seperti ini bisa mendapatkan dukungan dari partisipasi dari berbagai pihak yang lebih berkompeten dibidangnya.
5. Penelitian tentang energi terbarukan lebih dikembangkan lagi sehingga mampu mengurangi penggunaan pembangkit listrik fosil dan bisa menjadi energi alternatif.
6. Memanfaatkan secara maksimal energi melimpah dari panas matahari untuk berbagai kebutuhan manusia yang tidak terjangkau suplay PLN

Daftar Pustaka

- Ashidqi, Muhamad Dzaky, Silviana Windasari, Rahmat, and Probokusumo. 2026. "Parameter Optimization of Battery Energy Storage System Considering Degradation Using Reinforcement Learning." *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi* 15(1): 44–52. doi:10.22146/jnteti.v15i1.24882.
- Asnawi, Rijal, Sukir Maryanto, Aminudin Afandhi, and Kartiko Ardi Widodo. 2024. "Feasibility of Management of a Green Campus Photovoltaic Solar Power Plant National Institute of Technology Malang : Literature Review." 15(2): 127–35.



- doi:10.21776/ub.jp.al.2024.015.02.09.
- Dobrzycki, Arkadiusz, Dariusz Kurz, Stanisław Mikulski, and Grzegorz Wodnicki. 2020. "Analysis of the Impact of Building Integrated Photovoltaics (BIPV) on Reducing the Demand for Electricity and Heat in Buildings Located in Poland." *Energies* 13(10). doi:10.3390/en13102549.
- Khan, Sakir Ahmad, Atikur Rahman, and Abir Saha. 2022. "Title of the Project Arduino Based Home Automation and Monitoring System via Internet Powered by a Solar System." (September): 0–115.
- Meher, Siddhesh, and Devang Lad. 2024. "A Review On The Solar And Wind Hybrid System." 9(3): 131–35.
- Putra, Dean Anggara, Jefri Imron, and Rifo Nurlaksana Restu. 2025. "Perbandingan Rancangan Prototype BIPV (Building Integrated Photovoltaic) Genteng Solar Bergelombang Dengan Genteng Solar Datar." *Jurnal Penelitian Inovatif (JUPIN)* 5(4): 3231–39.
- Putra, Dean Anggara, Rahmat, Jefri Imron, Rifo Nur laksana Restu, Marhaendra Natawibawa, Hery Sumardiyanto, and Thomas Junaedi. 2026. "Perbandingan Kaca Isolasi 2 Lapis Clear Ig Low e Hardcoat Planibel Dan Clear Ig Low e Softcoat Optitherm Untuk Bangunan Berdasarkan Comprehensive Performance Dan Thermal Insulated Di Pt. Abebersa Pratama (Abeglass)." *Jurnal Ekselenta* 2(2): 37–43.
- Rahmat, Rahmat. 2019. "Pengembangan Mesin Stirling Tipe Gamma Sebagai Tenaga Penggerak Kipas Angin." *Teknobiz : Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin* 9(1): 28–36. doi:10.35814/teknobiz.v9i1.887.
- Sahrudin, Udin, and Rahmat Rahmat. 2025. "Penerapan Photoelectric Sensor Untuk Mengurangi Loss Film Karena Salah Perhitungan." *Ekselenta Jurnal* 2(1): 1–7.
- Slamet, Santoso, Rahmadi, Rexa Dega Mahendra, Zaenal Muttaqin, Asep heri Kuswanto, and Rahmat. 2025. "Pemanfaatan Angin Outdoor AC Sebagai Penggerak Turbin Hybrid Slamet." *Jurnal Ekselenta-Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik* 2(1): 1–6.
- Sofyan, Ahmad Chidhir, Ibrahim Nawawi, Andriyatna Agung Kurniawan, and Jurusan Teknik Elektro. 2024. "Telaah Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Surya Pada Lahan Budidaya Anggur." *Jurnal Ilmiah Sain dan Teknologi* 2(8): 396–410.
- Widayana, Gede. 2012. "Pemanfaatan Teknologi Surya." *JPTK Undiksha* 9(1): 37–46.