

Perancangan Sistem Tracking Panel Surya Dual axis Menggunakan Sensor LDR dan RTC untuk Optimalisasi Penyerapan Energi Matahari

¹Moh. Davit Irawan, ²Adi Winarno

¹ Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas PGRI Adi buana Surabaya, Surabaya

² Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas PGRI Adi buana Surabaya, Surabaya

¹ 203600004@student.unipasby.ac.id, ² adiwinarno@unipasby.ac.id

Article Info

Keyword:

*Solar Tracking System
Dual-axis Tracking
Renewable Energy*

Copyright © 2025 -SNTE
All rights reserved

ABSTRACT

Abstrak—Kebutuhan energi listrik di Indonesia terus mengalami peningkatan, sementara ketergantungan terhadap Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) berbahan bakar batu bara masih sangat tinggi. Kondisi ini menimbulkan permasalahan terkait keberlanjutan dan dampak lingkungan. Salah satu solusi yang potensial adalah pemanfaatan energi terbarukan, khususnya energi surya. Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem panel surya dual-axis tracking berbasis mikrokontroler Arduino Mega 2560, yang dilengkapi dengan sensor *Light Dependent Resistor (LDR)* untuk mendeteksi intensitas cahaya dan modul *Real Time Clock (RTC)* untuk sinkronisasi waktu. Sistem pelacak dirancang agar mampu menyesuaikan posisi panel secara otomatis mengikuti arah pergerakan matahari sehingga panel tetap tegak lurus terhadap sinar matahari sepanjang hari. Pengujian dilakukan dengan membandingkan kinerja panel surya dual-axis tracking dengan panel statis pada kondisi lingkungan yang sama. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan daya listrik sekitar 25–30% pada sistem *dual-axis tracking* dibandingkan dengan panel statis. Dengan demikian, sistem ini terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi penyerapan energi dan dapat menjadi solusi strategis dalam mendukung pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia.

Corresponding Author:

Moh.Davit Irawan,
Teknik Elektro, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya, Surabaya,
Jl. Dukuh Menanggal XII, Dukuh Menanggal, Kec. Gayungan, Surabaya,
Email: 203600004@student.unipasby.ac.id

I. PENDAHULUAN

Energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang potensial untuk dikembangkan di Indonesia, mengingat letak geografisnya yang berada di garis khatulistiwa dengan intensitas cahaya matahari cukup tinggi sepanjang tahun [1]. Pemanfaatan energi ini umumnya dilakukan menggunakan panel surya, namun efisiensinya sangat dipengaruhi oleh sudut datang cahaya matahari terhadap permukaan panel [2].

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, sistem solar tracker banyak dikembangkan guna menyesuaikan posisi panel surya terhadap arah datangnya cahaya matahari. Secara umum, solar tracker dibagi menjadi dua jenis, yaitu single axis dan dual axis. Sistem dual axis memiliki keunggulan dalam memaksimalkan penyinaran karena dapat bergerak mengikuti matahari baik pada sumbu horizontal maupun vertikal [3].

Berbagai penelitian telah menggunakan sensor LDR untuk mendeteksi intensitas cahaya matahari sebagai dasar penggerak panel. Namun, penggunaan LDR memiliki keterbatasan pada kondisi cuaca mendung atau malam hari, sehingga dapat mengurangi akurasi sistem [4]. Oleh karena itu, diperlukan integrasi dengan sensor RTC untuk memberikan informasi waktu yang lebih akurat dalam mengendalikan pergerakan panel, sehingga sistem dapat tetap beroperasi meskipun cahaya matahari tidak optimal [5].

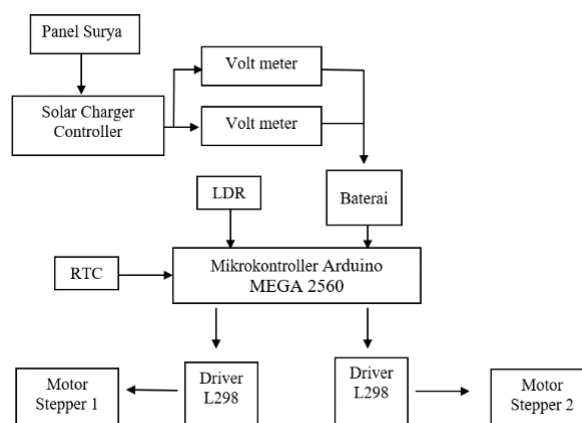
Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem dual axis solar tracker berbasis mikrokontroler Arduino Mega 2560 yang mengintegrasikan sensor LDR dengan modul RTC. Kombinasi ini memungkinkan penentuan posisi panel secara lebih presisi, baik berdasarkan intensitas cahaya maupun pergerakan waktu. Dengan sistem ini diharapkan efisiensi penyerapan energi panel surya dapat meningkat secara signifikan dibandingkan dengan panel statis.

Susunan artikel ini terdiri atas : pendahuluan (bagian 1), metode penelitian (bagian 2), hasil dan pembahasan (bagian 3), serta kesimpulan (bagian 4).

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Diagram Blok Alat

Diagram blok alat dibuat untuk memberikan gambaran secara singkat bagaimana alat dapat terbentuk dan berjalan sesuai tujuan yang ditetapkan, dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :



Gambar 1. Blok Diagram Perancangan Sistem

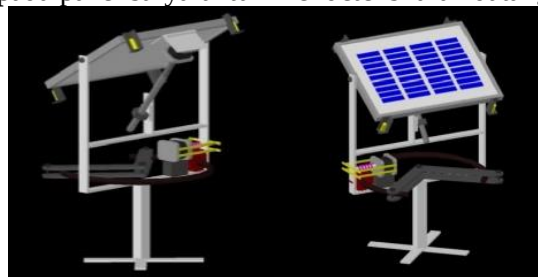
Dari gambar diatas dapat dijelaskan sebagai berikut :

Mikrokontroler *Arduino MEGA 2560* memperoleh pasokan daya utama dari baterai yang diisi oleh panel surya. Perangkat *solar charge controller* berperan mengendalikan proses pengisian daya, mencegah terjadinya *overcharging* dengan memutus aliran dari panel surya ke baterai secara otomatis ketika tegangan baterai telah mencapai kapasitas penuh. Modul RTC berfungsi sebagai penghitung waktu aktual, sedangkan sensor LDR digunakan untuk mendeteksi arah datangnya sinar matahari. Data dari sensor LDR dikirimkan ke *mikrokontroler*, yang kemudian memberikan sinyal ke *driver L298* untuk menggerakkan *motor stepper* 1 dan 2 sesuai program. Panel surya diposisikan tegak lurus terhadap sinar matahari guna memperoleh energi

secara maksimal. LCD digunakan untuk menampilkan waktu secara real-time, sedangkan voltmeter dan amperemeter digunakan untuk mengukur keluaran daya dari panel surya. Posisi panel surya yang tegak lurus dengan sinar matahari akan menghasilkan energi yang optimum. LCD pada penelitian ini digunakan sebagai penampil waktu secara nyata. Kemudian untuk mengukur keluaran panel surya pada penelitian ini digunakan alat ukur voltmeter dan amperemeter.

B. Desain Alat

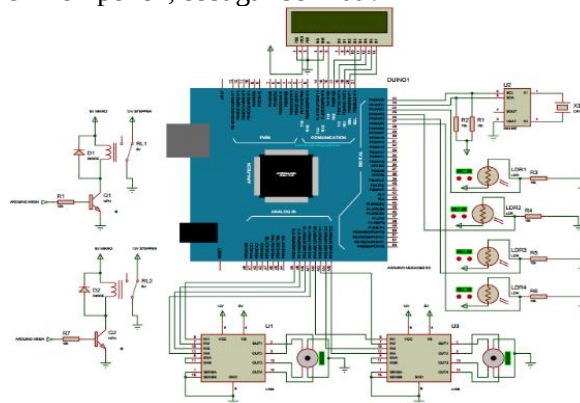
Pada rancangan mekanisme *tracking* panel surya ini digunakan dua *motor stepper* yang dihubungkan dengan batang ulir untuk memastikan panel surya tetap tertahan meskipun motor tidak aktif atau tidak mendapat suplai daya. Posisi motor stepper diatur sedemikian rupa, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.4, sehingga mampu menggerakkan panel mengikuti pergerakan harian maupun semu matahari. Selain itu, empat sensor LDR ditempatkan pada panel surya untuk mendeteksi arah datangnya sinar matahari.



Gambar 2. Desain Alat

C. Wiring Diagram

Wiring diagram dibuat sebagai acuan dalam perakitan alat dengan tujuan untuk memudahkan dalam pelaksanaan perakitan komponen-komponen, sebagai berikut :

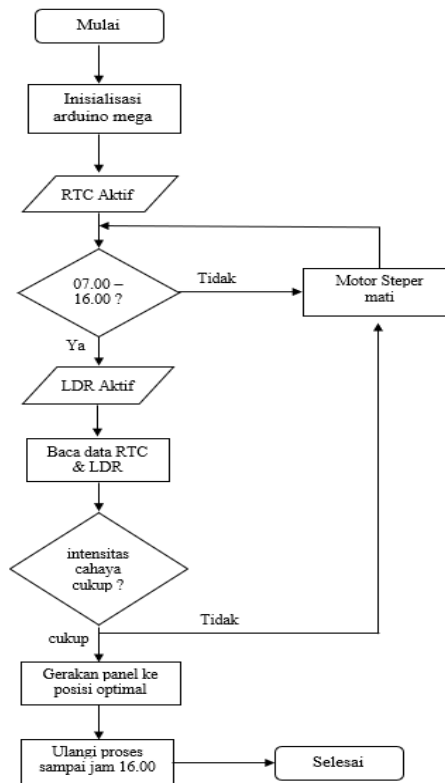


Gambar 3. Wiring Diagram

Keseluruhan rangkaian pada penelitian ini merupakan kombinasi dari beberapa rangkaian, meliputi rangkaian RTC, rangkaian sensor LDR, rangkaian *driver* L298, LCD, serta mikrokontroler Arduino Mega 2560. Arduino memperoleh suplai tegangan 5V dari keluaran panel surya, dan jika daya dari panel tidak mencukupi, suplai berasal dari *power supply unit*. Pada Arduino Mega 2560, terdapat sejumlah pin yang terhubung ke rangkaian masukan dan keluaran: PORT A terhubung ke empat sensor LDR dan satu modul RTC, PORT D terkoneksi ke LCD, sedangkan PORT K terhubung ke *driver* L298 dan menerima tegangan 12V untuk menggerakkan *motor stepper*.

D. Diagram Alir Sistem

Diagram alir sistem dibuat untuk menggambarkan secara singkat cara kerja dan pengambilan keputusan pada sistem, dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :



Gambar 4. Diagram Alir sistem

Berdasarkan diagram alir di atas, program akan berjalan ketika sistem dihidupkan dalam mode aktif. Modul RTC kemudian menampilkan waktu sesuai zona waktu Indonesia. Mikrokontroler Arduino MEGA 2560 akan memeriksa data dari RTC untuk menentukan apakah waktu berada antara pukul 07.00 hingga 16.00. Jika tidak, motor stepper tidak akan bergerak; jika ya, sensor LDR diaktifkan. RTC dan LDR kemudian membaca data waktu saat itu, dan sensor LDR mencari arah datangnya cahaya matahari menggunakan empat sensor yang dipasang di setiap sisi. Proses ini berlangsung terus-menerus hingga waktu mencapai pukul 16.00, setelah itu *motor stepper* dimatikan hingga pukul 07.00 keesokan harinya.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

E. Penyajian Produk

Produk yang dihasilkan adalah sistem *tracking* panel surya otomatis berbasis Arduino Mega yang menggunakan sensor LDR dan RTC untuk meningkatkan efisiensi penyerapan energi matahari. Sistem ini mampu mengatur posisi panel agar selalu tegak lurus dengan sinar matahari menggunakan *motor stepper* sebagai penggerak. Dengan desain ini, sistem dapat menghasilkan daya listrik lebih optimal dibandingkan panel surya statis.



Gambar 5. Penyajian Produk

F. Pengujian Produk

TABEL I. PENGUJIAN SOLAR TRACKER

Uji	Jam	Intensitas cahaya (Lux)	Sudut Panel Statis (derajat)	Sudut Panel Dinamis (derajat)	Daya Panel Statis (W)	Daya Panel Dinamis (W)	Efisiensi Peningkatan (%)
1	07.00	35.000	30	60	3,5	4,5	28,6 %
2	09.00	55.000	30	35	5,5	7,2	30,9 %
3	12.00	65.000	30	0	6,5	8,5	30,8 %
4	14.00	60.000	30	25	6,0	7,8	30 %
5	16.00	40.000	30	50	4,0	5,2	30 %

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1, terlihat bahwa intensitas cahaya matahari meningkat dari pagi hari hingga mencapai puncaknya pada pukul 12.00 WIB, lalu menurun menjelang sore. Penyesuaian sudut panel secara dinamis melalui *solar tracker* terbukti mampu meningkatkan daya keluaran dibandingkan panel statis pada setiap waktu pengujian. Peningkatan efisiensi tertinggi tercatat sebesar 30,9% pada pukul 09.00 dan 10.00 WIB, ketika intensitas cahaya berada pada kisaran 55.000–60.000 lux. Secara keseluruhan, sistem solar tracker mampu mempertahankan efisiensi peningkatan daya rata-rata sekitar 30,1% sepanjang periode pengujian, menunjukkan kinerjanya yang konsisten dalam mengoptimalkan penyerapan energi matahari.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, sistem pelacak matahari dual axis berbasis kombinasi sensor RTC dan LDR mampu meningkatkan efisiensi panel surya rata-rata sebesar 30,1% dibandingkan dengan sistem statis. Nilai ini sesuai dengan data yang diperoleh pada bagian hasil dan pembahasan, sehingga konsisten secara keseluruhan.

Kebaruan penelitian ini terletak pada pemanfaatan kombinasi dua sensor, yaitu RTC dan LDR, dalam sistem pelacak matahari *dual axis* yang diuji langsung pada kondisi iklim tropis Indonesia. Pendekatan ini memungkinkan sistem bekerja lebih adaptif terhadap pergerakan matahari, serta menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan penelitian sebelumnya.

Kelemahan penelitian ini adalah pengujian masih dilakukan pada skala terbatas dan belum mengintegrasikan sistem penyimpanan energi. Untuk mengatasi hal tersebut, penelitian selanjutnya disarankan menguji sistem pada kapasitas lebih besar, mengintegrasikan dengan baterai atau sistem penyimpanan energi lain, serta menganalisis aspek kelayakan ekonomi agar lebih siap untuk implementasi nyata.

REFERENSI

- [1] M. M. Rahman, A. M. T. Oo, and A. Stojcevski, "Review of recent trends in solar photovoltaic tracking system," *Energy Conversion and Management*, vol. 152, pp. 410–422, 2016, doi: 10.1016/j.enconman.2017.09.058.
- [2] M. Al-Saedi, S. W. Lachowicz, D. Habibi, and O. Bass, "Solar tracking systems: Technologies and trackers drive types – A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 91, pp. 754–782, 2019, doi: 10.1016/j.rser.2018.12.015.
- [3] A. Kumar and P. Singh, "Performance analysis of dual axis solar tracker with LDR sensors," *International Journal of Renewable Energy Research*, vol. 10, no. 3, pp. 1154–1161, 2020.
- [4] M. A. Rasyid and H. B. Santoso, "Implementasi sistem dual axis solar tracker berbasis sensor LDR," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 12, no. 2, pp. 45–52, 2021.
- [5] A. Prasetyo and D. Nugroho, "Penggunaan sensor RTC untuk optimasi waktu operasi sistem otomatisasi energi," *Jurnal Rekayasa Energi*, vol. 8, no. 1, pp. 23–30, 2020.