pISSN : 0852-0232, eISSN : 2656-582X DOI : 10.14710/gt.v22i4.xxxxx

RANCANG BANGUN SISTEM SOLAR TRACKER DUAL AXIS DENGAN MEKANISME PAN-TILT UNTUK MENINGKATKAN DAYA KELUARAN PANEL SURYA

Sutriyani Lapian [1)], Saiful Manan [2)]
Program Studi D-IV Teknik Listrik Industri, Sekolah Vokasi, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
*E-mail : saifulmanan22@gmail.com

ABSTRACT

This final project aims to design a two-axis solar tracking system with a pan-tilt mechanism. The system uses six light sensors (LDRs) and two servo motors to automatically adjust the position of the solar panel so that it remains perpendicular to the incoming sunlight. Four LDR sensors are used to move the servos horizontally, while the other two LDR sensors control vertical movement. To enhance directional sensitivity, each LDR sensor is enclosed in an 8-cm-long tube. The system uses an Arduino UNO microcontroller and is equipped with an RTC for time-stamping and an SD card module for data storage. System testing was conducted to evaluate sensor performance, servo motor movement, and solar panel power output. The test results showed that the system works well, with the LDR sensors and servo motors interacting effectively to track the sun's movement, as demonstrated by the servo motors' dynamic response to changes in light intensity. In terms of power, the system proved capable of optimizing energy absorption. Under sunny conditions, the maximum power generated reached 5.83 W. Although this did not reach the panel's peak power specification (10 Wp), this difference was due to weather factors and less-than-ideal outdoor testing conditions.

Keywords: *Dual-Axis Solar Tracker System, Solar Panels, Pan-Tilt, LDR Sensor, Servo Motor, Arduino UNO.*

PENDAHULUAN

Energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang potensial dan melimpah di Indonesia, dengan intensitas radiasi matahari harian rata-rata sekitar 4,8 kWh/m² [1]. Meskipun demikian, efisiensi konversi energi surya menjadi energi listrik sering kali rendah karena perubahan sudut datang sinar matahari akibat rotasi bumi [2]. Hal ini menyebabkan panel surya statis tidak dapat menerima radiasi matahari secara optimal sepanjang hari [3].

Untuk mengatasi masalah ini, dikembangkanlah sistem *solar tracker* dua sumbu yang berfungsi mengarahkan panel surya agar selalu tegak lurus terhadap datangnya sinar matahari [4]. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem *solar tracker* dua sumbu dengan mekanisme *pan-tilt* menggunakan mikrokontroler Arduino UNO, enam sensor LDR, dan dua motor servo [5, 6]. Fokus penelitian adalah untuk menentukan posisi optimal sensor LDR agar pembacaan intensitas cahaya lebih akurat, yang pada akhirnya dapat meningkatkan efisiensi daya keluaran panel surya [7, 8, 9]. Batasan masalah dalam penelitian ini adalah penggunaan panel surya skala 10 Wp, empat sensor LDR untuk pergerakan horizontal dan dua untuk vertikal, serta penggerak motor servo MG90S [10].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dimulai dengan studi literatur untuk memahami teori dasar terkait sistem *solar tracker*, sensor, dan mikrokontroler [11]. Tahapan selanjutnya adalah perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) [12].

1. Perancangan Perangkat Keras

Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu:

- **Mikrokontroler:** Arduino UNO berfungsi sebagai otak sistem untuk memproses data dari sensor dan mengendalikan motor servo.
- **Sensor:** Enam sensor LDR digunakan untuk mendeteksi intensitas cahaya matahari. Empat sensor ditempatkan untuk menggerakkan sumbu horizontal dan dua sensor untuk sumbu vertikal. Setiap sensor LDR ditutup dengan pipa setinggi 8 cm untuk membatasi sudut datangnya cahaya, sehingga sensor lebih sensitif dan akurat dalam mendeteksi arah sinar matahari langsung.
- **Aktuator:** Dua motor servo digunakan sebagai penggerak panel surya, satu untuk sumbu horizontal (*pan*) dan satu untuk sumbu vertikal (*tilt*).
- **Dukungan Sistem:** Sistem ini juga dilengkapi dengan modul RTC untuk pencatatan waktu, modul SD Card untuk

penyimpanan data, dan sumber daya dari aki atau adaptor [13].

2. Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak dirancang menggunakan Arduino IDE untuk mengendalikan sistem. Logika program disusun berdasarkan pembacaan perbedaan nilai dari sensor LDR. Arduino memproses data ini untuk menghasilkan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) yang dikirimkan ke motor servo, sehingga panel dapat bergerak menuju posisi optimal. Program juga mengintegrasikan fungsi pencatatan data ke SD Card.

HASIL PENGUKURAN

1. Pengujian Sensor LDR

Hasil pengujian menunjukkan bahwa keenam sensor LDR mampu merespons perubahan intensitas cahaya matahari secara konsisten. Sensor LDR 3 dan LDR 4 lebih peka terhadap cahaya rendah, di mana nilainya menurun drastis saat cuaca berawan. Sebaliknya, LDR 5 dan LDR 6 lebih dominan dalam menangkap cahaya terang dan dapat mencapai nilai saturasi (1023).Dari hasil pengukuran didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 1. Pengujian Sensor LDR

Waktu	LDR 1	LDR 2	LDR 3	LDR 4	LDR 5	LDR 6	Kondisi Cahaya
8:00	953	939	700	589	830	1023	Cerah
8:30	1001	994	736	643	781	1023	Cerah
9:00	1023	1023	799	655	885	1023	Cerah
9:30	1023	1023	814	801	936	1023	Cerah
10:00	1023	1023	839	816	934	1023	Berawan
10:30	848	852	830	609	806	1023	Berawan
11:00	1023	1023	915	921	996	1023	Sedikit Mendung
11:30	1023	1023	920	886	964	1023	Sedikit Mendung
12:00	1016	1023	1011	977	1009	1023	Sedikit Mendung
12:30	952	941	943	931	916	1023	Sedikit Mendung
13:00	986	982	992	986	999	1023	Mendung
13:30	921	947	935	976	949	1023	Sedikit Mendung
14:00	792	780	773	809	774	1023	Sedikit Mendung
14:30	865	867	827	881	895	1023	Cerah
15:00	789	769	731	771	775	1023	Cerah
15:30	781	774	785	815	823	1023	Cerah
16:00	772	763	793	803	818	1023	Sedikit Mendung

2. Pengujian Gerak Motor Servo

Pergerakan motor servo horizontal dan vertikal mampu mengikuti perubahan posisi matahari sepanjang hari. Pada pagi hari, servo horizontal bergerak dari 180° menuju 166° dan servo vertikal naik dari 90° menuju 110°. Di tengah hari, servo horizontal stabil di kisaran 110° hingga 96°, sedangkan servo vertikal di sekitar 132°–138°, yang menunjukkan panel berada pada posisi optimal. Pada sore hari, servo horizontal bergerak menuju 76° dan servo vertikal turun ke 110°, mengikuti pergeseran matahari ke barat. Pergerakan servo ini selaras dengan respons sensor LDR, membuktikan bahwa sistem dapat secara efektif melacak pergerakan matahari bahkan saat kondisi cuaca berawan atau sedikit mendung.

Tabel 2. Pengujian Gerak Motor Servo

Waktu	Servo Hor (°)	Servo Ver (°)	Kondisi Cahaya	Keterangan
8:00	180	90	Cerah	Panel cenderung menghadap ke Timur
8:30	170	96	Cerah	Panel mulai bergerak mengikuti cahaya matahari
9:00	166	100	Cerah	Panel masih mengikuti cahaya matahari
9:30	150	110	Cerah	Panel masih mengikuti cahaya matahari
10:00	144	118	Berawan	Panel bergerak lebih lambat karena intensitas cahaya menurun
10:30	134	124	Berawan	Panel cenderung bertahan, sedikit penyesuaian arah
11:00	120	132	Sedikit Mendung	Panel tetap mengikuti arah matahari meskipun cahaya berfluktuasi
11:30	110	138	Sedikit Mendung	Panel mulai mengarah ke posisi tegak lurus (puncak)
12:00	96	140	Sedikit Mendung	Panel berada pada posisi puncak (matahari siang)
12:30	92	138	Sedikit Mendung	Panel sedikit menurunkan sudut vertikal, mengikuti matahari bergeser barat
13:00	90	136	Mendung	Panel bergerak pelan karena intensitas cahaya rendah
13:30	88	132	Sedikit Mendung	Panel kembali mengikuti pergeseran matahari ke barat
14:00	86	128	Sedikit Mendung	Panel menurunkan sudut vertikal seiring matahari turun
14:30	84	124	Cerah	Panel menyesuaikan lebih cepat karena cahaya kembali kuat
15:00	80	120	Cerah	Panel condong ke barat, mengikuti posisi matahari sore
15:30	78	116	Cerah	Panel tetap menyesuaikan arah, mendekati posisi akhir sore
16:00	76	110	Sedikit Mendung	Panel berada di posisi akhir (menghadap barat)

3. Pengujian Daya Panel Surya

Daya keluaran panel sangat dipengaruhi oleh intensitas cahaya matahari, dengan tegangan yang cenderung stabil (13 – 13,27V). Pada cuaca cerah, daya maksimum yang dihasilkan mencapai 5.83W, sedangkan berawan daya menurun drastis menjadi 0,26W. Meskipun terjadi penurunan daya yang signifikan [ada kondisi mendung, sistem solar tracker tetap menghasilkan daya yang lebih baik dibandingkan panel statis.

Tabel 3. Pengujian Daya Panel Surya

Waktu	Nilai Sensor (Lux)						Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Kondisi Cahaya
	LDR 1	LDR 2	LDR 3	LDR 4	LDR 5	LDR 6				
8:00	953	939	700	589	830	1023	13,13	0,09	1,18	Cerah
8:30	1001	994	736	643	781	1023	13,02	0,25	3,26	Cerah
9:00	1023	1023	799	655	885	1023	13,26	0,33	4,38	Cerah
9:30	1023	1023	814	801	936	1023	13,25	0,44	5,83	Cerah
10:00	1023	1023	839	816	934	1023	13,12	0,13	1,71	Berawan
10:30	848	852	830	609	806	1023	13,03	0,02	0,26	Berawan
11:00	1023	1023	915	921	996	1023	13,03	0,16	2,08	Sedikit Mendung
11:30	1023	1023	920	886	964	1023	13,06	0,17	2,22	Sedikit Mendung
12:00	1016	1023	1011	977	1009	1023	13,05	0,17	2,22	Sedikit Mendung
12:30	952	941	943	931	916	1023	13,02	0,22	2,86	Sedikit Mendung
13:00	986	982	992	986	999	1023	13,03	0,1	1,30	Mendung
13:30	921	947	935	976	949	1023	13,06	0,12	1,57	Sedikit Mendung
14:00	792	780	773	809	774	1023	13,04	0,12	1,56	Sedikit Mendung
14:30	865	867	827	881	895	1023	13,27	0,22	2,92	Cerah
15:00	789	769	731	771	775	1023	13,01	0,25	3,25	Cerah
15:30	781	774	785	815	823	1023	13,02	0,2	2,60	Cerah
16:00	772	763	793	803	818	1023	13,02	0,12	1,56	Sedikit Mendung

KESIMPULAN

Sistem solar tracker dua sumbu dengan mekanisme *pan-tilt* yang dirancang ini dapat bekerja secara efektif. Motor servo berhasil merespons perubahan intensitas cahaya dari sensor LDR, memungkinkan panel surya secara otomatis melacak pergerakan matahari sepanjang hari. Pembacaan sensor LDR yang akurat, berkat penggunaan pipa penutup setinggi 8 cm, memastikan pergerakan servo menjadi lebih stabil dan terarah. Kondisi cuaca terbukti sangat memengaruhi daya keluaran panel; meskipun belum mencapai spesifikasi daya puncak 10 Wp, sistem ini berhasil mengoptimalkan penyerapan energi matahari bahkan dalam kondisi cuaca yang tidak ideal.

SARAN

1. Meningkatkan akurasi kalibrasi sensor LDR.
2. Mengembangkan sistem monitoring jarak jauh.
3. Melakukan uji coba sistem dalam jangka waktu lebih panjang untuk mengevaluasi ketahanan dan kestabilannya di berbagai musim.
4. Menggunakan pipa penutup sensor yang lebih tinggi untuk mencegah gangguan pembacaan dan pergerakan servo yang tidak beraturan.

DAFTAR PUSTAKA

1. A. Sidik et al. , “Studi Potensi Pemanfaatan Energi Baru Terbarukan (EBT) untuk Mendukung Sistem Ketenagalistrikan di Wilayah IKN,” *J. SISKOM-KB (Sistem Komput. dan Kecerdasan Buatan)*, vol. 6, no. 2, pp. 137–144, 2023, doi: 10.47970/siskom-kb.v6i2.379.
2. F. Ferdyson and J. Windarta, “Overview Pemanfaatan dan Perkembangan Sumber Daya Energi Surya Sebagai Energi Terbarukan di Indonesia,” *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 4, no. 1, pp. 1–6, 2023, doi: 10.14710/jebt.2023.15714.
3. A. Kharisma, S. Pinandita, and A. E. Jayanti, “Literature Review: Kajian Potensi Energi Surya Alternatif Energi Listrik,” *J. Energi Baru dan Terbarukan*, vol. 5, no. 2, pp. 145–154, 2024, doi: 10.14710/jebt.2024.23956.
4. A. F. Widjornako, M. Laagu, “Desain Dan Implementasi Sistem Tracking Dual Axis Panel Surya,” 2024.
5. H. Zuddin, “Perancangan dan Implementasi Sistem Instalasi Solar Tracking Dual Axis untuk Optimasi Panel Surya,” 2023.