

SOLAR TRACKING SYSTEM DENGAN ARDUINO NANO DAN SENSOR LDR: PANEL SURYA BERGERAK MENGIKUTI ARAH CAHAYA

Mochamad Yogi Febriansyah^{a,1,*}, Azwa Fazilatunnisa^{b,2,*}, Firdaus^{c,3}, Ahmad Fauzul Mubin^{d,4}, Daffa Wahid Sya' bani^{e,5}, Dony Hutabarat^{f,6}

^{a,b,c,d,e,f} UIN Sultan Maulana Hasanuddin Banten, Kemanisan, Curug, Serang, Banten

¹ yogif534@gmail.com *; ² azwanisaa01@gmail.com; ³ firdausonly1401@gmail.com; ⁴ fauzul585@gmail.com; ⁵ wahiddaffa332@gmail.com; ⁶ dony.hutabarat@uinbanten.ac.id

ARTICLE INFO

ABSTRACT (10PT)

Keywords

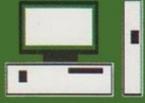
Solar Tracker, Arduino Nano, LDR, Single-axis Tracking, Servo.

This study discusses the design of a single-axis light tracking system based on an Arduino Nano microcontroller. The system is designed to automatically direct solar panels to follow the direction of incoming light using two LDR sensors and one servo motor. The LDRs detect light intensity on the left and right sides, while the Arduino controls the comparison logic to move the servo according to the direction of the dominant light. Functional testing was conducted indoors using artificial light. Observation results indicate that the system responds well to light direction. The servo's movement aligns with changes in light intensity, though there is a response delay of approximately 1–2 seconds. The system also demonstrates stability when light intensity is balanced, indicating that the control logic operates effectively. The system's limitations lie in its horizontal movement range and the fact that it has not been tested outdoors. Nevertheless, this prototype can serve as a foundation for developing a two-axis tracking system or integrating it with the Internet of Things (IoT) for further applications.

1. Pendahuluan

Dalam era globalisasi dan industrialisasi yang semakin pesat, kebutuhan akan sumber energi alternatif yang ramah lingkungan menjadi prioritas utama. Energi terbarukan, khususnya energi surya, menawarkan solusi yang berkelanjutan untuk mengatasi krisis energi fosil yang semakin menipis dan berdampak negatif terhadap lingkungan. Potensi energi matahari di Indonesia yang melimpah sayangnya belum dimanfaatkan secara optimal karena berbagai keterbatasan teknis, salah satunya adalah efisiensi panel surya statis yang hanya maksimal saat posisi matahari tegak lurus terhadap panel. Panel yang tidak dapat bergerak mengikuti arah sinar matahari menyebabkan penurunan signifikan dalam efisiensi konversi energi [1].

Untuk mengatasi permasalahan ini, teknologi pelacak matahari (solar tracker) dikembangkan sebagai sistem yang memungkinkan panel mengikuti pergerakan matahari sepanjang hari. Dengan teknologi ini, orientasi panel terhadap cahaya selalu optimal, sehingga mampu meningkatkan efisiensi energi hingga 30–40% dibandingkan sistem statis [2]. Oleh karena itu, integrasi teknologi pelacak matahari dalam implementasi sistem energi surya menjadi langkah strategis untuk meningkatkan efektivitas pemanfaatan energi terbarukan di Indonesia. Penerapan inovasi ini tidak hanya berdampak pada peningkatan hasil energi, tetapi juga mendukung upaya nasional dalam transisi energi bersih dan pengurangan emisi karbon. Salah satu pendekatan yang populer dan ekonomis dalam pengembangan sistem ini adalah dengan menggunakan Arduino Nano sebagai mikrokontroler utama, serta sensor cahaya LDR (Light Dependent Resistor) untuk mendeteksi arah cahaya matahari secara real-time [3].

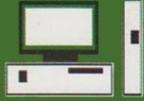


Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pelacak matahari otomatis berbasis Arduino Nano dan sensor LDR yang fokus pada gerakan horizontal satu sumbu (1-axis). Sistem ini dirancang untuk menyesuaikan posisi panel surya secara otomatis terhadap arah cahaya matahari, sehingga dapat meningkatkan efisiensi penyerapan energi sekaligus meminimalisasi biaya operasional. Inovasi ini juga diharapkan dapat menjadi alternatif yang terjangkau dan aplikatif, khususnya dalam skala kecil seperti rumah tangga, institusi pendidikan, atau daerah terpencil yang belum terjangkau listrik konvensional.

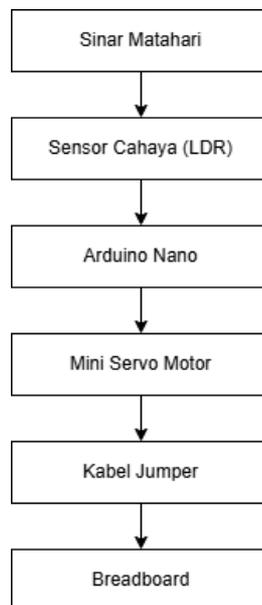
Selain sistem satu sumbu, penelitian terbaru juga menunjukkan bahwa penerapan solar tracker dua sumbu berbasis Arduino Nano dan sensor LDR dapat menghasilkan peningkatan efisiensi yang lebih signifikan. Sebagai contoh, Syahtuta & Haryanti (2023) merancang sistem dual-axis yang memanfaatkan empat sensor LDR serta aktuator linier, menghasilkan efisiensi panel surya dinamis sebesar 40,97% dibandingkan 28,69% pada kondisi statis selama periode pengujian delapan jam per hari, dengan peningkatan output energi antara 20–50% tergantung kondisi lokasi dan jenis tracker [4]. Studi lain oleh tim InergyC (2024) atas prototipe berbasis Arduino Nano menunjukkan pergerakan optimal panel mengikuti matahari, dengan selisih rata-rata keluaran energi harian mencapai 43%, yang mempertegas efektivitas sistem ini sebagai solusi ramah biaya dan aplikatif untuk skala kecil seperti rumah tangga atau wilayah terpencil [3]. Dengan demikian, implementasi sistem pelacak dua sumbu tidak hanya memberikan efisiensi energi yang tinggi, tetapi juga mendukung keberlanjutan penerapan teknologi energi terbarukan di berbagai konteks lokal di Indonesia.

2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian rekayasa teknologi yang bertujuan merancang dan membangun sistem penunjuk surya satu sumbu berbasis Arduino Nano, dua buah LDR, dan mini motor servo, yang dapat mengarahkan panel surya secara otomatis mengikuti arah sinar matahari. Proses penelitian dimulai dengan perancangan blok sistem yang menjelaskan hubungan antar komponen utama, kemudian dilanjutkan dengan perancangan perangkat keras berupa rangkaian LDR dan kontrol servo, serta pengembangan perangkat lunak menggunakan Arduino IDE untuk mengatur logika pembacaan sensor dan pergerakan aktuator. Penelitian ini bersifat simulatif dan dilakukan tanpa pengujian langsung di luar ruangan. Validasi dilakukan melalui pengamatan visual terhadap pergerakan servo ketika sensor menerima intensitas cahaya berbeda. Pendekatan ini didasarkan pada rancangan sistem sejenis yang telah diuji pada penelitian oleh Erman Al Hakim *et al.* [5], yang menunjukkan efektivitas logika pelacakan walaupun tanpa pengukuran output energi secara langsung.



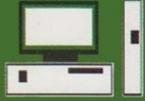
2.1. Perancangan Digram Blok System Solar Tracker



Gambar 1. Diagram Blok System Solar Tracker

Diagram blok sistem kerja panel surya menggunakan *solar tracker single axis* memiliki fungsi yang berbeda dari setiap komponennya. Berikut komponen sebagai berikut:

1. Sinar Matahari
Merupakan sumber cahaya utama yang ingin diikuti oleh sistem pelacak. Intensitas cahaya dari sinar matahari menjadi parameter yang akan dideteksi oleh sensor sebagai masukan bagi sistem.
2. Sensor Cahaya (LDR)
Sensor Light Dependent Resistor (LDR) digunakan untuk mengukur intensitas cahaya di sekitarnya. Dua buah LDR ditempatkan pada sisi kiri dan kanan panel surya. Perbedaan intensitas yang ditangkap oleh kedua sensor ini akan menjadi dasar untuk menentukan arah pergerakan panel.
3. Arduino Nano
Merupakan otak dari sistem yang menerima sinyal analog dari LDR, memproses perbandingan intensitas cahaya, dan mengeluarkan sinyal digital PWM (Pulse Width Modulation) untuk mengontrol motor servo. Arduino juga mengatur logika pergerakan berdasarkan algoritma yang telah diprogram.
4. Mini Servo Motor
Motor ini digunakan untuk menggerakkan panel surya ke kiri atau kanan sesuai instruksi dari Arduino. Pergerakan dilakukan secara bertahap, mengikuti arah intensitas cahaya yang lebih tinggi, agar panel tetap tegak lurus terhadap sinar matahari.
5. Kabel Jumper
Digunakan sebagai media penghubung antar komponen (LDR, Arduino, dan motor) pada breadboard. Kabel jumper memungkinkan koneksi listrik antar bagian sistem tanpa perlu penyolderan permanen, sehingga memudahkan proses perakitan dan pengujian.
6. Breadboard
Breadboard berfungsi sebagai papan percobaan untuk merangkai komponen elektronik secara sementara tanpa menyolder. Breadboard memudahkan proses debugging dan pengembangan awal sistem.



2.2. Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras dalam sistem ini terdiri dari dua sensor LDR, satu Arduino Nano, satu mini servo motor, kabel jumper, dan breadboard. Dua LDR berfungsi mendeteksi intensitas cahaya pada sisi kiri dan kanan, kemudian dikonversi menjadi sinyal analog melalui rangkaian pembagi tegangan. Sinyal ini dibaca oleh pin analog A0 dan A1 pada Arduino.

Arduino Nano bertugas membandingkan nilai dari kedua LDR dan mengirimkan sinyal PWM ke servo motor (melalui pin digital D9). Servo kemudian menggerakkan panel surya mengikuti arah cahaya yang lebih terang. Perakitan dilakukan di breadboard menggunakan kabel jumper agar mudah diuji dan dimodifikasi.

Desain perangkat keras seperti ini telah digunakan secara luas pada penelitian serupa. Dalam studi oleh Putra dan Aslimeri [6], sistem pelacak surya satu sumbu dirancang menggunakan konfigurasi dua LDR, Arduino, dan motor servo dengan hasil yang responsif terhadap perubahan arah cahaya. Pendekatan serupa juga digunakan oleh Prasetyo *et al.* [7], yang menekankan pentingnya penyusunan komponen sederhana dan efisien dalam pelacakan cahaya otomatis menggunakan kontrol mikrokontroler.

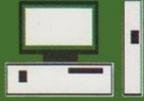
2.3. Perancangan Perangkat Lunak

```
1  #include <Servo.h>
2
3  #define LDR1 A0
4  #define LDR2 A1
5  #define ERROR_MARGIN 10
6
7  int Spoint = 90;
8  Servo servo;
9
10 void setup() {
11     servo.attach(9);
12     servo.write(Spoint);
13     delay(10);
14 }
15
16 void loop() {
17     int ldr1 = analogRead(LDR1);
18     int ldr2 = analogRead(LDR2);
19
20     int difference = abs(ldr1 - ldr2);
21
22     if (difference > ERROR_MARGIN) {
23         if (ldr1 > ldr2 && Spoint > 0) {
24             Spoint--;
25         }
26         else if (ldr1 < ldr2 && Spoint < 180) {
27             Spoint++;
28         }
29
30         servo.write(Spoint);
31         delay(80);
32     }
33 }
```

Gambar 2. Kode Program (Arduino)

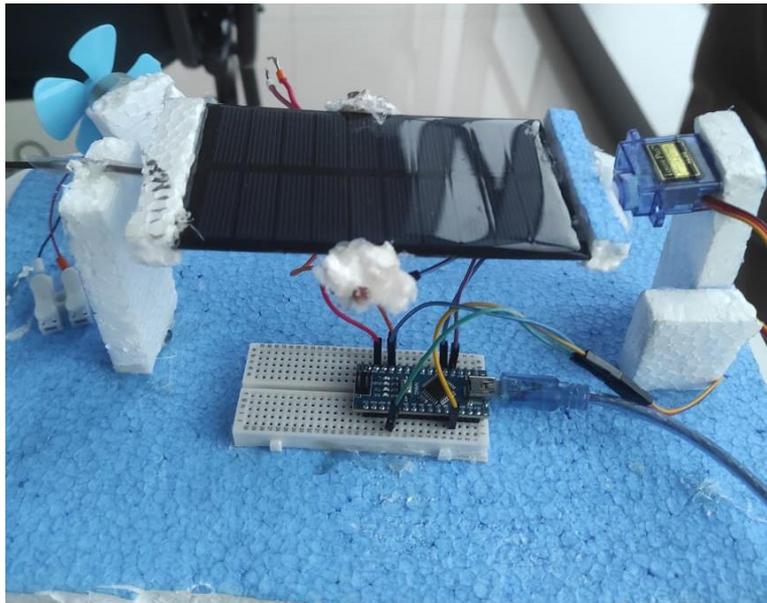
Kode program ini berfungsi untuk mengatur pergerakan panel surya secara otomatis mengikuti arah datangnya cahaya dengan menggunakan dua sensor LDR dan satu motor servo yang dikendalikan oleh mikrokontroler Arduino Nano. Sensor LDR ditempatkan pada sisi kiri dan kanan panel untuk mendeteksi perbedaan intensitas cahaya. Nilai intensitas dari masing-masing sensor dibaca secara analog, kemudian dibandingkan. Jika perbedaan intensitas melebihi nilai ambang batas (ERROR_MARGIN), maka motor servo digerakkan satu derajat ke arah sumber cahaya yang lebih terang. Pergerakan servo dibatasi pada rentang sudut 0–180 derajat.

Logika kontrol pada program ini mengikuti pendekatan sederhana yang banyak digunakan dalam penelitian sejenis, yakni dengan menyesuaikan posisi panel berdasarkan pembacaan sensor kiri dan kanan [7]. Program ini tidak melibatkan pengujian di luar ruangan, namun validitas fungsi sistem diamati melalui simulasi dan pengamatan pergerakan aktuator secara langsung.



3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Pengamatan Sistem



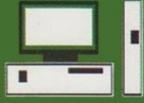
Gambar 3. *Prototype System Solar Tracker* Berbasis Arduino Nano

Sistem pelacak surya satu sumbu yang dirancang telah diuji secara fungsional dalam ruangan menggunakan sumber cahaya buatan berupa senter untuk mensimulasikan arah sinar matahari. Berdasarkan hasil pengamatan, sistem mampu merespons arah datangnya cahaya dengan baik. Ketika cahaya diarahkan ke sisi kiri sensor LDR, motor servo menggerakkan panel ke arah kiri, dan sebaliknya saat cahaya dipindahkan ke sisi kanan. Hal ini menunjukkan bahwa rangkaian sensor dan logika kontrol dalam mikrokontroler Arduino bekerja secara efektif dalam mendeteksi dan merespons perbedaan intensitas cahaya.

Meskipun demikian, terdapat jeda waktu yang terlihat antara perubahan posisi cahaya dan respon servo. Waktu tunda ini berkisar antara satu hingga dua detik sebelum sistem bereaksi dan mengubah arah panel. Jeda tersebut tidak mengganggu fungsi utama, tetapi menunjukkan bahwa sistem belum memiliki respon real-time yang optimal. Hal ini kemungkinan besar disebabkan oleh pengaturan delay dalam program Arduino serta keterbatasan kinerja motor servo mini yang digunakan. Temuan ini sejalan dengan penelitian oleh Felycia (2020), yang juga mencatat adanya keterlambatan respon pada sistem pelacak berbasis Arduino yang diuji di dalam ruangan menggunakan sumber cahaya buatan [8]. Dalam studi lain oleh Hasni et al. (2024), meskipun sistem dapat mendeteksi arah cahaya dengan baik, keterlambatan tetap menjadi kendala utama dalam pelacakan yang akurat dan cepat [9].

3.2. Analisis Fungsional dan Kestabilan Sistem

Berdasarkan hasil pengamatan, sistem pelacak menunjukkan fungsionalitas yang cukup stabil dalam merespons variasi arah cahaya. Panel bergerak mengikuti arah cahaya dominan dengan



kecenderungan tidak bergerak jika kedua sensor LDR menerima intensitas cahaya yang hampir sama. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem pelacakan tidak hanya bekerja secara mekanis, tetapi juga mampu menghindari pergerakan yang tidak perlu, yang dapat mengurangi konsumsi daya dan keausan komponen mekanis. Mekanisme ini sesuai dengan konsep error margin yang telah diterapkan dalam logika program dan terbukti efektif dalam menjaga kestabilan sistem saat intensitas cahaya berada pada nilai yang seimbang.

Sistem juga menunjukkan pola gerak yang konsisten dan tidak mengalami osilasi atau gerakan bolak-balik saat sumber cahaya diam. Hal ini penting untuk menunjukkan bahwa sistem tidak hanya mampu bergerak, tetapi juga dapat mempertahankan posisi saat kondisi pencahayaan tidak berubah. Hasil ini memperkuat validasi bahwa pendekatan kontrol sederhana berbasis perbandingan nilai analog dari sensor LDR dapat menghasilkan performa pelacakan yang handal.

3.3. Kendala Sistem dan Potensi Pengembangan

Walaupun sistem menunjukkan kinerja dasar yang baik, beberapa keterbatasan ditemukan selama pengujian. Salah satu kendala utama adalah keterlambatan sistem dalam merespon perubahan arah cahaya. Jeda respon ini berpotensi mengganggu efektivitas sistem jika diterapkan dalam kondisi nyata di luar ruangan, di mana posisi matahari berubah secara bertahap sepanjang hari. Selain itu, sistem hanya mampu melakukan pelacakan secara horizontal (satu sumbu), sehingga tidak dapat mengikuti perubahan ketinggian matahari dari pagi ke siang dan sore. Pergerakan vertikal matahari hanya dapat diatasi jika sistem memiliki sumbu pelacakan tambahan, seperti yang diterapkan pada sistem dual-axis.

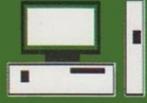
Keterbatasan lainnya adalah pengujian hanya dilakukan dalam lingkungan indoor dengan cahaya buatan. Intensitas dan spektrum cahaya buatan tentu berbeda dengan cahaya matahari alami. Oleh karena itu, efektivitas sistem dalam kondisi nyata belum dapat disimpulkan secara menyeluruh. Namun demikian, sebagai prototipe edukatif dan sistem awal, pelacakan berbasis satu sumbu dengan sensor LDR tetap dapat dijadikan dasar pengembangan lebih lanjut. Penelitian oleh Triwibowo et al. (2024) juga menyebutkan bahwa pengembangan sistem pelacak dua sumbu membutuhkan komponen dan algoritma yang lebih kompleks, namun sepadan dengan peningkatan efisiensi daya yang dihasilkan [10].

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian sistem pelacak cahaya satu sumbu berbasis Arduino Nano yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem mampu menjalankan fungsi utamanya dengan baik, yaitu mendeteksi arah datangnya cahaya melalui sensor LDR dan menggerakkan motor servo agar panel surya selalu menghadap ke arah cahaya dengan intensitas tertinggi. Pengujian secara fungsional di dalam ruangan menggunakan cahaya buatan menunjukkan bahwa sistem dapat merespons perubahan arah cahaya secara otomatis, meskipun dengan jeda respon sekitar 1–2 detik.

Dari segi stabilitas, sistem menunjukkan performa yang cukup baik, di mana pergerakan hanya terjadi ketika terdapat perbedaan intensitas cahaya yang signifikan, sedangkan saat kondisi cahaya seimbang, panel tetap diam pada posisinya. Hal ini menunjukkan bahwa logika kontrol dan pengaturan ambang batas pada program berjalan efektif.

Namun, sistem masih memiliki beberapa keterbatasan, seperti keterlambatan respon serta keterbatasan gerak hanya pada satu sumbu horizontal. Selain itu, sistem belum diuji di luar ruangan, sehingga performanya di bawah intensitas cahaya matahari langsung belum dapat diketahui secara pasti. Oleh karena itu, pengembangan lebih lanjut disarankan, seperti integrasi sistem dua sumbu, peningkatan kecepatan respon motor, serta uji coba langsung pada lingkungan luar ruangan untuk mengukur efisiensi energi secara menyeluruh.



Daftar Pustaka

- [1] D. D. Saputra dan S. Pakpahan, *Prototype Sistem Pembersih Solar Cell Otomatis dan Kontrol Jarak Jauh Berbasis IoT*, Proyek Akhir, Politeknik Penerbangan Jayapura, 2024.
- [2] A. I. Saputra dan M. O. Rumbiak, *Rancang Bangun Single Axis Solar Tracker Berbasis ESP32 dan IoT Cloud sebagai Supply Penerangan Ruangan di Politeknik Penerbangan Jayapura*, Proyek Akhir, Politeknik Penerbangan Jayapura, 2024.
- [3] F. A. Holili, G. R. S. Zulfikar, W. Ilahi, and A. D. E. Cahyaningtyas, "Sun Tracker Berbasis Arduino Nano," *Jurnal Inergyc*, 2022.
- [4] Z. Syahtuta and M. Haryanti, "Rancang bangun solar tracker dual axis berbasis iot (internet of thing) 1," 2020.
- [5] E. A. Hakim, F. Budiarto, A. Tafrikhatin, dan J. Sumarah, "Rancang Bangun Solar Tracker Berbasis Arduino," *Jurnal Aplikasi Sains dan Teknologi untuk Inovasi (JASATEC)*, vol. 2, no. 1, pp. 12–18, 2023. [Online].
- [6] A. M. Putra and Aslimeri, "Sistem Kendali Solar Tracker Satu Sumbu Berbasis Arduino dengan Sensor LDR," *Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional (JTEV)*, vol. 6, no. 1, pp. 322–327, 2020. [Online].
- [7] E. E. Prasetyo, G. Marausna, and D. W. Nugroho, "200 WP Solar Panel Power Plant Optimization Using Dual Axis Solar Tracker System," *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, vol. 11, no. 3, pp. 215–221, 2022.
- [8] F. Felycia, "Solar Cell Tracking System dengan Lux Meter Berbasis Arduino Uno R3," *PROSISKO*, vol. 7, no. 2, Sep. 2020.
- [9] Hasni N. S. B. M. et al., "Low-Cost Solar Tracking with LDR-Based Sensing," *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika (IICET)*, vol. 5, no. 1, 2024.
- [10] R. T. Triwibowo, I. R. Mardiyanto, dan M. R. B. Pratama, "Sistem Kontrol Pada Solar Tracker Dual Axis Berbasis Arduino dan LDR," *Jurnal Teknik Energi*, vol. 13, no. 1, 2024.