

Peningkatan Produktivitas Panel Surya Menggunakan Metode *Dual Axis Solar Tracker* Dan Mikrokontroler

Lilik Hari Santoso¹, Budi Sunarto², Desta Galan Maksu³

¹²³Program Studi Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Texmaco, Indonesia
Email: lilik.hs@yahoo.com, destagalan@gmail.com

Received 31 Agustus 2024 | Revised 12 September 2024 | Accepted 20 September 2024

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan meningkatkan produktivitas panel surya menggunakan metode *Dual Axis Solar Tracker*. Sistem ini memanfaatkan Arduino Uno, empat sensor LDR, dan dua motor DC untuk menggerakkan panel surya. Pengujian dilakukan selama tujuh hari dalam berbagai kondisi cuaca, membandingkan kinerja sistem *Dual Axis* dengan sistem statis. Hasil menunjukkan peningkatan efisiensi rata-rata antara 14,82% hingga 35,3%, dengan mayoritas hasil di kisaran 15-19%. Sistem *Dual Axis* konsisten mengungguli sistem statis dalam semua kondisi cuaca yang diuji. Analisis data menunjukkan bahwa sistem dual axis mampu mempertahankan kinerja optimal dalam berbagai kondisi atmosfer. Implementasi sistem ini dapat meningkatkan efisiensi pembangkit listrik tenaga surya, terutama di daerah dengan kondisi cuaca bervariasi. Penelitian ini mendemonstrasikan potensi sistem dual axis solar tracker dalam meningkatkan efisiensi panel surya secara substansial.

Kata kunci: Panel Surya, Dual Axis Solar Tracker, Arduino Uno, Sensor LDR, Motor DC, Energi Terbarukan

ABSTRACT

This research aims to increase solar panel productivity using the Dual Axis Solar Tracker method. The system utilizes Arduino Uno, four LDR sensors, and two DC motors to move the solar panel. Testing was conducted over seven days in various weather conditions, comparing the performance of the Dual Axis system with a static system. Results show an average efficiency increase between 14.82% to 35.3%, with most results in the 15-19% range. The Dual Axis system consistently outperformed the static system in all tested weather conditions. Data analysis indicates that the dual axis system can maintain optimal performance in various atmospheric conditions. Implementation of this system can improve the efficiency of solar power plants, especially in areas with varied weather conditions. This research demonstrates the potential of the dual axis solar tracker system in substantially increasing solar panel efficiency.

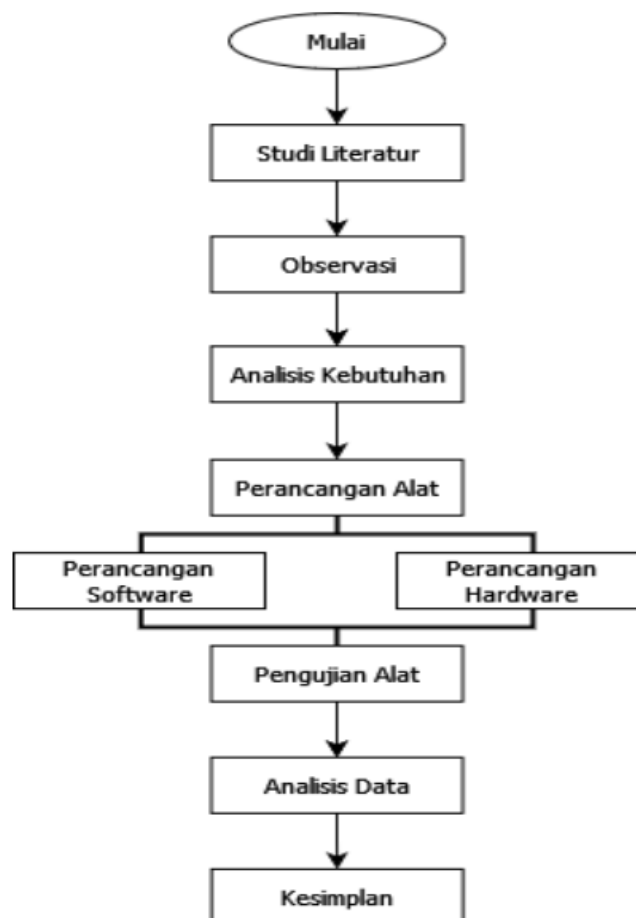
Keywords: Solar Panel, Dual Axis Solar Tracker, Arduino Uno, LDR Sensor, DC Motor, Renewable Energy

1. PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi energi surya yang besar karena posisinya di garis khatulistiwa, dengan rata-rata intensitas radiasi matahari harian sekitar $\pm 4,8 \text{ kWh/m}^2$ [1]. Tenaga listrik yang dapat dihasilkan adalah sebesar 5,10 mW atau setara dengan 112.000 gWp[2]. Energi matahari merupakan salah satu opsi sebagai sumber energi yang bersih, dapat diperbaharui, dan berkelanjutan[3]. Tingginya biaya produksi listrik dari energi surya berskala besar serta efisiensi panel surya masih terbilang kurang menjadi alasan dari kurang dikembangkannya energi surya. Salah satu faktor yang menyebabkan rendahnya efisiensi panel surya adalah ketidakmampuan panel surya untuk menyesuaikan diri secara dinamis terhadap pergerakan matahari. Sistem dual axis solar tracker merupakan cara efektif untuk meningkatkan efisiensi panel surya dengan mengikuti gerakan matahari secara horizontal dan vertikal[3]. Sistem ini memungkinkan panel surya selalu menghadap langsung ke arah matahari, sehingga dapat memaksimalkan penyerapan energi matahari. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pemanfaatan energi surya yang lebih optimal dan efisien dengan membandingkan penggunaan sudut panel surya statis terhadap posisi matahari.

2. METODE

Metode yang diterapkan pada penelitian ini diawali dengan mengumpulkan dan menganalisis data relevan, membentuk kerangka konseptual. Dilanjutkan dengan observasi lapangan untuk pengambilan data langsung dari objek penelitian. Melakukan analisa kebutuhan alat. Merancang *software* dan *hardware* dan melakukan pengujian alat.



Gambar 1 Flowchart Metode Penelitian

2.1 Perancangan Alat

a. Perancangan *software*

Software yang digunakan pada perancangan ini adalah Arduino IDE untuk melakukan pemrograman pada Arduino Mega sebagai mikrokontroler. Sensor inputnya menggunakan empat buah sensor LDR dan sensor daya sedangkan outputnya berupa motor DC 12V untuk memutar sumbu *solar tracker* agar tetap menghadap lurus ke matahari berdasarkan hasil sensor LDR yang diproses oleh Arduino dan *output* dari sistem ini akan ditampilkan oleh watt meter.

b. Perancangan Sistem *Hardware*

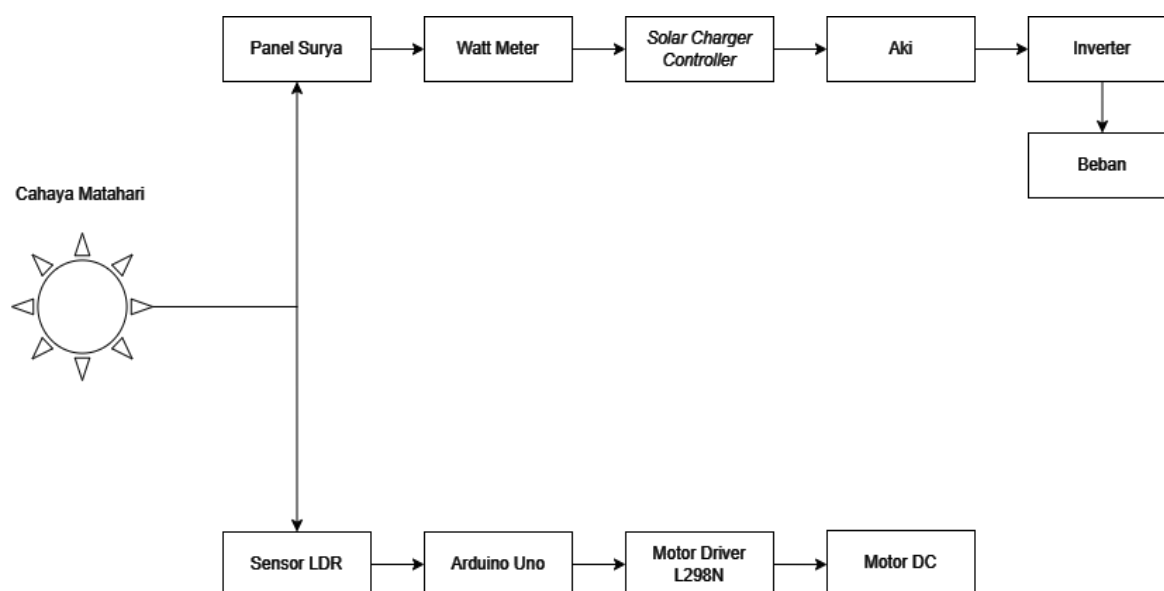
Empat buah sensor LDR direncanakan akan dipasang sejajar dengan panel surya di tengah dari masing masing sisi yang bertujuan untuk mendeteksi cahaya yang memancar ke permukaan panel surya sama dengan cahaya yang memancar ke sensor LDR. Kemudian data dari sensor LDR akan dikirimkan oleh Arduino Uno ke motor *driver* untuk menggerakkan motor DC 12V yang berfungsi untuk memutar sumbu agar permukaan panel surya tetap menghadap lurus ke arah matahari.

Perancangan sistem panel surya dimulai dari watt meter akan dipasang di bagian keluaran panel surya, arus dan daya yang dihasilkan oleh sistem ini yang nantinya akan ditampilkan dalam bentuk angka. Lalu disambungkan ke inverter untuk mengatur pengisian aki. Kemudian keluaran dari *load solar charger controller* dihubungkan dengan MCB lalu ke inverter untuk mengubah arus DC menjadi AC agar dapat digunakan oleh lampu atau beban AC.

Perancangan *frame* alat ini menggunakan besi dengan diameter 20mm. Motor DC 12V untuk sumbu vertikal ditempatkan di sebelah panel surya, lalu untuk motor DC 12V untuk sumbu horizontal ditempatkan di bagian bawah dan disambungkan dengan dengan *shaft* yang terhubung ke bagian bawah *frame* yang menahan panel surya.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Blok Diagram

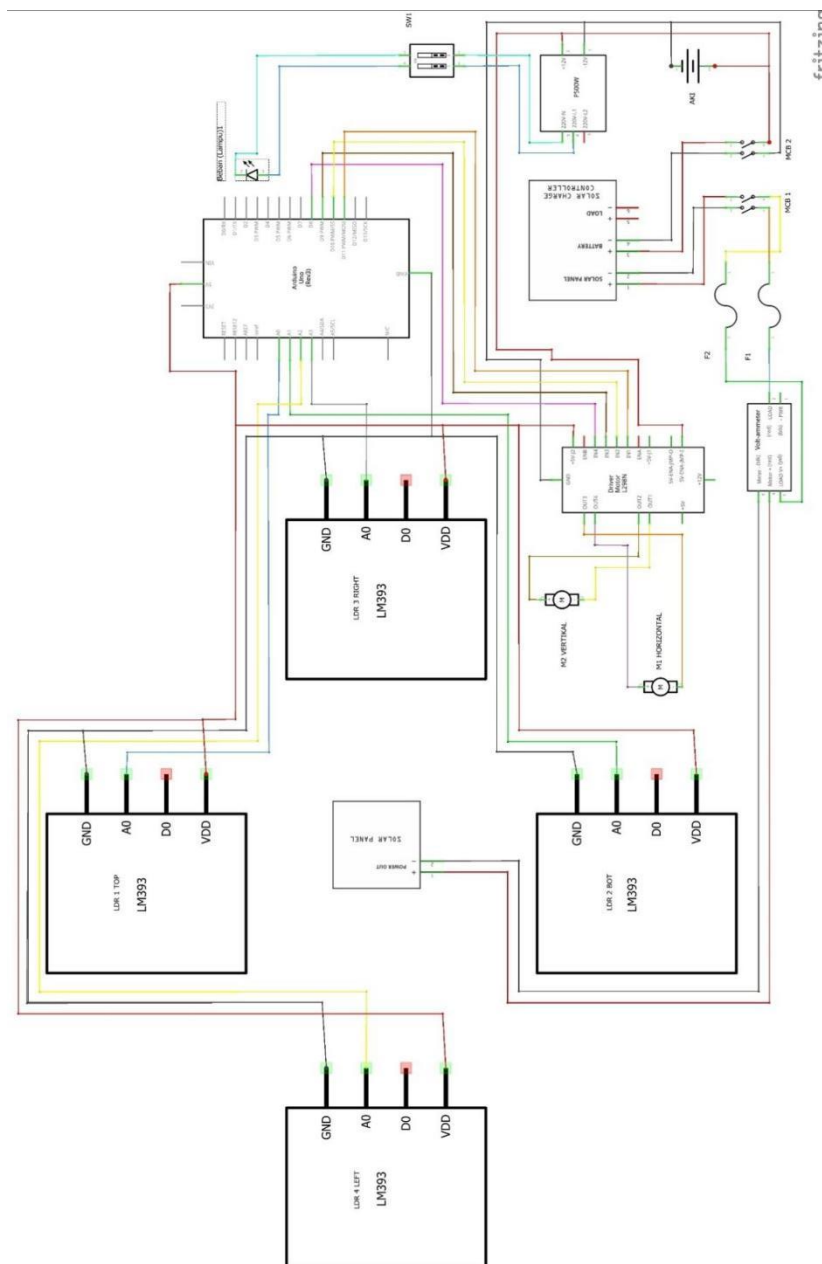


Gambar 2 Blok Diagram

Berdasarkan gambar diatas cara kerjanya adalah pada saat empat buah sensor LDR mendeteksi intensitas cahaya matahari dari arah yang berbeda. Arduino Uno memproses data

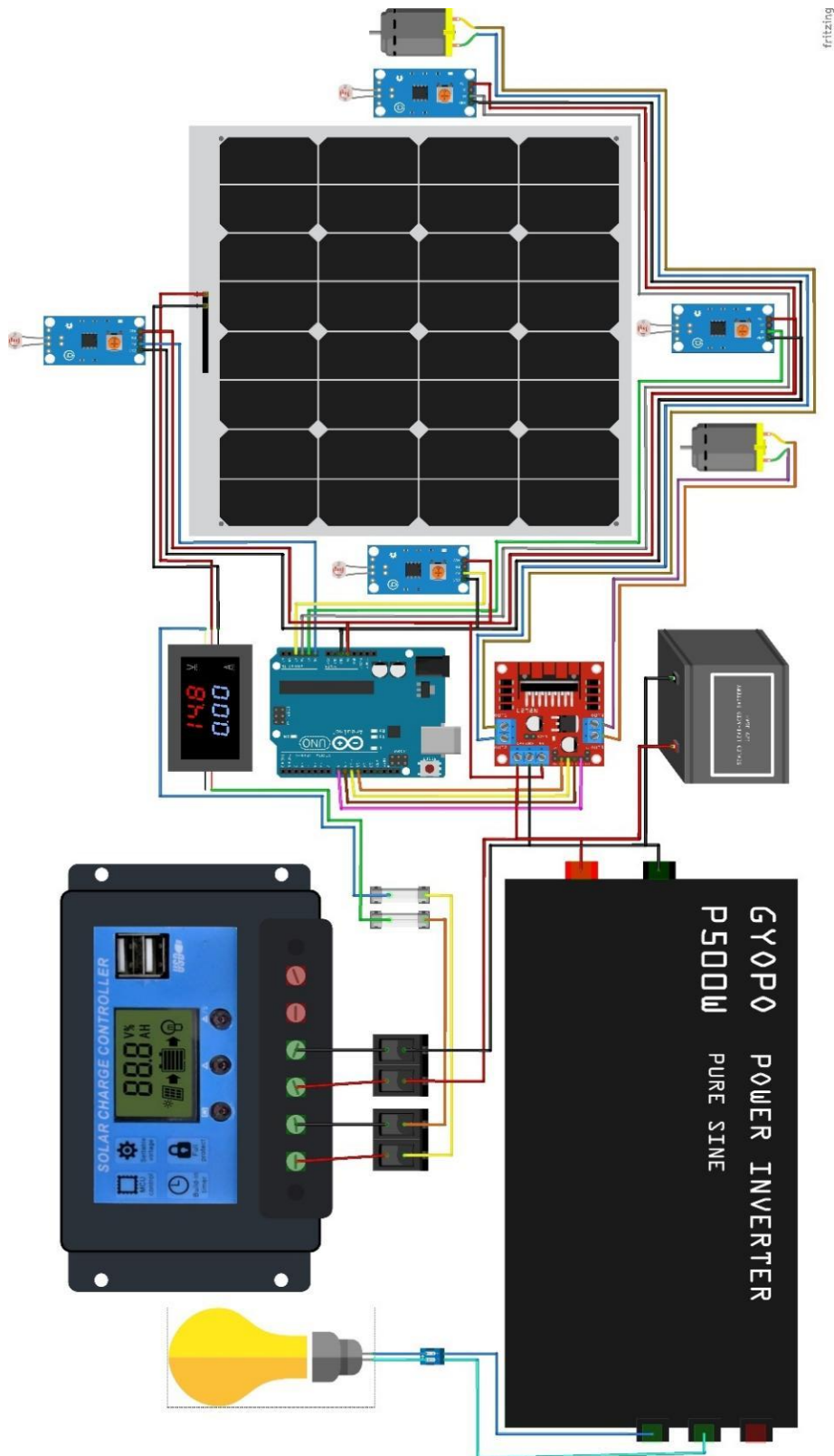
dari sensor LDR ini untuk menentukan posisi matahari secara akurat. Berdasarkan posisi matahari yang terdeteksi, Arduino Uno mengirimkan sinyal ke motor *driver* yang kemudian akan mengontrol pergerakan motor DC 12V untuk memutar struktur dua sumbu *solar tracker* sehingga panel surya selalu menghadap ke arah matahari secara tegak lurus. Panel surya 50Wp menghasilkan listrik DC ketika terkena sinar matahari yang kemudian dialirkan ke *solar charger*. *Solar charger* ini berfungsi untuk mengatur arus dan tegangan pengisian aki, memastikan aki terisi dengan aman dan optimal. Aki menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya yang diteruskan melalui SCC. Kemudian *output Load* dari SCC dihubungkan ke MCB menuju Inverter. *Output Dc* dari panel surya akan dirubah menjadi AC agar dapat digunakan untuk menyalakan beban AC.

3.2 Perancangan *Wiring* dan Skematik

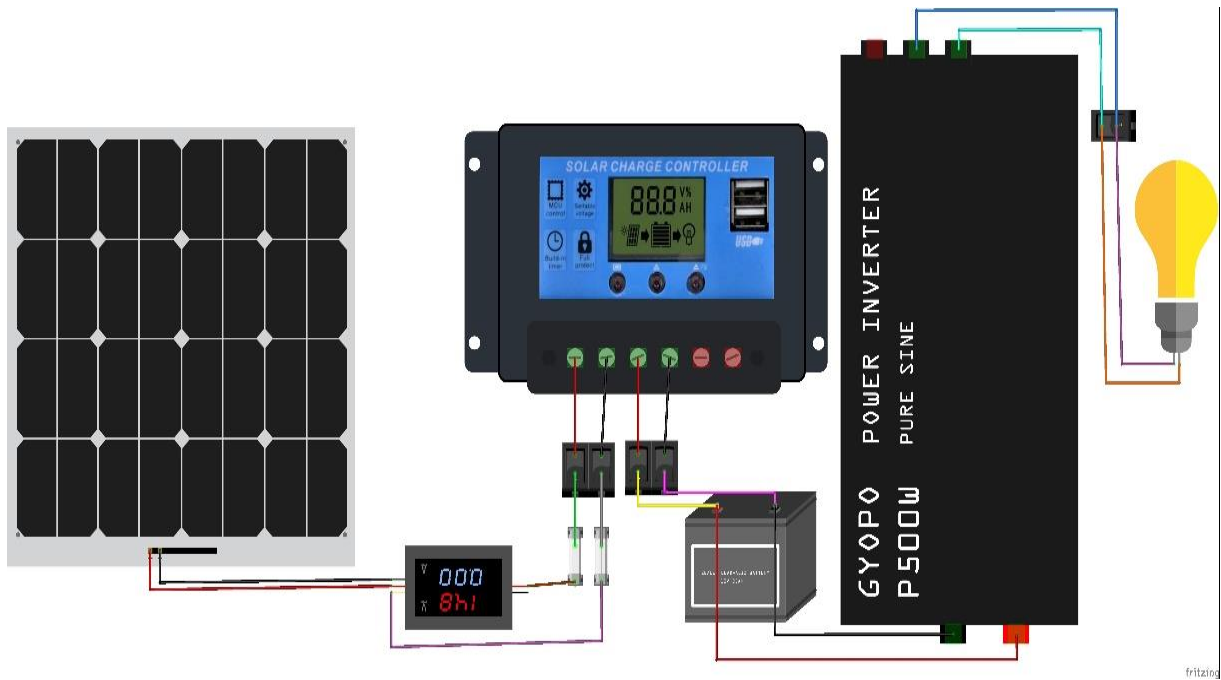


Gambar 3 Rangkaian Skematik Alat

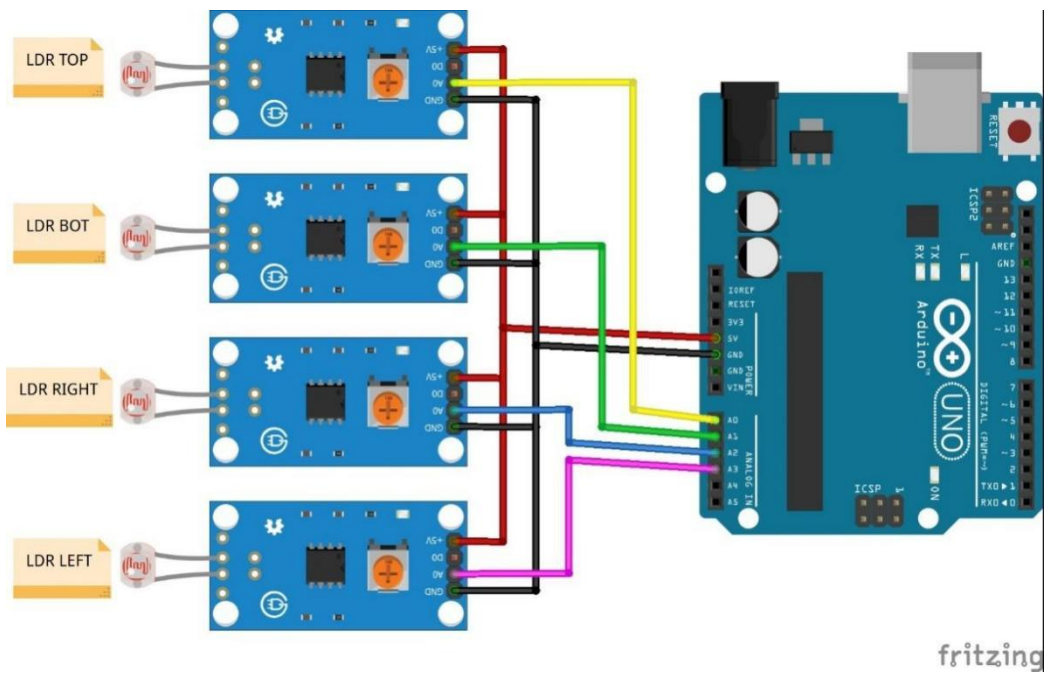
Peningkatan Produktivitas Panel Surya Menggunakan Metode Dual Axis Solar Tracker Dan Mikrokontroler



Gambar 4 Rangkaian Wiring Dual Axis Solar Tracker

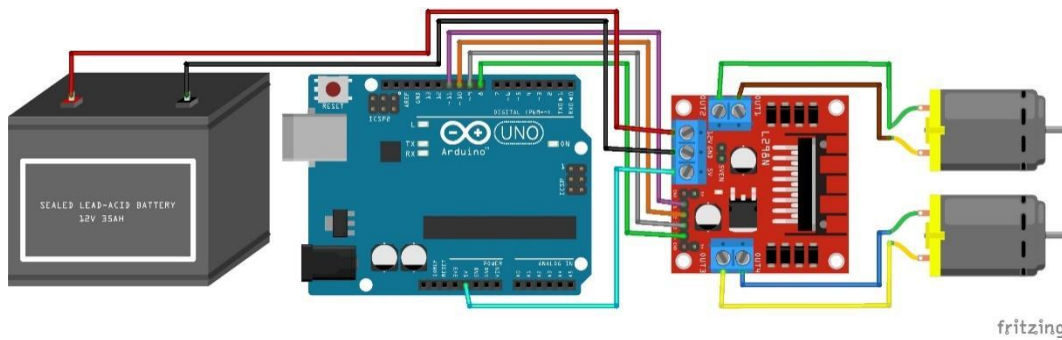


Gambar 5 Rangkaian Sistem Panel Surya



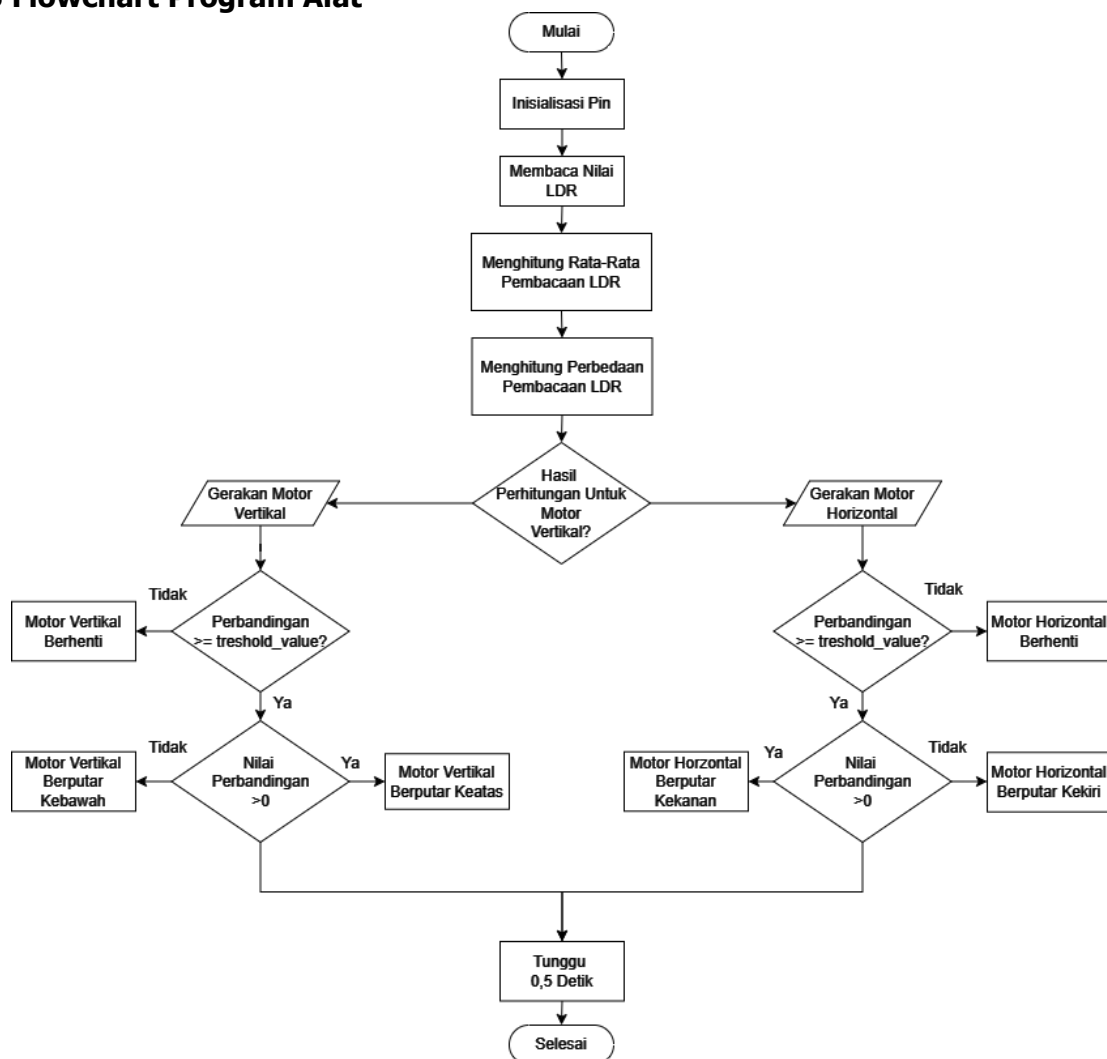
Gambar 6 Rangkaian Sensor LDR dengan Arduino

Peningkatan Produktivitas Panel Surya Menggunakan Metode Dual Axis Solar Tracker Dan Mikrokontroler



Gambar 7 Rangkaian Motor DC dengan L298N dan Arduino

3.3 Flowchart Program Alat



Gambar 8 Flowchart Program Alat

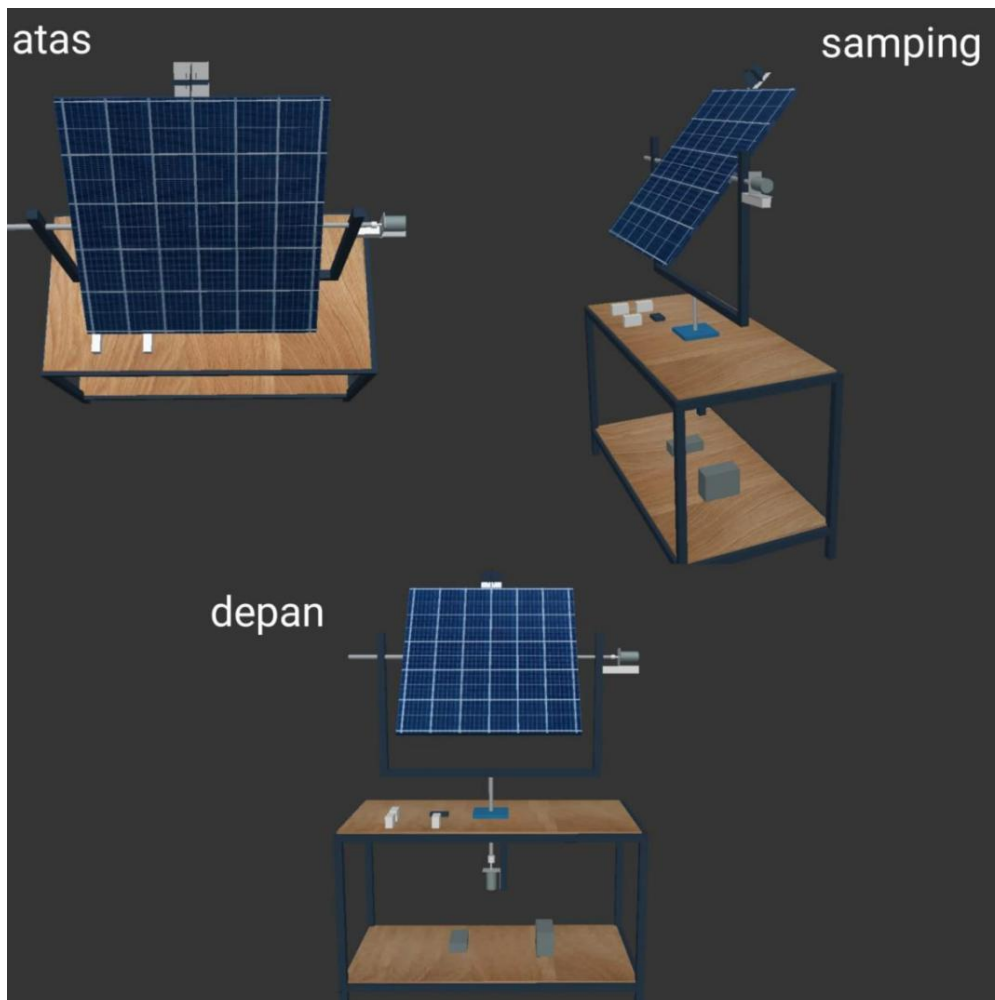
Pada gambar diatas ditunjukkan langkah kerja dari program yang sudah dituliskan di *software* Arduino IDE. Dimulai dengan inisialisasi pin untuk motor dan sensor LDR, serta pengaturan mode input/output. Dalam *loop* utama, nilai analog dari empat LDR (*topright*, *opleft*, *botright*, dan *botleft*) dibaca dan dicetak untuk *debugging*. Rata-rata nilai sensor untuk bagian atas, bawah, kanan, dan kiri dihitung, lalu perbedaan antara rata-rata nilai atas dan bawah (*diffelev*)

serta kanan dan kiri (*diffazi*) dihitung. Jika perbedaan ini melebihi nilai ambang batas (*threshold_value*), motor vertikal akan bergerak ke atas atau bawah, dan motor horizontal akan bergerak ke kiri atau kanan, tergantung pada mana yang memiliki intensitas cahaya lebih tinggi. Jika perbedaan intensitas cahaya di bawah ambang batas, motor akan berhenti. Pergerakan motor dikendalikan oleh fungsi *analogWrite* () dengan nilai kecepatan yang sudah ditentukan.

3.4 Perancangan *Software* Arduino IDE

Software yang digunakan pada perancangan ini adalah Arduino IDE untuk melakukan pemrograman pada Arduino Uno sebagai mikrokontroler. Sensor *inputnya* menggunakan empat buah sensor LDR dan sensor daya sedangkan *outputnya* berupa motor DC 12V untuk memutar sumbu *solar tracker* agar tetap menghadap lurus ke matahari berdasarkan hasil sensor LDR yang diproses oleh Arduino dan *output* dari sistem ini akan ditampilkan oleh watt meter.

3.5 Perancangan *Hardware*



Gambar 9 Desain Alat

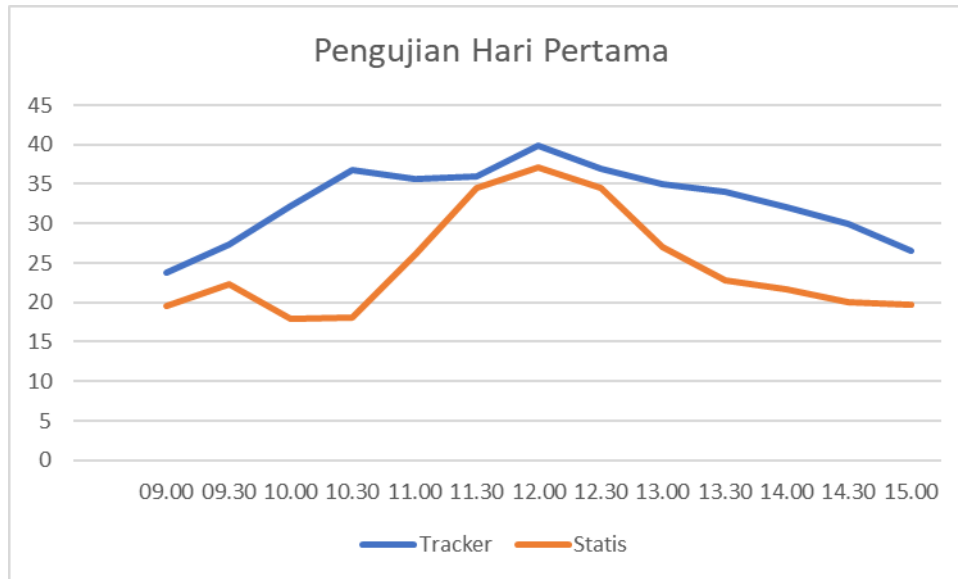
3.6 Pengujian Alat



Gambar 10 Pengujian

Tabel 1 Pengujian Hari Pertama

Jam	Dual Axis Solar Tracker			Panel Surya Statis		
	V	I	W	V	I	W
09.00	11,8	0,27	3,19	10,83	0,13	1,41
09.30	12,34	0,4	4,94	11,3	0,17	1,92
10.00	12,72	0,51	6,49	11,51	0,21	2,42
10.30	13,81	0,88	12,15	11,6	0,25	2,9
11.00	14,06	1,5	21,09	13	1,3	16,9
11.30	14,42	1,7	24,51	13,37	1,45	19,39
12.00	15,4	2,18	33,57	13,6	1,6	21,76
12.30	14,75	1,85	27,59	14,08	1,65	23,23
13.00	15,9	2	31,8	14,3	1,8	25,74
13.30	16,56	2,36	39,08	14,53	1,9	27,61
14.00	16,8	2,3	38,64	13,74	2,15	29,54
14.30	16	2,28	36,48	14,3	2,26	32,32
15.00	17,5	2,46	43,05	14,4	2,29	32,98
Rata-rata daya			24,79			18,32



Gambar 11 Grafik Perbandingan Daya Pengujian Hari Pertama

Pengujian hari pertama dilakukan pada tanggal 15 Juni 2024 dengan kondisi cuaca cenderung fluktuatif dari pagi hari sampai siang hari pukul 11.30, lalu kondisi cuaca cerah pada siang hari dan cenderung cerah berawan hingga sore hari. Didapatkan rata-rata daya pada sistem *Dual Axis Solar Tracker* sebesar 30,34 Watt dan 25,47 Watt pada sistem statis. Hasil dari pengujian tersebut mendapatkan selisih sebesar 4,87 Watt.

Dari Hasil pengujian hari pertama maka kita dapat menghitung perbedaan dari kedua sistem tersebut:

Rata-rata Daya:

Dual Axis Solar Tracker: 30,34 Watt

Panel surya statis: 25,47 Watt

Presentase selisih daya:

Presentase perbedaan daya pada masing-masing sistem dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Presentase Selisih} = \frac{(\text{Tracker}) - (\text{Statis})}{(\text{Statis})} \times 100\%$$

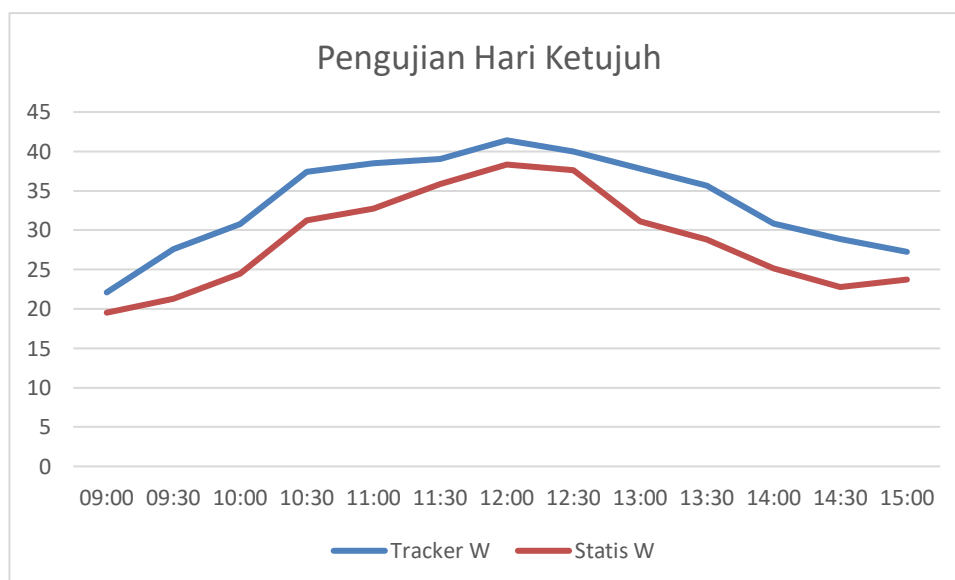
$$\text{Presentase Selisih} = \frac{(30,34) - (25,47)}{(25,47)} \times 100\%$$

$$\text{Presentase Selisih} = 19,12\%$$

Jadi selisih antara *Dual Axis Solar Tracker* dengan panel surya statis pada pengujian hari pertama adalah sebesar 19,12%

Tabel 2 Pengujian Hari Ketujuh

Jam	<i>Dual Axis Solar Tracker</i>			Panel Surya Statis		
	V	I	W	V	I	W
09.00	13,55	1,63	22,09	12,93	1,51	19,52
09.30	14,66	1,88	27,56	13,64	1,56	21,28
10.00	15,07	2,04	30,74	13,99	1,75	24,48
10.30	16,13	2,32	37,42	15,08	2,07	31,22
11.00	16,38	2,35	38,49	15,30	2,14	32,74
11.30	16,75	2,33	39,03	15,93	2,25	35,84
12.00	17,62	2,35	41,41	16,31	2,35	38,33
12.30	17,08	2,34	39,97	16,21	2,32	37,61
13.00	16,23	2,33	37,82	15,33	2,03	31,12
13.30	15,71	2,27	35,66	14,56	1,98	28,83
14.00	15,12	2,04	30,84	14,14	1,78	25,17
14.30	14,8	1,95	28,86	13,81	1,65	22,79
15.00	14,72	1,85	27,23	13,94	1,7	23,70
Rata-rata Daya			33,62			28,66



Gambar 12 Grafik Perbandingan Daya Pengujian Hari Ketujuh

Pengujian ketujuh pada tanggal 4 Agustus 2024 dengan kondisi cuaca cerah berawan sepanjang hari. Didapatkan rata rata daya pada sistem *Tracker* sebesar 33,62W dan 28,66W pada sistem statis.

Berdasarkan pengujian hari terakhir kita dapat menghitung presentase selisih dari kedua sistem tersebut:

Rata-rata Daya:

Dual Axis Solar Tracker: 33,62Watt

Panel Surya Statis: 28,66Watt

$$\text{Presentase Selisih} = \frac{(\text{Tracker}) - (\text{Statis})}{(\text{Statis})} \times 100\%$$

$$\text{Presentase Selisih} = \frac{(33,62) - (28,66)}{(28,66)} \times 100\%$$

$$\text{Presentase Selisih} = 17,3\%$$

Dari perhitungan diatas maka dapat kita ketahui selisih antara *Dual Axis Solar Tracker* dengan panel surya statis pada pengujian hari terakhir adalah sebesar 17,3% serangkaian uji coba telah dilaksanakan selama tujuh hari, berlangsung dari pukul 09.00 hingga 15.00 setiap harinya. Dimulai pada 15 Juni 2024 dengan kondisi langit cerah berawan, menghasilkan perbandingan efisiensi rata-rata antara mekanisme *Dual Axis Solar Tracker* dan sistem statis sebesar 19,12%. Keesokan harinya, 16 Juni 2024, cuaca bervariasi dari mendung di pagi hari, berangsur cerah berawan menjelang siang, dan cerah hingga sore, menghasilkan perbandingan efisiensi sebesar 35,3%. Dua hari kemudian, dengan kondisi cerah sepanjang hari, perbandingan efisiensi mencapai 14,82%. Memasuki bulan Agustus, tepatnya tanggal 1, dalam keadaan cerah seharian, perbandingan efisiensi tercatat 17,3%. Pada 2 Agustus, cuaca cerah hingga siang lalu berubah mendung pekat menjelang sore, menghasilkan perbandingan efisiensi 15,66%. Keesokan harinya, 3 Agustus, dengan kondisi serupa, perbandingan efisiensi mencapai 18%. Pengujian terakhir dilakukan pada 4 Agustus, dengan keadaan cerah berawan sepanjang hari, perbandingan efisiensi tercatat sebesar 17,3%. Seluruh hasil ini menunjukkan keunggulan sistem *Dual Axis Solar Tracker* dibandingkan dengan sistem statis dalam beragam kondisi cuaca yang dihadapi selama periode pengujian.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan serangkaian pengujian yang telah dilakukan selama tujuh hari dalam berbagai kondisi cuaca, dapat disimpulkan bahwa sistem *Dual Axis Solar Tracker* menunjukkan performa yang lebih unggul dibandingkan sistem statis dalam menghasilkan daya. Perbandingan efisiensi rata-rata antara kedua sistem bervariasi dari 14,82% hingga 35,3%, dengan mayoritas hasil berada di kisaran 15-19%. Variasi cuaca, mulai dari cerah, cerah berawan, hingga mendung, mempengaruhi performa kedua sistem, namun sistem *Dual Axis Solar Tracker* konsisten mengungguli sistem statis dalam semua kondisi. Peningkatan efisiensi tertinggi tercatat saat cuaca berubah-ubah sepanjang hari. Hasil ini mengindikasikan bahwa implementasi sistem *Dual Axis Solar Tracker* dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi panel surya. Oleh karena itu, penggunaan sistem *Dual Axis Solar Tracker* dapat direkomendasikan untuk optimalisasi kinerja panel surya dalam berbagai aplikasi energi terbarukan.

5. DAFTAR RUJUKAN

- [1] M. Syaiful Alim *et al.*, "INFORMASI ARTIKEL ABSTRAK," vol. 4, no. 3, pp. 2427–2435, doi: 10.55338/jpkmn.v4i2.1480.

- [2] R. Hariyati *et al.*, "Konsep Fotovoltaik Terintegrasi On Grid dengan Gedung STT-PLN," *Jurnal Ilmiah*, vol. 11, no. 1, 2019.
- [3] G. Rizky Kesatu and W. Priharti, "PENINGKATAN DAYA KELUARAN PANEL SURYA MENGGUNAKAN SISTEM PELACAK SURYA SUMBU GANDA SOLAR PANEL OUTPUT POWER IMPROVEMENT USING DUAL AXIS SOLAR TRACKER SYSTEM."
- [4] S. Yuwono, D. Diharto, and N. W. Pratama, "Manfaat Pengadaan Panel Surya dengan Menggunakan Metode On Grid," *ENERGI & KELISTRIKAN*, vol. 13, no. 2, pp. 161–171, Dec. 2021, doi: 10.33322/energi.v13i2.1537.
- [5] A. Bintoro, "ANALISA PENGARUH PERUBAHAN SUHU TERHADAP TEGANGAN PANEL SURYA JENIS MONO CHRYSTALLINE KAPASITAS DAYA 50 Wp".
- [6] M. : Peluang, D. Tantangan, P. Tinggi, H. Pranata, A. Soetedjo, and M. I. Ashari, "Seminar Nasional 2022 ITN Malang," vol. 13, p. 2022.
- [7] P. Harahap, N. Evalina, F. Irsan Pasaribu, B. Oktrialdi, and M. Alfansury Siregar, "Implementation of 3000-watt inverter as a source of electrical energy in solar power plants," *Disseminating Information on the Research of Mechanical Engineering-Jurnal Polimesin*, vol. 21, no. 4, pp. 2023–2031, 2023, [Online]. Available: <http://e-jurnal.pnl.ac.id/polimesin>
- [8] A. Anwari, L. Harisantoso, and S. S. Hotimah, "Optimalisasi Sistem Pendingin Konvensional Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO R3," 2024.
- [9] K. S. Gaeid, M. N. Uddin, M. K. Mohamed, and O. N. Mohmmoud, "Design and Implement of Dual Axis Solar Tracker System Based Arduino," *Tikrit Journal of Engineering Sciences*, vol. 27, no. 2, pp. 71–81, May 2020, doi: 10.25130/tjes.27.2.09.
- [10] L. H. Santoso, A. Anwari, and R. Nurjanah, "Sistem Pengendalian Tanaman Hidroponik NFT (Nutrient Film Technique) Selada (*Lactuca Sativa*) Berbasis Iot Dan Pemanfaatan Sumber Energi Surya Sebagai Energi Cadangan (Studi Kasus Proyek P2L Di Desa Cilembu)," 2024.