

Optimasi *Solar Tracker* Tanpa Sensor Pada *Photovoltaic* (PV)

Arizhal Firmansyah¹, Irna Irna Tri Yuniahastuti^{2*}, Churnia Sari³

Program Studi Teknik Elektro

Universitas PGRI Madiun, Jalan Auri No.14-16

Madiun, Indonesia

E-mail: arizhalfirman@gmail.com¹, irmatri@unipma.ac.id^{2*}, s.churnia@unipma.ac.id³

Abstrak— Perkembangan teknologi energi terbarukan semakin pesat, salah satunya adalah pemanfaatan energi matahari melalui sistem photovoltaic (PV). Solar tracker adalah perangkat yang digunakan untuk mengoptimalkan penyerapan sinar matahari oleh panel surya dengan cara mengikuti pergerakan matahari. Namun, penggunaan sensor pada solar tracker seringkali memerlukan pembuatan yang cukup rumit. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang solar tracker tanpa sensor pada sistem photovoltaic (PV). Metode dalam penelitian ini adalah dengan memasang motor aktuator pada kerangka panel surya dan menggerakkannya secara otomatis menggunakan Arduino Uno. Pengambilan data dilakukan secara real-time dalam kurun waktu 3 hari dengan menggunakan 3 power supply yang berbeda, pengambilan data dimulai pada pukul 09.00 WIB dengan kemiringan panel surya 45° hingga pukul 15.00 WIB dengan kemiringan panel surya 135°. Hasil dari pengukuran menggunakan solar tracker pada photovoltaic (PV) didapatkan rata-rata arus sebesar 0,74 ampere (A), rata-rata tegangan sebesar 18,7 volt (V), dan rata-rata daya yang dihasilkan sebesar 14,4 watt (W).

Kata Kunci— Energi Matahari, Photovoltaic (PV), Solar Tracker.

I. PENDAHULUAN

Panel surya adalah perangkat elektronik yang dibuat untuk mengumpulkan sinar matahari dan merubahnya menjadi energi listrik. Panel surya digunakan secara luas dalam aplikasi energi terbarukan, seperti pembangkit listrik tenaga surya untuk rumah tangga, industri, dan fasilitas komersial [1].

Panel surya menghasilkan listrik maksimal ketika terpapar sinar matahari secara langsung. Namun, posisi matahari berubah sepanjang hari dan tahun. Oleh karena itu, perancangan sistem yang dapat mengikuti pergerakan matahari dapat meningkatkan efisiensi energi yang dihasilkan oleh panel surya. Dengan memastikan bahwa panel surya selalu menghadap matahari, output energi dapat ditingkatkan. Ini akan mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya yang ada dan menghasilkan lebih banyak listrik, terutama pada kondisi cuaca yang bervariasi sepanjang hari [2], [3], [4].

Beberapa wilayah geografis mungkin memiliki variasi cuaca dan intensitas sinar matahari yang berbeda sepanjang tahun [5]. Di daerah Madiun sendiri memiliki potensi cahaya yang cukup untuk pengaplikasian panel surya, dan dengan sistem yang dapat disesuaikan dengan perubahan ini akan membantu memaksimalkan potensi energi terbarukan.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka di perlukan perancangan Solar Tracker pada Photovoltaic yang di harapkan perancangan tersebut dapat memaksimalkan

penyerapan cahaya matahari pada panel surya. Inovasi dalam bidang ini dapat membuka pintu bagi pengembangan solusi yang lebih efisien dan ramah lingkungan di masa depan [6].

II. BAHAN DAN METODE

A. Bahan

a. Photovoltaic

Photovoltaic (PV) adalah teknologi yang dapat menghasilkan listrik DC (Direct Current) yang menggunakan bahan semikonduktor. *Photovoltaic* dapat menghasilkan energi listrik ketika permukaan terkena cahaya, jika permukaan tidak terpapar cahaya maka *photovoltaic* berhenti menghasilkan energi listrik [7]. Terdapat 3 jenis *photovoltaic* yaitu *Monocrystalline Silicon*, *Polycrystalline Silicon*, dan *Thin Film Solar Cell*.

1. *Monocrystalline Silicon* terbuat dari bahan dasar silikon. Bentuk panel surya ini tipis dan berwarna hitam. Meskipun produksi sel surya *monocrystalline* membutuhkan biaya yang besar, sel surya *monocrystalline* memiliki efisiensi tertinggi dari semua sel surya. Dalam studi laboratorium, efisiensi sel surya tunggal mencapai sekitar 24% [8].

2. *Polycrystalline Silicon* terbuat dari bahan silikon lalu kemudian dicairkan. Panel surya ini mempunyai ciri khas dari tampilan fisiknya yang rapi dan rapat. Dibandingkan dengan sel surya *monocrystalline*, *polycrystalline silicon* lebih murah tetapi kurang efisien [9].

3. *Thin Film Solar Cell* sebagai generasi kedua sel surya, jenis thin film, hanya menggunakan 1% bahan baku silikon. Tujuan pembuatan sel surya ini adalah untuk mengurangi biaya pembuatan solar sel [10]. Teknologi panel surya ini merupakan teknologi pembuatan panel surya dengan menggunakan sel surya tipis lalu ditempelkan pada lapisan dasar sehingga mempunyai dua lapisan.

b. Arduino Uno R3

Arduino uno R3 merupakan papan pengendali mikro berbasis mikrokontroler Microchip ATmega328P. Jenis Arduino Uno R3 yang pertama kali dirilis adalah pada tahun 2011. R3 sendiri mengacu pada tipe revisi ketiga [11]. Memiliki 14 pin input maupun output dimana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 6 analog input, crystal oscillator 16 MHz, port USB, power jack, ICSP header, dan sebuah tombol reset [12].

c. Motor Aktuator

Aktuator merupakan peralatan mekanis yang dapat menggerakkan atau mengontrol sebuah mekanisme atau sistem. Aktuator bekerja dengan menggunakan energi listrik

yang di ubah menjadi gerak lalu dapat menggerakkan objek tempat dimana aktuator di install. Alat ini digunakan untuk menggerakkan panel surya untuk mendapatkan posisi yang di tentukan [13].



Gambar 1. Motor Aktuator

d. Inverter

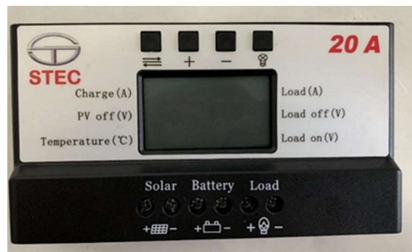
Inverter adalah salah satu komponen utama dalam sistem panel surya yang mengubah listrik DC menjadi AC sehingga dapat dikonsumsi oleh load (beban) yang ada [14]. Panel surya menyerap sinar matahari dan menghasilkan energi listrik DC. Untuk kebutuhan elektronik di rumah yang mayoritas menggunakan listrik AC, bukan DC.

e. Baterai

Baterai panel surya adalah bagian dari pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) yang digunakan untuk menyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya selama menerima sinar matahari. Fungsi baterai tidak hanya menyimpan energi, tetapi juga akan menghasilkan listrik saat panel surya tidak menghasilkan energi [15].

f. Solar Charge Controller

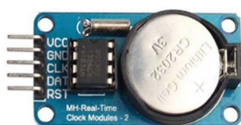
Solar Charge Controller (SCC) adalah komponen elektronik pada PLTS untuk mengatur pengisian baterai menggunakan modul fotovoltaik menjadi lebih optimal. Solar Charge Controller (SCC) bekerja dengan mengatur tegangan dan arus pengisian berdasarkan daya yang tersedia dari modul fotovoltaik dan status pengisian baterai [16].



Gambar 2. SCC (Solar Charge Controller)

g. Real Time Clock

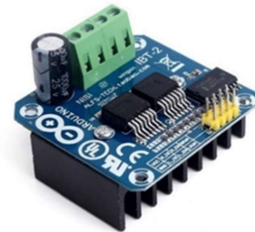
Real Time Clock juga dikenal sebagai RTC, adalah sebuah chip yang dapat menghitung waktu dengan akurat, mulai dari detik hingga tahun, dan juga menjaga atau menyimpan data waktu secara *real-time* [17]. Setelah hitung waktu selesai, outputnya disimpan atau dikirim ke perangkat lain melalui sistem antarmuka.



Gambar 3. RTC (Real Time Clock)

h. Driver Motor

Driver motor adalah komponen elektronik yang mengontrol motor DC. Driver motor adalah bagian yang bertanggung jawab untuk mengkonversi sinyal yang diterima mikrokontroler menjadi sinyal keluaran yang memiliki kemampuan untuk menggerakkan motor DC. Driver motor DC ini memiliki fungsi PWM dan dapat mengeluarkan arus hingga 43A. Tegangan sumber DC dapat berada antara 5.5V-27VDC, dan tegangan input level dapat berada antara 3.3V-%VDC [18].



Gambar 4. Driver Motor BTS7960

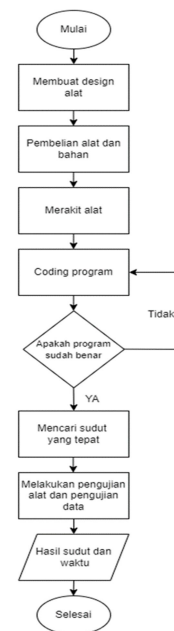
B. Metode

a. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat dilakukannya penelitian adalah Lab Terpadu UNIPMA, tepatnya di lantai 5 (lima) ruangan T08 dan dilaksanakan pada bulan Maret hingga bulan Juli 2024.

b. Tahapan Penelitian dan Perancangan

1. Tahapan Penelitian

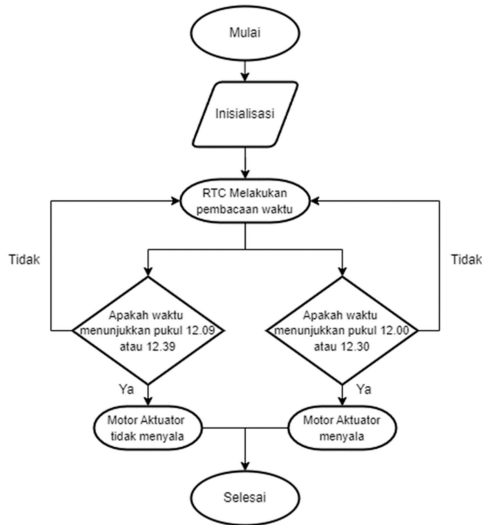


Gambar 5. Flowchart Tahapan Penelitian

2. Flowchart Software

Berdasarkan penelitian ini terdapat flowchart yang mendeskripsikan cara kerja dari alat solar tracker. Pada gambar 6 menjelaskan flowchart algoritma bekerjanya alat yang dimulai dari RTC melakukan

pembacaan waktu, ketika waktu menunjukan waktu 12.00 dan 12:30 motor aktuator akan bekerja dan apabila waktu menunjukan waktu 12:09 dan 12.39 motor aktuator akan berhenti bergerak.



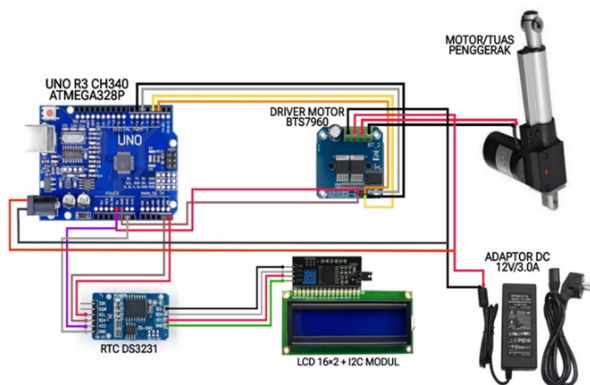
Gambar 6. Flowchart Software

3. Rangkaian Elektronika

Susunan kabel Real Time Clock (RTC) dan Driver Motor terdiri dari;

- Pin A4 tersambung ke pin SDA Real Time Clock (RTC)
- Pin A5 tersambung ke pin SCL Real Time Clock (RTC)
- Pin digital 2 tersambung ke pin R-is Driver Motor
- Pin digital 3 tersambung ke pin L-is Driver Motor
- Pin digital 5 tersambung ke pin RPWM Driver Motor
- Pin digital 6 tersambung ke pin LPWM Driver Motor

Lalu untuk pin LCD sendiri mengikuti pin out pada RTC, untuk rangkaian elektronika dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 7. Rangkaian Elektronika

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Real Time Clock (RTC)

Arduino akan memberi perintah ke motor aktuator untuk bergerak 30 menit sekali selama 9 detik dan akan berhenti jika 9 detik sudah berlalu. Sebagai contoh jika RTC menunjukkan waktu pukul 10:00:00 motor akan bergerak selama 9 detik dan akan berhenti pada pukul 10:00:09. Motor akan bergerak lagi pada pukul 10:30:00 dan berhenti pada pukul 10:30:09.

Tabel 1. Pengujian Real Time Clock

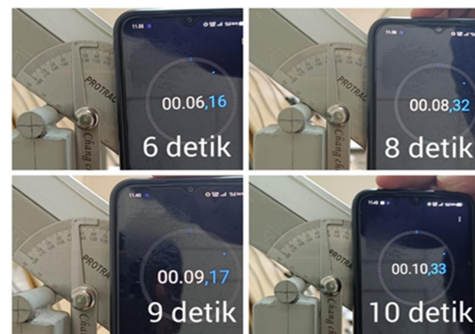
Jam Awal	Kondisi Motor Aktuator	Jam Akhir	Kondisi Motor Aktuator
09:30:00	Bergerak	09:30:09	Berhenti
10:00:00	Bergerak	10:00:09	Berhenti
10:30:00	Bergerak	10:30:09	Berhenti
11:00:00	Bergerak	11:00:09	Berhenti
11:30:00	Bergerak	11:30:09	Berhenti
12:00:00	Bergerak	12:00:09	Berhenti

B. Pengujian menentukan waktu pergerakan aktuator

Untuk mencapai sudut $7,5^\circ$ dibutuhkan aktuator bergerak selama waktu tertentu. Maka dilakukan pengujian untuk menentukan lama waktu yang akan peneliti gunakan untuk mencapai sudut kedua yaitu $52,5^\circ$.

Tabel 2. Menentukan Timer

Stopwatch (Detik)	Sudut Awal	Sudut Hasil	Selisih
00.06.16	45°	50°	5°
00.08.32	45°	$51,5^\circ$	$6,5^\circ$
00.09.17	45°	$52,5^\circ$	$7,5^\circ$
00.10.33	45°	55°	10°

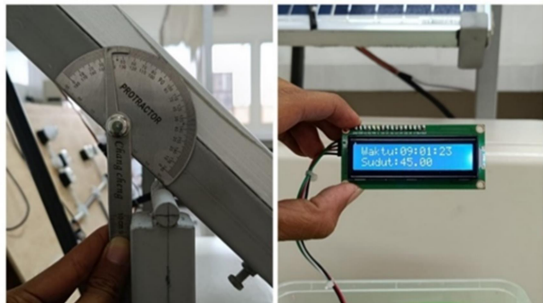


Gambar 8. Pembuktian Tabel

Setelah dilakukan beberapa pengujian waktu, data waktu yang menunjukkan $7,5^\circ$ adalah 9 detik untuk mencapai sudut kedua yaitu $52,5^\circ$, dapat dilihat pada tabel 4.2 dan gambar 8.

C. Pengujian Solar Tracker

Pengujian dimulai dengan menggerakkan motor aktuator yang sudah dirangkai dengan panel surya secara manual tanpa program untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan penggerak untuk mencapai sudut yang di inginkan. Waktu yang dibutuhkan penggerak untuk mencapai sudut yang diinginkan.



Gambar 9. Posisi Awal (9 Pagi)



Gambar 10. Posisi Tengah (12 Siang)



Gambar 11. Posisi Akhir (3 Sore)

D. Pengumpulan Data Sudut

Tabel 3. Pengujian Hari Pertama

Jam	Sudut panel surya terukur	Sudut pada LCD	Selisih
09.00	45°	45°	0°
09.30	52,5°	52,5°	0°
10.00	60°	60°	0°
10.30	67,5°	67,5°	0°
11.00	75,5°	75°	0,5°
11.30	82,5°	82,5°	0°
12.00	90°	90°	0°
12.30	97,5°	97,5°	0°
13.00	104,5°	105°	-0,5°

13.30	113,5°	112,5°	1°
14.00	120°	120°	0°
14.30	127,5°	127,5°	0°
15.00	136°	135°	1°
Rata-rata			0,15%

Pada tabel 3 merupakan pengujian menggunakan USB yang disambungkan ke laptop. Dalam pengujian ini memiliki sedikit kekurangan yaitu laptop harus dalam kondisi selalu menyala karena laptop akan menjadi supply daya untuk alat. Kekurangan dalam pengujian ini adalah tetap harus menggunakan listrik PLN untuk men-supply driver motor.

Tabel 4. Pengujian Hari Kedua

Jam	Posisi panel surya terukur	Sudut pada LCD	Selisih
09.00	45°	45°	0°
09.30	52,5°	52,5°	0°
10.00	61°	60°	1°
10.30	67,5°	67,5°	0°
11.00	75°	75°	0°
11.30	83°	82,5°	0,5°
12.00	90°	90°	0°
12.30	98°	97,5°	0,5°
13.00	104°	105°	-1°
13.30	112,5°	112,5°	0°
14.00	120°	120°	0°
14.30	128°	127,5°	0,5°
15.00	135°	135°	0°
Rata-rata			0,11%

Tabel 4 adalah pengujian yang menggunakan adaptor disambungkan pada stopkontak (listrik PLN) sebagai supply daya untuk solar tracker. Pada pengujian ini rangkaian alat harus berada dekat dengan sumber listrik dari PLN dan jika sumber listrik dari PLN terputus, penggerak juga akan mati karena supply yang digunakan merupakan listrik dari PLN.

Tabel 5. Pengujian Hari ketiga

Jam	Posisi panel surya terukur	Sudut pada LCD	Selisih
09.00	45°	45°	0°
09.30	52,5°	52,5°	0°
10.00	61°	60°	1°
10.30	67,5°	67,5°	0°
11.00	75°	75°	0°
11.30	82,5°	82,5°	0°
12.00	90°	90°	0°
12.30	97,5°	97,5°	0°

13.00	105°	105°	0°
13.30	112,5°	112,5°	0°
14.00	120,5°	120°	0,5°
14.30	128°	127,5°	0,5°
15.00	135,5°	135°	0,5°
Rata-rata			0,19%

Pada tabel 5 menunjukkan pengambilan data menggunakan adaptor 12v yang disambungkan langsung pada inverter yang terhubung dengan panel surya. Dengan menggunakan inverter yang tersambung pada baterai panel surya pengujian ini akan mengurangi daya yang tersimpan pada baterai panel surya.

E. Hasil Pengumpulan Data Arus, Tegangan, Daya

Pengambilan data dilakukan dengan mengukur arus, tegangan dan daya pada setiap sudut kemiringan yang telah dicapai oleh panel surya. Pengujian dilaksanakan selama 7 jam dan diuji per-30 menit sekali, dimulai dari pukul 09.00 WIB hingga pukul 15.00 WIB. Pengujian dilaksanakan pada jam tersebut dikarenakan cahaya matahari efisien hanya selama 7 jam [19]. Berikut adalah data arus, tegangan, dan daya yang didapatkan.



Gambar 12. Proses Pengumpulan Data

Tabel 6. Pengumpulan data arus, tegangan, daya

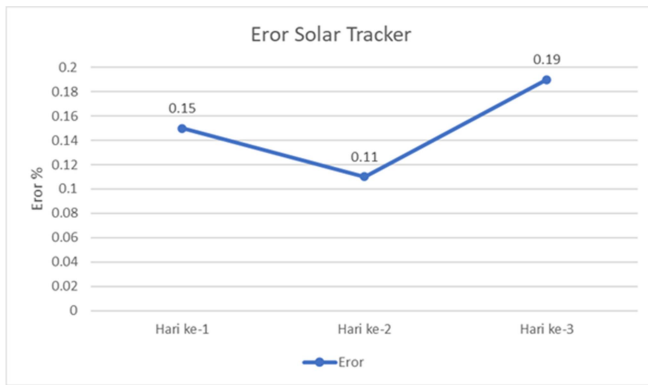
Jam	Sudut (°)	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya (W)
09.00	45°	0,34	16,68	5,7
09.30	52,5°	0,33	17,18	5,6
10.00	60°	0,34	18,14	6,1
10.30	67,5°	0,34	17,66	6,1
11.00	75°	0,81	17,96	14,5
11.30	82,5°	1,87	20,60	38,6
12.00	90°	1,65	19,84	32,8
12.30	97,5°	1,04	20,11	21,0
13.00	105°	0,82	19,88	16,4
13.30	112,5°	0,28	20,05	5,7
14.00	120°	0,92	18,55	17,1
14.30	127,5°	0,67	18,81	12,6
15.00	135°	0,31	17,64	5,4
Rata-rata		0,74	18,7	14,4
Minimum		0,28	16,68	5,4
Maximum		1,87	20,60	38,6

F. Hasil Pengujian Sudut

Tabel 7. Pengujian Hari ke-1 hingga Hari ke-3

Jam	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3
	Menggunakan USB Laptop	Adaptor 12v listrik PLN	Adaptor 12v Inverter
	Sudut		
09.00	45°	45°	45°
09.30	52,5°	52,5°	52,5°
10.00	60°	60°	60°
10.30	67,5°	67,5°	67,5°
11.00	75°	75°	75°
11.30	82,5°	82,5°	82,5°
12.00	90°	90°	90°
12.30	97,5°	97,5°	97,5°
13.00	105°	105°	105°
13.30	112,5°	112,5°	112,5°
14.00	120°	120°	120°
14.30	127,5°	127,5°	127,5°
15.00	135°	135°	135°

G. Grafik Error

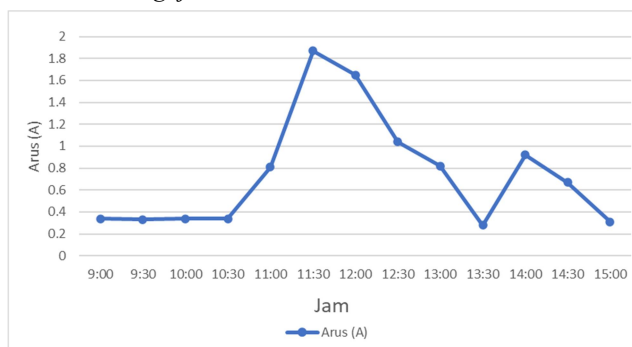


Gambar 13. Grafik Error

Berdasarkan hasil uji dari motor aktuator, motor aktuator dapat menggerakkan panel surya paling kecil berada pada sudut 45° dan posisi sudut maksimal pada 135° dengan kerangka yang peneliti gunakan. Error pada hari pertama pengujian berada diangka 0,15%, hari kedua pengujian error berada diangka 0,11%, dan hari ketiga pengujian error berada diangka 0,19%.

Untuk mencegah kemungkinan kerusakan motor aktuator atau sistem kontrol yang mungkin muncul jika digunakan secara terus-menerus, disarankan untuk melakukan monitoring kondisi motor aktuator, pemeliharaan secara berkala dan pengaturan rentang sudut yang aman.

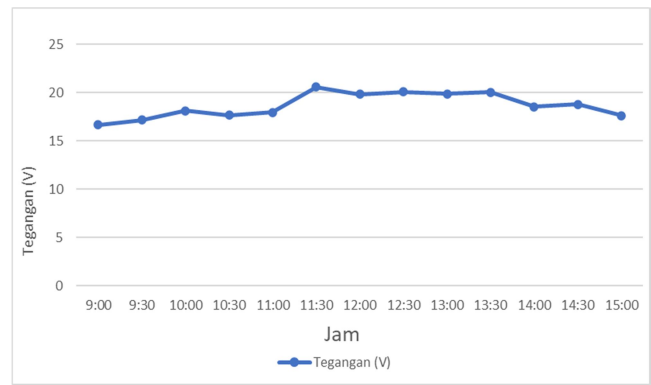
H. Hasil Pengujian Arus



Gambar 14. Hasil Pengujian Arus

Gambar 13 menunjukkan hasil dari pengukuran arus (A). Dari grafik diatas, arus (A) tertinggi diperoleh pada pukul 11.30 dengan 1,87 ampere (A) sudut kemiringan panel surya $82,5^\circ$ dan arus terendah pada pukul 13.30 dengan 0,28 ampere (A) sudut kemiringan $112,5^\circ$.

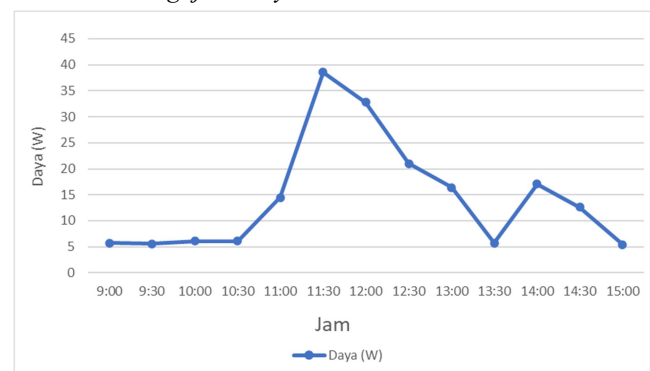
I. Hasil Pengujian Tegangan



Gambar 15. Hasil Pengujian Tegangan

Dari grafik diatas, tegangan (V) tertinggi diperoleh pada pukul 11.30 dengan 20,60 voltage (V) sudut kemiringan panel surya $82,5^\circ$ dan tegangan terendah pada pukul 09.00 dengan 16,68 voltage (V) sudut kemiringan 45° .

J. Hasil Pengujian Daya



Gambar 16. Hasil Pengujian Daya

Daya (W) tertinggi diperoleh pada pukul 11.30 WIB dengan 38,6 watt (W) sudut kemiringan panel surya $82,5^\circ$ dan daya terendah pada pukul 15.00 WIB dengan 5,4 watt (W) sudut kemiringan 45° .

K. Analisa Hasil

Solar tracker tanpa sensor pada sistem photovoltaic (PV) umumnya menggunakan algoritma atau model matematis untuk memperkirakan posisi matahari. Ini meningkatkan keandalan karena tidak ada ketergantungan pada sensor cahaya, yang dapat mengalami kerusakan atau gangguan lingkungan (seperti debu, kotoran, atau bayangan). Penggunaan solar tracker tanpa sensor biasanya lebih hemat energi karena tidak memerlukan sensor atau sistem pengolahan data sensor yang berjalan secara terus-menerus. Ini mengurangi konsumsi daya yang digunakan oleh tracker itu sendiri, yang berarti lebih banyak daya yang dapat digunakan untuk keperluan utama.

- Kelebihan

- Jika optimasi dilakukan dengan baik, solar tracker tanpa sensor dapat meningkatkan penyerapan energi hingga 20-30% dibandingkan panel surya statis.
- Solar tracker tanpa sensor lebih tahan terhadap gangguan eksternal (misalnya, kondisi cuaca buruk), sehingga meminimalkan perawatan yang diperlukan.
- Pengurangan konsumsi daya oleh sistem kontrol meningkatkan jumlah energi bersih yang dihasilkan panel surya.

- Kekurangan

- Tanpa sensor yang memantau posisi matahari secara langsung, ketepatan sudut pergerakan tracker mungkin tidak selalu optimal, terutama pada hari berawan atau saat ada perubahan posisi matahari yang cepat, yang menyebabkan sedikit penurunan efisiensi.
- Sistem ini mungkin kurang fleksibel dalam menyesuaikan diri dengan kondisi cuaca lokal secara real-time, sehingga tidak selalu mencapai sudut optimal dalam kondisi dinamis.
- Ketidaktepatan algoritma dalam menyesuaikan sudut panel mungkin mengurangi sebagian keuntungan dari pengurangan konsumsi daya.

IV. KESIMPULAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan dari pembahasan dan penelitian yang telah dilaksanakan selama 6 hari dimana pengujian perhari dimulai dari jam 09.00 WIB hingga jam 15.00 WIB, dapat ditarik kesimpulan bahwa perancangan penggerak panel surya mengikuti arah matahari mendapatkan hasil sebagai berikut:

1. Alat yang dirancang peneliti yaitu penggerak panel surya mengikuti arah matahari dapat berjalan dengan nilai eror 0%, dimulai pukul 09.00 WIB pada sudut 45° hingga pukul 15.00 WIB dengan sudut 90°. Aktuator memiliki pergerakan yaitu 30 menit sekali dalam kurun waktu 09.00 WIB hingga 15.00 WIB atau 12 kali bergerak selama pengujian, dalam sekali gerak aktuator membutuhkan waktu 9 detik untuk mencapai sudut yang dibutuhkan yaitu 7,5°.
2. Sudut kemiringan panel surya yang telah diuji menghasilkan eror 15% pada hari pertama, 0,11% pada hari kedua, dan 0,19% pada hari ketiga.
3. Total arus yang dihasilkan sebesar 9,72 ampere (A) dengan rata-rata 0,74 ampere (A). Total tegangan yang dihasilkan sebesar 243,1 volt (V) dengan rata-rata 18,7 volt (V). Total daya yang dihasilkan sebesar 187,6 watt (W) dengan rata-rata 14,4 watt (W).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. M. Muhammad, C. Sari, and I. T. Yuniahastuti, "ANALISIS POTENSI PANEL SURYA 50 WP di LAB TERPADU UNIVERSITAS PGRI MADIUN," 2023.
- [2] K. W. Fauzi, T. Arfianto, and N. Taryana, "Perancangan dan Realisasi Solar Tracking System untuk Peningkatan Efisiensi Panel Surya Menggunakan Arduino Uno," TELKA, vol. 4, no. 1, pp. 64–75, 2018.
- [3] Q. Hidayati, N. Yanti, N. Jamal, P. Negeri Balikpapan, and J. Soekarno Hatta km, P-7 SISTEM PEMBANGKIT PANEL SURYA DENGAN SOLAR TRACKER DUAL AXIS DUAL AXIS SOLAR TRACKING SYSTEM FOR POWER GENERATION.
- [4] Ir. H. T. MT. , L. S. P. ST. , MT. Brigita Sitorus., "Perancangan Panel Surya Pelacak Arah Matahari Berbasis Arduino Uno".
- [5] Pangestuningtyas D and K. Hermawan, "ANALISIS PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN PANEL SURYA TERHADAP RADIASI MATAHARI YANG DITERIMA OLEH PANEL SURYA TIPE LARIK TETAP."
- [6] J. Sambaliung No, K. Samarinda Ulu, K. Samarinda, and K. Timur, "Analisis Efisiensi Panel Surya Sebagai Energi Alternatif Rahmat Hasrul," Jurnal Sain, Energi, Teknologi & Industri, vol. 5, no. 2, pp. 79–87, 2021.
- [7] D. E. Myori, R. Mukhaiyar, and E. Fitri, "Sistem Tracking Cahaya Matahari pada Photovoltaic," INVOTEK: Jurnal Inovasi Vokasional dan Teknologi, vol. 19, no. 1, pp. 9–16, Apr. 2019, doi: 10.24036/invotek.v19i1.548.
- [8] L. A. Dobrzański, A. Drygała, M. Giedroć, and M. Macek, "Monocrystalline silicon solar cells applied in photovoltaic system Manufacturing and processing," 2012.
- [9] L. A. Dobrzański, M. Szczęсна, M. Szindler, and A. Drygała, "Electrical properties mono-and polycrystalline silicon solar cells."
- [10] M. S. Hadiningrat and E. A. Rofiq, "Fabrikasi Panel Surya Buatan Berlapis Ekstraksi Pasta Gigi dengan Sensitized Dye Klorofil Daun serta Analisis Kapasitansi Listriknya," JARTIKA) |, vol. 3, no. 2, pp. 256–266, 2020, [Online]. Available: <https://journal-litbang-rekarta.co.id/index.php/jartika>
- [11] P. P. D. B. Asep Abdul Sofyan1, "Sistem Keamanan Pengendali Pintu Otomatis Berbasis Radio Frequency Identification (RFID) Dengan Arduino Uno R3".
- [12] M. N. Qomaruddin and M. Khairi, "Real Time Clock Sebagai Tracking Sinar Matahari Pada Solar Cell Berbasis Mikrokontroler Untuk Lampu Taman (Real Watch Tracking As A Sun Ray On Microcontroller Based Solar Cells For Park Lights)," Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA, vol. 3, no. 2, 2019, doi: 10.21070/jeee-u.v%vi%i.2547.
- [13] M. Rijaluddin Tahfiz, A. Azis, N. Nurdiana, J. Teknik Elektro Universitas PGRI Palembang, P. A. Jl Jend Yani Lrg Gotong Royong, and U. Palembang, "Perancangan Sistem Penggerak Panel Surya pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Mobile Berbasis Arduino," 2023.
- [14] M. N. Hafidz and I. Sulistiyowati, "Rancang Bangun Multivoltage Input Output pada Inverter Skala Kecil (Studi Kasus: Panel Surya dan Baterai VRLA)," Innovative Technologica: Methodical Research Journal, vol. 2, no. 4, pp. 1–12, 2023, doi: 10.47134/innovative.v2i4.
- [15] B. Nainggolan, F. Inaswara, G. Pratiwi, and H. Ramadhan, "RANCANG BANGUN SEPEDA LISTRIK MENGGUNAKAN PANEL SURYA SEBAGAI PENGISI BATERAI."
- [16] T. Majaw, R. Deka, S. Roy, and B. Goswami, "Solar Charge Controllers using MPPT and PWM: A Review," ADBU Journal of Electrical and Electronics Engineering (AJEEE), vol. 2, 2018, [Online]. Available: www.tinyurl.com/ajeee-adbu
- [17] T. R. K. A. Yuda Febryanto1, "PERANCANGAN ALAT PEMBERI PAKAN IKAN OTOMATIS DENGAN RTC DS3231 BERBASIS MICROCONTROLLER ARDUINO UNO".
- [18] G. Parmitasari and J. Hamka Air Tawar, "Kendali Alat Pelontar Bola Tennis Lapangan Berbasis Mikrokontroler," 2020.
- [19] A. Pratama, D. Susilo, and I. T. Yuniahastuti, "Pembersih Panel Surya 50Wp Menggunakan Wiper di Laboratorium Terpadu UNIPMA."