

# Desain Solar Tracking Dual Axis Berbasis Arduino dan Sensor Light Dependent Resistor untuk Meningkatkan Daya Keluaran Sel Surya

Hasyim Asyari<sup>1</sup>, Aan Wisnu Aji<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Jln. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 INDONESIA  
Email: <sup>1</sup>Hasyim.Asyari@ums.ac.id

**Abstract-** Photovoltaic is a semiconductor technology that is used to convert or convert sunlight into electrical energy. The intensity of sunlight is one of the dominant factors for generating electrical energy, so efficiency will increase when the surface of the photovoltaic or solar cell always faces the direction of the sun's rays. In real terms, the position of the arrival of sunlight is always changing because the earth rotates, so that the increase in the production of electrical energy is sought by solar panels to move according to the direction of the sun's rays. The purpose of this research is to design a dual axis tracking that is able to position the photovoltaic to always get the maximum sunlight automatically, as an effort to increase the production of electric power in photovoltaic. The research method consisted of several stages, namely the use of 2 solar cells with a capacity of 120 Wp each and photovoltaic installation, hardware design with dual axis, Arduino-based software development, and the final stage was system testing. The test results show that the average electric power generated by solar cells with dual axis solar tracking is around 1.3 times greater than that of non-solar tracking solar cells. The highest electric power produced by solar cells with solar tracking and non-tracking is 49,28 Watt and 37,66 Watt respectively.

**Abstrak-** Photovoltaic merupakan teknologi semikonduktor yang dimanfaatkan untuk mengubah atau mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik. Intensitas sinar matahari menjadi salah satu faktor yang dominan untuk menghasilkan energi listrik, sehingga efisiensi akan meningkat ketika permukaan photovoltaic atau sel surya senantiasa menghadap arah datangnya sinar matahari. Secara real posisi datangnya sinar matahari senantiasa berubah karena bumi berotasi, sehingga peningkatan produksi energi listrik diupayakan panel surya bergerak mengikuti arah datangnya sinar matahari. Tujuan penelitian ini adalah mendesain tracking dual axis yang mampu memposisikan photovoltaic senantiasa mendapatkan sinar matahari yang paling maksimal secara otomatis, sebagai upaya peningkatan produksi daya listrik pada photovoltaic. Metode penelitian terdiri dari beberapa tahapan yaitu penggunaan 2 buah sel surya dengan kapasitas masing-masing 120 Wp dan pemasangan instalasi photovoltaic, perancangan hardware dengan dual axis, pembuatan software berbasis Arduino, dan tahapan terakhir adalah pengujian sistem. Hasil pengujian menunjukkan daya listrik rerata yang dihasilkan sel surya dengan solar tracking dual axis berkisar 1,3 kali lebih besar dibandingkan dengan sel surya yang statis (non solar tracking). Daya listrik tertinggi yang dihasilkan oleh sel surya dengan solar tracking dan non tracking secara berturut adalah 49,28 Watt dan 37,66 Watt.

**Kata Kunci:** Daya Listrik, Solar Tracking, Arduino, Light Diode Resistor, Sel Surya.

## I. PENDAHULUAN

*Photovoltaic* merupakan teknologi semikonduktor yang dimanfaatkan untuk mengubah atau mengkonversi sinar matahari menjadi energi listrik. Intensitas sinar matahari menjadi salah satu faktor yang dominan untuk menghasilkan energi listrik, sehingga efisiensi akan meningkat ketika permukaan *photovoltaic* atau sel surya senantiasa menghadap arah datangnya sinar matahari. Secara real posisi datangnya sinar matahari senantiasa berubah karena bumi berotasi, sehingga peningkatan produksi energi listrik diupayakan panel surya bergerak mengikuti arah datangnya sinar matahari [1], [2].

Saat ini banyak panel surya diinstal pada gedung industri, gedung pemerintahan, rumah tinggal masyarakat dan juga penerangan jalan umum. Namun panel sel surya tersebut diinstal secara fix atau statis, sehingga panel surya tersebut kurang optimal dalam menerima sinar matahari, hal ini berdampak terhadap daya listrik yang dihasilkan juga tidak maksimal. Kajian terkait peletakan panel surya agar senantiasa berada pada posisi tegak lurus dengan datangnya sinar matahari [3], [4]. Sistem tersebut mengkondisikan pergerakan panel sel surya mengikuti arah datangnya sinar matahari secara otomatis atau dikenal dengan istilah sistem *solar tracking* [5], [6], [7].

Sistem *solar tracking* merupakan sistem yang mampu melacak pergerakan matahari sehingga intensitas matahari yang mengenai sel surya lebih optimal, hal ini berdampak terhadap energi listrik yang diproduksi [8]. Pada sistem *solar tracking* ini memungkinkan panel surya secara otomatis menghadap ke arah datangnya cahaya matahari sehingga dapat menghasilkan tenaga surya dalam jumlah yang lebih besar. Dua buah aktuator linier digunakan pada sistem *tracking* otomatis sehingga mampu menggerakkan posisi panel surya untuk mengikuti arah sinar matahari. Peningkatan pemanfaatan energi listrik yang dihasilkan sel surya dapat diimplementasikan untuk mendukung aktivitas pengguna, salah satunya dengan perangkat pompa listrik untuk sirkulasi air pada sistem hidroponik dan kolam ikan [9], [10].

*Solar Tracking System* adalah sistem yang memiliki prinsip bekerja dengan mendeteksi posisi matahari, jika posisi sinar matahari datangnya tegak lurus diharapkan mampu meningkatkan optimalisasi keluaran daya pada panel surya sehingga produksi daya listrik lebih besar. Peningkatan produksi daya listrik karena intensitas cahaya matahari yang mengenai permukaan sel surya lebih tinggi, sehingga sel surya tersebut mampu mengkonversi cahaya matahari menjadi daya listrik lebih besar

dibandingkan dengan panel surya yang terinstal secara statis [11]. Panel surya yang terpasang kebanyakan bersifat statis atau ditempatkan melekat pada salah satu bagian bangunan. Hal ini mengakibatkan penyerapan sinar matahari oleh sel surya secara keseluruhan kurang optimal, atau dengan kata lain produksi daya listrik hanya optimal pada jam tertentu saja. Agar penyerapan energi matahari dapat diterima lebih optimal, maka dibutuhkan sistem yang selalu mengikuti arah matahari yang disebut *solar tracking system* [12], [13].

Salah satu metode yang digunakan pada *solar tracking system* adalah metode pergerakan satu sumbu (*single axis*). Pada penelitian tersebut menggunakan dua sensor cahaya (LDR) yang berfungsi sebagai pendeteksi cahaya matahari, sedangkan mikrokontroler arduino menjadi penyimpanan logika perintah pada sistem, dan motor servo menjadi penggerak untuk mengubah posisi panel surya yaitu dari timur ke barat [14], [15]. Namun pada penelitian tersebut memiliki kekurangan yaitu sumbu yang digunakan hanya satu sumbu (*single axis*) yang menyebabkan penyerapan sinar matahari tidak maksimal karena hanya mampu mendeteksi pergerakan matahari dari timur ke barat.

Pada penelitian ini sistem pelacakan yang diusulkan adalah melacak sinar matahari dengan memutar panel surya dalam dua sumbu yang berbeda. Pelacak surya sumbu ganda mengikuti posisi ketinggian sudut matahari di langit selain mengikuti pergerakan timur-barat matahari. Penelitian ini menggunakan empat buah sensor cahaya BH1750 dan dua buah aktuator linear, mikrokontroler Arduino UNO dan empat buah relai. Dua buah sensor cahaya BH1750 dan aktuator linear dengan dua relai digunakan untuk melacak pergerakan timur – barat matahari. Dua sensor cahaya lainnya dan aktuator linear yang lain dipasang di bagian atas dan bawah solar tracker dengan dua relai lainnya digunakan untuk melacak pergerakan utara-selatan matahari. Ketika sensor cahaya BH1750 mendeteksi intensitas cahaya dalam jumlah tertentu, maka akan mengirimkan sinyal ke mikrokontroler dan membandingkan sinyal tersebut untuk menentukan arah pergerakan panel surya pada aktuator linear sesuai dengan program yang disimpan.

#### 1. Sensor BH1750VI

BH1750FVI adalah sebuah IC sensor yang digunakan untuk mengukur intensitas cahaya sekitar dengan satuan lux. Sensor ini menggunakan protokol I2C untuk komunikasi dengan mikrokontroler atau minimum sistem. Jangkauan deteksi sensor ini cukup lebar yaitu antara 1 – 65535 lux. 1 lux artinya besaran intensitas cahaya 1 lumen pada area seluas 1 m<sup>2</sup>.

Agar sensor BH1750 dapat beroperasi, diperlukan sedikit komponen tambahan berupa kapasitor atau resistor untuk keperluan *reset timing internal* dari sensor. Selain itu ada juga yang ditambahkan IC regulator untuk tujuan *step down* dari 5V ke 3.3V agar bisa menggunakan tegangan VCC 5V.

#### 2. Aktuator Linier

Aktuator linier adalah jenis aktuator yang khusus digunakan untuk menciptakan gerakan dalam satu garis lurus menggunakan input yang disediakan oleh sistem. Aktuator tersebut mengambil energi dari sistem dalam bentuk yang paling sesuai yang tersedia seperti listrik, mekanik, hidrolik, atau pneumatik, dan mengubahnya dalam gerakan linier untuk mengangkat atau memindahkan beban yang diterapkan. Aktuator linier dapat memberikan gerakan

dalam satu atau dua arah, yaitu mendorong, menarik, atau keduanya. Gerakan aktuator memiliki kemampuan yang tepat atau kasar sesuai dengan aplikasi dan jenis aktuator linier yang digunakan dalam sistem. Misalnya, aktuator linier elektromekanis akan kurang presisi dibandingkan dengan aktuator linier piezoelectric.

#### 3. Sensor Arus dan Tegangan

Sensor tegangan ini digunakan untuk mendapatkan nilai tegangan antar fasa sehingga dapat mengetahui besar tegangan fasa-fasa. Pada pembuatan sensor tegangan ini menggunakan transformator step down, rangkaian penyearah, dan rangkaian pembagi tegangan. Rangkaian sensor tegangan pada prinsipnya yaitu melakukan pencuplikan tegangan yang mengalir masuk ke sistem pengukuran, cara kerja sensor tegangan ini yaitu sensor tegangan diletakkan paralel terhadap jaringan sumber.

Sensor arus digunakan untuk mendapatkan nilai arus dan memiliki kemampuan arus 5 - 9 A. Sensor arus ini dapat mendeteksi arus dalam pengukuran arus listrik AC maupun listrik DC. Sensor ini memiliki kepresisian yang tinggi, lowoffset, dan rangkaian sensor linier hall dengan konduksi tembaga yang ditempatkan dengan permukaan dari aliran arus yang disensor. Ketika arus mengalir pada permukaan konduktor maka akan menghasilkan medan magnet yang dirasakan oleh *IC hall effect* yang terintegrasi kemudian oleh piranti tersebut dapat dirubah ke tegangan.

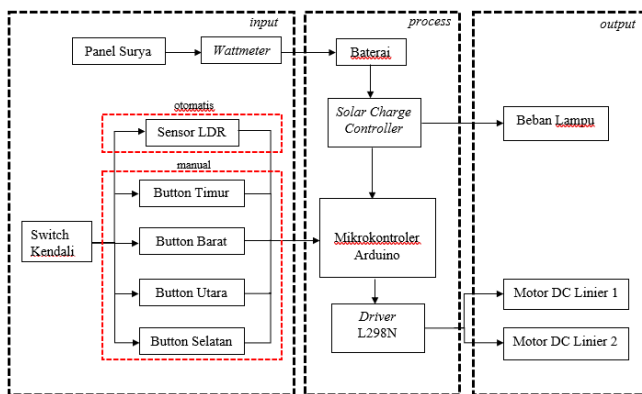
## II. METODE PENELITIAN

Beberapa tahapan dalam penelitian ini, antara lain:

- a. Perancangan perangkat keras (*hardware*)  
Pada tahap ini merupakan langkah untuk menentukan jenis dan kapasitas panel surya, kapasitas baterai, dan nilai rating pada *solar charger controller* (SCC) yang akan digunakan. Pada penelitian ini dapat dilakukan dengan melihat *nameplate* (spesifikasi) yang tertera pada panel surya, baterai dan SCC yang akan digunakan. Penentuan jenis dan kapasitas setiap komponen yang digunakan maka harus disesuaikan dengan *nameplate*, seperti contoh seperti rating panel surya dan SCC. Tahapan berikutnya adalah proses instalasi panel surya, baterai dan SCC yang kemudian dihubungkan ke mikrokontroler arduino.
- b. Perancangan perangkat lunak (*software*)  
Tahap kedua ini merupakan langkah untuk membuat script program pada arduino yang digunakan sebagai kontrol dan alat monitoring *output* dari panel surya. Proses pembuatan script program menggunakan *software* Arduino IDE. Script program tersebut akan ditransfer ke *hardware* arduino. Pada *hardware* tersebut script program yang telah dibuat akan diproses dengan output berupa sinyal digital yang akan diteruskan ke relay dan aktuator.
- c. Pengujian *Hardware* dan *Software*  
Pada tahap ini merupakan langkah pengujian baik dari *software* (script program), dan *hardware* (panel surya, baterai, *solar charger controller* (SCC)). Pada pengujian ini akan diamati pergerakan dari panel surya ketika posisi matahari berubah dari timur ke barat. Selain itu, pada pengujian ini parameter-parameter yang didapatkan seperti tegangan dan arus dapat dibandingkan dengan hasil

keluaran pada panel surya yang dipasang secara tetap (fixed).

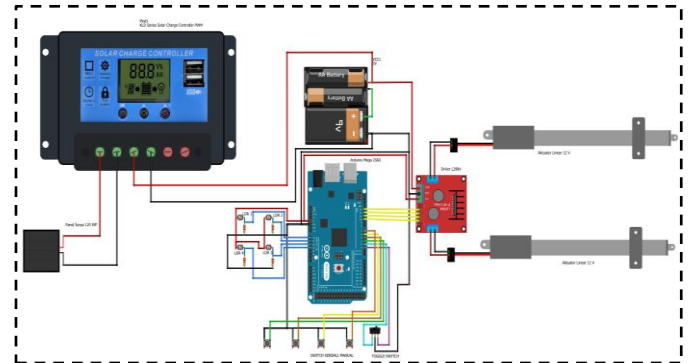
*Dual Solar Tracking System (DAST)* pada penelitian ini dibuat dengan sistem kendali otomatis dan manual yang mampu menggerakkan panel surya secara vertikal dan horizontal menggunakan dua buah motor DC linier yang terhubung pada panel surya. Rangkaian otomatis menggunakan sensor LDR (*Light Dependant Resistor*) untuk membaca arah datangnya cahaya matahari dan 4 buah *push button* sebagai kendali manual pada sistem *dual axis solar tracker* untuk menggerakkan motor. Mikrokontroler arduino mega 2560 digunakan sebagai sistem kendali otomatis dan manual dari sistem *dual axis solar tracker* yang akan memproses sinyal analog dari sensor LDR dan input dari *push button* untuk menggerakkan panel surya. Sistem pada penelitian ini menggunakan PLTS tipe *off grid* yaitu sistem yang menggunakan sumber dari panel surya sebagai satu-satunya sumber utama untuk mensuplai ke beban (tanpa menggunakan jaringan PLN) [16]. Keluaran dari panel surya terhubung dengan *solar charge controller* untuk pengisian ke dalam baterai, kemudian beban disuplai dari keluaran *solar charge controller*. Blok diagram sistem optimasi keluaran energi dengan *dual axis solar tracker* ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Blok diagram sistem optimasi keluaran energi dengan *dual axis solar tracker*

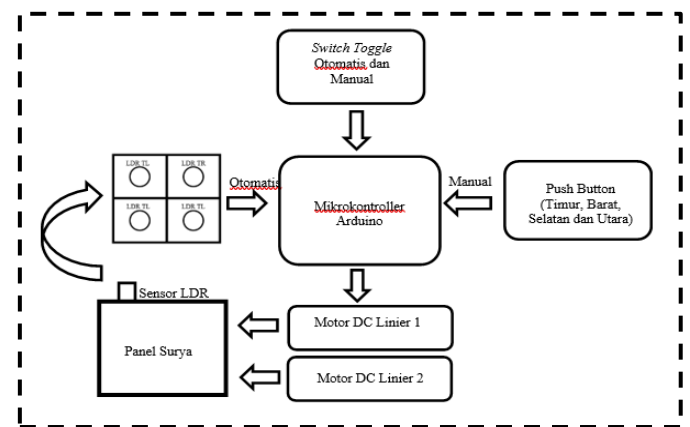
Rangkaian sistem *dual axis solar tracking* terdiri dari 2 buah sistem kendali yaitu, sistem kendali manual dan sistem kendali otomatis yang akan dipilih menggunakan *toggle switch*. Sistem kendali manual dilakukan dengan menggunakan 4 buah *push button* untuk menggerakkan panel surya ke arah timur, barat, utara dan selatan kemudian pada sistem kendali otomatis terdiri dari 4 buah sensor LDR yang diletakkan pada salah satu sisi dari panel surya dengan diberikan tahanan berupa resistor sebesar 1 k $\Omega$ . Sensor LDR tersebut akan digunakan sebagai masukan pada arduino dengan dengan alamat pin A0 untuk membaca LDR timur dan selatan, pin A1 untuk membaca LDR timur dan utara, pin A2 untuk membaca LDR barat dan selatan, pin A3 untuk membaca LDR barat dan utara. Sistem kendali manual dibuat dengan mode *pull up* dan dihubungkan ke pin digital pada arduino. *Button* barat dihubungkan ke pin 6 arduino, *button* timur dihubungkan ke pin 7 arduino, *button* utara dihubungkan ke pin 5 arduino, dan *button* selatan dihubungkan ke pin 4 arduino. Kedua mode kendali tersebut dikendalikan menggunakan *toggle switch* yang dihubungkan pada pin 2 dan 3 arduino. Keluaran pin pada arduino kemudian dihubungkan dengan *driver* L298N pada pin 13 ke IN 1 (L298), pin 12 ke IN 2 (L298), pin 11 ke IN 3 (L298), dan pin 10 ke IN 4 (L298).

Sumber utama dalam sistem *dual axis solar tracker* ini menggunakan baterai 12 V 7 Ah untuk mensuplai arduino, *driver* L298N dan motor DC linier. Keluaran pada *driver* motor L298N akan dihubungkan dengan motor DC linier 1 pada pin *Out 1* dan *Out 2*, sedangkan motor DC linier 2 dihubungkan pada pin *Out 3* dan *Out 4*. Rangkaian listrik dari sistem *dual axis solar tracker* ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Rangkaian listrik dari sistem *dual axis solar tracker*

Penelitian ini menggunakan *software* arduino IDE untuk membuat algoritma pengendalian sistem *dual axis solar tracker*. Input awal yang akan diolah pada arduino adalah pilihan mode yang mewakili mode otomatis dan mode manual. Mode otomatis diatur nilai dari keempat sensor LDR yang kemudian akan dicari nilai rata-rata dan selisih dari masing-masing sensor. Nilai dari rata-rata pada masing-masing sensor akan dibandingkan pada semua arah (timur, barat, utara, selatan) sehingga akan diperoleh nilai yang akan dibaca oleh arduino untuk menentukan arah putaran motor dan menggerakkan dari panel surya. Blok diagram algoritma pengendalian *dual axis solar tracker* dapat dilihat pada gambar 3.



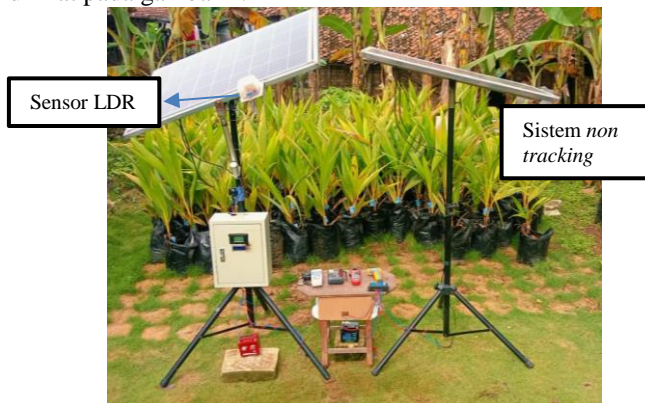
Gambar 3. Blok diagram desain *software*

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini menggunakan panel surya dengan tipe *Monocrystalline* (Mono-Si) berkapasitas daya maksimal 120 WP yang diukur berdasarkan standar pengujian internasional yaitu *Standard Test Condition* (STC) [17]. Pengujian panel surya ini dilakukan dengan pengukuran tanpa menggunakan beban dan dengan menggunakan beban. Nilai tegangan maksimal keluaran tanpa beban (*Voc*) pada panel surya ini sebesar 24,8 Volt dengan arus hubung singkat (*Isc*) maksimal sebesar 6,65 A. Nilai operasional pada panel surya ini memiliki tegangan maksimal (*Vmp*) sebesar 19,2 V dengan arus

maksimumnya (*Imp*) sebesar 6,25 A dengan beban yang terhubung pada panel surya.

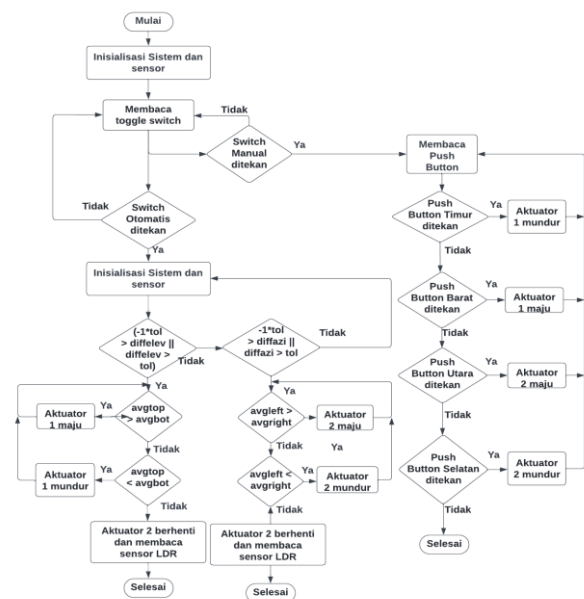
Sistem mekanik pada penelitian optimasi *dual axis solar tracker* memiliki dua buah penggerak utama yaitu penggerak untuk sudut *zenith* (utara dan selatan) dan sudut *azimuth* (timur dan barat). Penggerak sudut *zenith* berupa motor DC linier 12 V, 30 W dengan panjang *stroke* 200 mm dan kecepatan *stroke* 20 mm/s. Penggerak gerakan *azimuth* berupa motor DC linier 12 V, 30 W dengan panjang *stroke* 300 mm dan kecepatan sebesar 20 mm/s. Rangka pada sistem optimasi panel surya dengan *dual axis solar tracker* dibuat dengan menggunakan tripod *sound system* setinggi 170 cm dengan dukungan panel dibuat dengan besi *hollow* dengan ukuran 100 cm x 67 cm. Pada tiang penyangga tersebut diberikan *box* panel yang digunakan untuk meletakkan komponen-komponen kelistrikan seperti *solar charge controller*, arduino, *driver* motor L298N *wattmeter* dan *push button* untuk mengendalikan pergerakan panel surya secara manual. Sensor LDR pada penelitian ini berjumlah 4 sensor yang dirangkai pada sebuah papan *Printed Circuit Board (PCB)* dan diletakkan pada bagian atas sisi samping pada kotak panel surya. *Hardware* penelitian ini dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. *Hardware* Penelitian Tracking System dan Non Tracking

Pemrograman bahasa C dilakukan dengan menggunakan *software* arduino IDE yang kemudian akan diunggah ke komponen arduino. Program yang dibuat pada *software* arduino IDE diawali dengan inialisasi sistem dengan mendeklarasikan pin *input* dan *output* pada arduino. Mode otomatis *dual axis solar tracker* ini menggunakan nilai sensor LDR yang terbaca oleh arduino yang akan dicari nilai rata-rata pada masing-masing posisi kemudian akan dibandingkan dengan keadaan pada sisi timur, barat, utara dan selatan. Apabila nilai LDR sisi timur lebih besar daripada nilai LDR pada sisi barat maka motor DC linier 1 akan berputar ke arah timur dengan putaran berlawanan arah jarum jam (*counter clockwise*). Sebaliknya, apabila nilai LDR sisi barat lebih besar daripada nilai LDR pada sisi timur maka motor DC linier 1 akan berputar ke arah barat dengan putaran searah jarum jam (*clockwise*). Apabila nilai LDR sisi utara lebih besar daripada nilai LDR pada sisi selatan maka motor DC linier 2 akan berputar ke arah utara dengan putaran searah jarum jam (*clockwise*). Sebaliknya, apabila nilai LDR sisi selatan lebih besar daripada nilai LDR pada sisi utara maka motor DC linier 2 akan berputar ke arah selatan dengan putaran berlawanan arah jarum jam (*counter clockwise*). Kemudian untuk pengendalian manual dapat dikendalikan menggunakan *push button*, apabila *push button* ditekan maka

akan menggerakkan dari motor DC linier sesuai dengan arah yang ditunjukkan. Digram alir pemrogram arduino ditunjukkan pada gambar 5.



Gambar 5 Diagram Alir Pemrograman Arduino Data pengujian *tracking system* dan stais (*non tracking*) ditunjukkan pada table 1.

Tabel 1. Data Pengujian Tracking system dan Non Tracking

Waktu (Jam : Menit)	Sistem <i>Dual Axis Solar Tracker</i>				Sistem <i>Non Tracking</i>			
	Iradiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	Vmp (V)	Imp (A)	Daya (W)	Iradiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	Vmp (V)	Imp (A)	Daya (W)
07.00	88,617	12,86	0,66	8,48	80,4878	12,81	0,4	5,12
08.00	128,455	12,82	1,22	15,64	119,837	12,97	0,94	12,19
08.00	373,984	14,3	3,2	45,76	283,74	14,08	2,32	32,66
08.30	196,179	13,5	1,65	22,27	171,626	13,44	1,24	16,66
09.00	235,528	13,46	1,77	23,82	210,325	13,57	1,39	18,86
09.30	378,049	13,9	2,45	34,05	320,325	14,05	1,91	26,83
10.00	391,057	16,62	2,67	44,37	337,398	14,08	2,23	31,39
10.30	307,967	14,05	2,24	31,47	275,854	14,05	1,78	25,00
11.00	396,748	13,52	1,95	26,36	327,642	13,83	1,44	19,91
11.30	194,797	13,12	1,28	16,79	158,618	13,3	0,94	12,50
12.00	255,203	13,28	1,46	19,38	200,325	13,24	0,8	10,59
12.30	504,878	13,67	2,41	32,94	435,772	13,45	2,21	29,72
13.00	586,992	14,08	3,5	49,28	492,683	13,95	2,7	37,66
13.30	461,789	14,15	3,07	43,44	430,081	14,13	2,6	36,73
14.00	292,52	13,8	1,72	23,73	252,276	13,63	1,3	17,71
14.30	260,894	13,57	1,52	20,62	226,016	13,46	1,05	14,13
15.00	265,772	13,45	1,49	20,04	215,203	13,39	1,03	13,79

Waktu (Jam : Menit)	Sistem <i>Dual Axis Solar Tracker</i>				Sistem <i>Non Tracking</i>			
	Iradiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	V <sub>mp</sub> (V)	I <sub>mp</sub> (A)	Daya (W)	Iradiasi Matahari (W/m <sup>2</sup> )	V <sub>mp</sub> (V)	I <sub>mp</sub> (A)	Daya (W)
15.30	167,48	13,07	0,96	12,54	140,732	13,2	0,62	8,18
16.00	142,114	12,94	0,77	9,96	117,967	13,06	0,49	6,39
Rerata	296,264	13,69	1,89	26,36	252,469	13,56	1,44	19,79

Pada tabel 1 dapat diketahui bahwa nilai iradiasi diketahui dengan cara mengkonversikan dari lux menjadi W/m<sup>2</sup> dengan persamaan  $1 \text{ W/m}^2 = 123 \text{ lux}$  untuk pengambilan data pada luar ruangan [18]. Nilai rata-rata iradiasi pada sistem panel surya *dual axis solar tracker* adalah sebesar 296,264 W/m<sup>2</sup> dengan rata-rata keluaran tegangan (Voc) yang dihasilkan adalah sebesar 13,69 V dengan rata-rata arus (Isc) adalah sebesar 1,89 A. Nilai irradiasi yang terukur pada sistem panel surya *non tracking* adalah sebesar 252,469 W/m<sup>2</sup>, nilai tegangan (Voc) sebesar 13,56 dengan rata-rata arus (Isc) adalah sebesar 1,44 A. Pengamatan pada jam 07.00-16.00 nilai keluaran panel surya tertinggi didapatkan pada sistem dual axis solar tracker pada jam 13.00 dengan nilai iradiasi yang terukur pada sistem adalah sebesar 586,992 W/m<sup>2</sup> sehingga diperoleh nilai tegangan (Voc) sebesar 14,08 V dengan arus (Isc) adalah sebesar 3,5 A sedangkan *non tracking system* (statis) adalah 492,683 W/m<sup>2</sup> dengan nilai tegangan 13,95 V dan Arus 2,7 A.

#### IV. KESIMPULAN

Beberapa kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini antara lain:

1. Daya yang dihasilkan oleh *tracking system dual axis* berbasis arduino dan LED 1,3 kali lebih besar dibanding dengan sistem statis (*non tracking system*).
2. Nilai rata-rata irradiasi pada sistem panel surya *dual axis* solar tracker adalah sebesar 296,264 W/m<sup>2</sup> dengan rerata tegangan (Voc) yang dihasilkan adalah sebesar 13,69 V dan rerata arus (Isc) adalah sebesar 1,89 A. Nilai irradiasi yang terukur pada sistem panel surya *non tracking* adalah sebesar 252,469 W/m<sup>2</sup>, nilai tegangan (Voc) sebesar 13,56 dengan rerata arus (Isc) adalah sebesar 1,44 A.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Surakarta yang telah mesupport penelitian ini, sehingga bisa terselesaikan. Terima kasih juga kepada Tim JTE UNIBA yang telah meluangkan waktu untuk melakukan proses paper ini untuk bisa dipublikasikan.

#### REFERENSI

- [1] Hidayanti, F, Rahmah, F, Augusto, J, "Design of Solar Tracker on Solar Panel with Fresnel Concentrator", International Journal of Advance Science and Technology, Vol. 29, No. 05, PP 1014-1025, 2020.
- [2] Hidayanti, F, Rahmah, F, Septratama, S, "Design of Single-Axis Solar Tracker Based on Arduino Uno Microcontroller", International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, Vol. 8, No. 4, PP 983-986, 2020a.
- [3] Irfan, M, Pakaya, I, Faruq, A, "Penentuan Posisi Sudut Matahari Menggunakan ANFIS dalam Aplikasi Tracker Panel Surya", Jurnal Nasional Teknik Elektro, Vol. 8, No. 3, PP 89-96, 2019.
- [4] Triyono, B, Prasetyo, Y, Kusbandono, H, "Optimasi Output Dual Axis Solar Tracker Menggunakan Metode Astronomi Berbasis Smart Relay", TRANSMISI, Vol. 23, No. 1, PP 1-4, 2021.
- [5] Asmi, J, Candra, O, "Prototype solar tracker dua sumbu berbasis microcontroller Arduino Nano dengan sensor LDR", Jurnal Teknik ELEktro dan Vokasional, Vol. 06, No. 02, PP 54-63, 2020.
- [6] Bangun Aji S, Alfian M, "Prototype Solar Tracking Berbasis Arduino dan Light Diode Resistor", Buletin Ilmiah Sarjana Teknik Elektro, Vol. 4, No. 1, PP 30-40, 2022.
- [7] Mochamad Aji P, Humaidillah Kurniadi W, "Rancang Bangun Monitoring Solar Tracking System Menggunakan Arduino dan Nodemcu Esp 8266 Berbasis IoT", RESISTOR, Vol. 4, No. 2, PP 163-168.
- [8] Wijaya, A, Alfaresi, B, Ardianto, F, "Perancangan dan Implementasi Tracking Solar Cell System dengan Menggunakan Overload Protection", Serambi Engineering, Vol. VI, No. 4, PP 2459-2466, 2021.
- [9] Hidayanti, F, Rahmah, F, Ikrimah, M, "Dual-Axis Solar Tracking System Efficiency for Hydroponics Pump", International Journal of Emerging Trends in Engineering Research, Vol. 8, No. 6, PP 2631-2634, 2020b.
- [10] Setiawan, D, Eteruddin, H, Siswati L, "Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya untuk Tanaman Hidroponik", Jurnal Teknik, Vol. 14, No. 2, PP 208-215, 2020.
- [11] Tukiman, Suwarno, Zambak, M.F, "Optimalisasi Tracking Sistem Otomatis untuk Menghasilkan Energi Maksimal pada Panel Surya Menggunakan Programmable Logic Controller", Rekayasa Elektrikal dan Energi, Vol. 5, No. 1, 2022.
- [12] Rezkyanzah, J, Purba, L. P, Putra, C. A, "Perancangan Solar Tracker Berbasis Arduino sebagai Penunjang Sistem Kerja Solar Cell dalam Penyerapan Energi Matahari", SCAN, Vol. XI, No. 2, PP 55-60, 2016.
- [13] Verma, B. D, Pandey, M, Gour, A, "A Review Paper on Solar Tracking System for Photovoltaic Power Plant", International Journal of Engineering Research & Technology, Vol. 9, No. 2, PP 160-166, 2020.
- [14] Sutaya, I, W, Ariawan, K, U, "Solar Tracker Cerdas dan Murah Berbasis Mikrokontroler 8 BIT ATmega8535", Jurnal Sains dan Teknologi, Vol. 5, No. 1, PP 673-682, 2016.
- [15] Pranata, H, Soetedjo, A, Ashari, M.I, "Rancang Bangun Solar Tracker Dual Axis Panel Surya Berbasis Arduino", SENIATI, PP 9-16, 2022.
- [16] Hasanah, A. W., Koerniawan, T., & Yuliansyah, Y. "Kajian Kualitas Daya Listrik Plts Sistem Off-Grid Di Stt-Pln. *Energi & Kelistrikan*", 10(2), 93-101. 2019
- [17] Michael, P. R., Johnston, D. E., & Moreno, W, "A conversion guide: Solar irradiance and lux illuminance". *Journal of Measurements in Engineering*, 8(4), 153-166, 2020.
- [18] Lukmato, Y. I., Muhammad Jubran Rizqullah, Mohamad Wahyu Hidayat, & Siti Diah Ayu Febriani, "Analisis Losses Daya Sel Surya Dalam Fabrikasi Modul Surya Monocrystalline 330Wp Pt Santinilestari Energi Indonesia". *Jurnal Inovasi Teknologi Manufaktur, Energi Dan Otomotif*, 1(1), 37-44. (2022).