

## RANCANG BANGUN DUAL-AXIS SOLAR TRACKER MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ARDUINO MEGA 2560

Teten Dian Hakim, Muhamad Sukma

Abstrak - Matahari merupakan salah satu energi baru terbarukan yang berlimpah di Indonesia. Untuk itu diperlukan sistem yang mampu memanfaatkan energi tersebut. Panel surya adalah media yang tepat untuk memanfaatkan energi matahari. Selain dapat memenuhi kebutuhan permintaan energi listrik, energi matahari juga merupakan energi yang ramah terhadap lingkungan. Namun penggunaan panel surya di Indonesia sangat minim. Apalagi kebanyakan panel surya yang digunakan masih bersifat statis sehingga output daya yang dihasilkan menjadi kurang maksimal. Untuk mengatasi masalah ini, penulis membuat rancang bangun dual axis solar tracker menggunakan mikrokontroler arduino mega 2560. Sistem ini mampu mengikuti arah gerak matahari berdasarkan arah datangnya cahaya dengan mengandalkan sensor LDR, sehingga panel surya dapat selalu tegak lurus dengan matahari. Panel surya ini menggunakan sistem dual axis yang memudahkan untuk bergerak secara vertikal dan horizontal, menggunakan komponen Mikrokontroler agar dapat bergerak secara otomatis, dibantu dengan dua buah Motor Stepper, empat buah Sensor LDR, *Driver Motor Stepper*, *Solar Charge Controller*, *Modul Step Down* serta Baterai sebagai penyimpan energi. Pengujian dilakukan pada Panel Surya berkapasitas 20 Wp selama 5 hari mulai pukul 10.00 hingga pukul 15.00. Panel Surya Statis menghasilkan output daya rata-rata yaitu 11,48 Watt, sedangkan untuk Panel Surya dengan Sistem Tracker menghasilkan output daya rata-rata 12,59 Watt. Sehingga didapatkan hasil Solar Tracking dapat meningkatkan output daya sebesar 1,11 Watt atau 9,66% lebih besar dibandingkan dengan Panel Surya Statis.

Kata Kunci : *Solar Tracker*, Panel Surya, *Dual Axis*, Mikrokontroler, LDR.

*Abstract - The sun is one of the abundant new renewable energies in Indonesia. Thus we need a system to utilized energy. Solar panels are the right medium for utilizing solar energy. Besides being able to meet the demand for electrical energy, solar energy is friendly to the environment. Unfortunately the use of solar panels in Indonesia is very minimal. Moreover, most of the solar panels used are still static so that the resulting power output is less than optimal. To solve this problem, the author designed a dual axis solar tracker using Arduino Mega 2560 microcontroller. Where this system is able to follow the direction of the sun's motion based on the direction of light by relying on the LDR sensor, so that the solar panel can always be perpendicular to the sun. This solar panel has dual axis system that makes it easy to move vertically and horizontally, By using Microcontroller, than it can moved automatically, assisted by two Stepper Motors, four LDR Sensors, Stepper Motor Drivers, Solar Charge Controllers, Step Down Modules and Batteries. as an energy store. The test was carried out on a solar panel with a capacity of 20 Wp for 5 days from 10.00 to 15.00. Static Solar Panels produce an average power output of 11.48 Watts, while for Solar Panels with Tracker Systems it produces an average power output of 12.59 Watts. So that the results of the Solar Tracking system can increase the power output by 1.11 Watt or 9.66% greater than the Static Solar Panel.*

Keywords: Solar Tracker, Solar Panel, Dual Axis, Microcontroller, LDR.

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Menurut Kementerian ESDM tahun 2012, Indonesia merupakan salah satu negara yang dilewati oleh garis khatulistiwa. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai negara dengan sumber energi matahari yang melimpah. Rata-rata intensitas radiasi yang dihasilkan dalam satu hari sekitar  $4,8\text{kWh/m}^2$  setara dengan 112.000 GWp. Namun pada kenyataannya, energi yang sudah dimanfaatkan hanya sekitar 10 MWp [1].

Untuk itu, perlu adanya solusi tepat yang mampu mengubah energi matahari menjadi energi listrik seperti panel surya. Dengan potensi energi yang tak terbatas dan berkelanjutan, pemanfaatan panel surya mulai berkembang di bidang industri dan perumahan. Akan tetapi, kebanyakan panel surya yang terpasang saat ini masih bersifat statis. Hal ini menyebabkan fungsi dari panel surya dalam menerima energi matahari menjadi tidak maksimal. Oleh karena itu, penulis membuat panel surya yang bersifat dinamis yang mana alat tersebut mampu mengikuti arah gerak matahari sehingga intensitas cahaya yang diserap oleh panel surya menjadi optimal.

### 1.2 Identifikasi Masalah

Dari uraian diatas, penulis dapat mengidentifikasi beberapa masalah yang ada pada penelitian rancang bangun ini adalah sebagai berikut :

1. Panel surya yang digunakan saat ini masih banyak yang bersifat statis.
2. Akibat dari gerak semu matahari, jumlah intensitas cahaya matahari yang diterima oleh panel surya yang bersifat statis menjadi tidak maksimal.
3. Output daya yang dihasilkan panel surya yang bersifat statis menjadi tidak maksimal akibat minimnya intensitas cahaya matahari yang diterima.

### 1.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah guna merealisasikan penelitian rancang bangun ini adalah :

1. Membahas bagaimana membuat dual axis solar tracker menggunakan arduino mega 2560.
2. Menghitung output daya dari hasil pengujian solar tracker.
3. Melakukan perbandingan optimalisasi output daya antara panel surya statis dengan panel surya menggunakan solar tracker.
4. Tidak membahas daya yang digunakan oleh sistem dual axis solar tracker.

### 1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan beberapa penjelasan diatas, masalah tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana cara merancang bangun dual axis solar tracker berbasis arduino mega 2560?

### 1.5 Tujuan Penelitian

Melalui penelitian ini, penulis mempunyai tujuan yang akan dicapai sebagai berikut :

1. Mendapatkan rancangan baru dual axis solar tracker berbasis arduino mega 2560 sebagai alternatif memaksimalkan penerimaan cahaya matahari pada panel surya.
2. Mengetahui hasil output daya dari panel surya dengan sistem solar tracking.

## 2. TEORI DASAR

### 2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Matahari merupakan sumber energi yang melimpah dan tidak ada habisnya. Pada prinsipnya, sumber energi pada matahari terbagi menjadi dua yaitu dalam

bentuk energi panas dan energi cahaya. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan sistem tenaga yang mengandalkan cahaya matahari lalu mengubahnya menjadi energi listrik. Sistem PLTS bisa dikatakan bersih dan ramah lingkungan karena tidak memerlukan bahan bakar atau alat yang berputar[2].

## 2.2 Panel Surya

Kumpulan sel surya yang bertugas menyerap cahaya matahari. lalu mengubahnya menjadi energi listrik disebut dengan panel surya. Sel surya terbuat dari beberapa lapisan komponen pengubah cahaya menjadi listrik atau komponen photovoltaic yang memiliki sifat semikonduktor, logam, strip konduktor logam dan anti-reflectif[3].

Untuk menentukan panel surya yang tepat, berikut adalah jenis-jenis dari panel surya[5]:

1. Monocrystalline Silicon PV Module  
Merupakan panel surya dengan bahan material batang kristal silikon murni yang diris tipis-tipis serta identik dengan ruang kosong berbentuk bulat atau segi enam pada tiap kepingan sel suryanya. Harganya relatif mahal dibandingkan dengan sel surya lainnya dikarenakan bahan dan teknologi yang digunakan. Jenis ini memiliki efisiensi sekitar 15% - 20% menjadikan sel paling efisien diantara sel surya lainnya.
2. Polycrystalline Silicon PV Module  
Merupakan panel surya berbahan dasar batang kristal silikon yang dicairkan. Berbentuk persegi dengan susunan yang rapi dan tanpa celah seperti monocrystalline. Memerlukan luas permukaan yang besar. Harganya murah karena proses pembuatannya yang mudah serta memiliki tingkat efisiensi sekitar 13% - 16%.
3. Amorphous Silicon PV Module

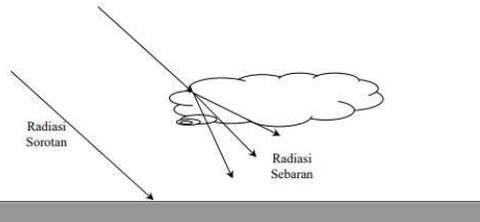
Penggunaan sel surya Amorphous Silicon ini awalnya diterapkan untuk kalkulator hingga berkembang seiring berjalannya waktu. Masing-masing sel tipis-film yang ditumpuk diatas satu sama lain mampu menghasilkan frekuensi cahaya tertentu sehingga tingkat efisiensinya mencapai 6%-8%.

### 2.2.1 Prinsip Kerja Panel Surya

Prinsip kerja panel surya berkaitan dengan efek photovoltaic. Ketika partikel yang sangat kecil dari sinar matahari (Foton) menabrak semikonduktor panel surya yang berisi atom-atom, maka akan terjadi pemisahan elektron dari struktur atomnya. Kemudian, elektron akan bergerak menuju material semikonduktor. Terdapat dua jenis semikonduktor pada panel surya yaitu tipe N yang mana bersifat negatif karena mayoritas bermuatan elektron sedangkan tipe P merupakan bersifat positif yang mana mayoritas bermuatan hole. Ketika panel surya menyerap cahaya matahari, terjadi benturan antara daerah positif dan negatif yang mengakibatkan elektron bergerak menghindari daerah negatif dan hole akan menghindari daerah positif sehingga menghasilkan arus listrik.[3].

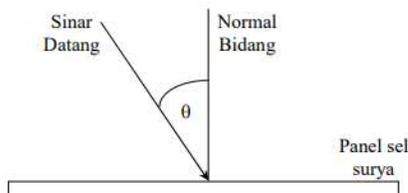
### 2.2.2 Radiasi Matahari pada Permukaan Bumi

Radiasi memiliki konstanta matahari sebesar 1353 W/m<sup>2</sup> namun sebelum sampai permukaan bumi, jumlah intensitasnya berkurang yang disebabkan oleh pemantulan, penyerapan dan penyebaran. Radiasi sorotan berupa beberapa penyerapan seperti gelombang pendek (ultraviolet) yang diserap oleh ozon dan gelombang panjang (inframerah) yang diserap oleh karbon dioksida dan air uap sedangkan penyebaran yang disebabkan oleh debu, molekul udara, dan polusi yang dapat disebut sebagai radiasi sebaran[6].



Gambar 2.1 Radiasi Sorotan dan Sebaran pada Permukaan Bumi

### 2.2.3 Pengaruh Sudut Datang terhadap Radiasi yang Diterima



Gambar 2.2 Arah Sinar Datang terhadap Normal Bidang Panel Surya

Besarnya sudut yang berada diantara arah datangnya sinar matahari dan bidang tegak lurus panel surya disebut sudut datang. Sudut ini sangat berpengaruh untuk mencapai radiasi matahari yang maksimal. Pada gambar 2.7 terlihat bahwa semakin kecil sudut  $\theta$ , semakin besar radiasi yang diterima dan sebaliknya[6].

### 2.3 Dual Axis

Solar tracker dual axis adalah sebuah sistem yang dirancang untuk mengendalikan panel surya berdasarkan sudut azimuth dan sudut zenith. Dalam pengaplikasiannya, sistem ini membutuhkan empat buah sensor cahaya yang terletak pada bagian utara, selatan, timur, dan barat serta dua buah aktuator yang berfungsi untuk melakukan rotasi pada sudut zenith yang merupakan sudut putar sumbu vertikal (utara-selatan) dan sudut azimuth yang merupakan sudut putar pada sumbu horizontal (timur-barat)[7].

### 2.4 Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Mikrokontroler Arduino mega 2560 adalah sebuah board berbasis mikrokontroler yang menggunakan IC ATmega2560. Pada dasarnya, Mikrokontroler adalah IC atau chip yang memiliki kemampuan mengolah data maupun instruksi yang diprogram lewat komputer. Sedangkan Arduino adalah board berbasis mikrokontroler yang terdapat sebuah chip sebagai komponen utama di dalamnya[9].

### 2.5 Sensor Cahaya LDR

Light Dependent Resistor (LDR) merupakan resistor yang peka terhadap cahaya. Jika cahaya terang yang diterima oleh LDR, maka resistansinya akan menjadi kecil dan sebaliknya, jika cahaya gelap yang diterima, maka resistansinya akan menjadi besar. Selain itu, LDR terbuat dari bahan semikonduktor beresistansi tinggi sehingga saat cahaya mengenainya menyebabkan banyaknya elektron yang lepas dan penurunan resistansi[10].

### 2.6 Motor Stepper

Motor stepper merupakan motor yang bergerak selangkah demi selangkah (steps) untuk mencapai posisi tertentu. Banyak digunakan sebagai actuator, sehingga dapat dikontrol secara digital. Motor stepper termasuk motor DC yang tidak mempunyai komutator, dengan instruksi yang diberikan oleh mikrokontroler, motor dapat berputar secara tepat dan presisi sesuai dengan arah yang diinginkan seperti berputar searah jarum jam atau sebaliknya[11].

### 2.7 Driver Motor Stepper

Driver motor adalah komponen elektronika yang mempunyai peranan sebagai pengendali arah putaran dan kecepatan motor stepper. Prinsip kerja dari driver motor stepper adalah saat driver

menerima sinyal input dari komputer berupa pulsa, kemudian penguat arus akan bertugas memperkuat sinyal tersebut sehingga sinyal output dapat menggerakkan motor stepper[15].

### 2.8 Solar Charge Controller

Solar Charge Controller (SCC) merupakan alat yang berfungsi sebagai pengisi arus searah kedalam baterai. Saat panel surya mendapat cahaya matahari, energi tersebut akan diubah menjadi listrik kemudian akan disimpan ke dalam baterai. Selain pengisi baterai, SCC bertugas sebagai penjaga kualitas baterai agar selalu dalam kondisi prima seperti mengatur arus yang berlebih agar tidak terjadi overcharging serta overvoltage yang mengakibatkan kerusakan baterai. Fungsi lainnya yaitu untuk mencegah terjadinya arus balik dari aki/baterai ke panel surya. Dalam pengoperasiannya, SCC yang baik mampu mendeteksi kapasitas baterai saat baterai sudah penuh saat diisi maka aliran arus akan berhenti secara otomatis[8].

### 2.9 Baterai

Baterai merupakan alat yang berfungsi sebagai pengubah energi kimia menjadi energi listrik yang mana memiliki bentuk dan ukuran yang bervariasi. Terdiri dari dua kutub, yaitu kutub positif (anoda) dan kutub negatif (katoda). Berdasarkan jenisnya baterai terbagi menjadi dua yaitu baterai primer dan baterai sekunder. Baterai juga terdiri dari baterai basah dan kering, namun dalam perancangan solar tracking, baterai yang digunakan ialah berjenis kering(VRLA, MF-SLA), karena jenis baterai inilah yang paling direkomendasikan untuk aplikasi solar system, hal ini dimaksudkan untuk menjaga komponen-komponen dari solar tracking itu sendiri dengan tegangan nominal berkisar 12 Volt atau 24 Volt[4].

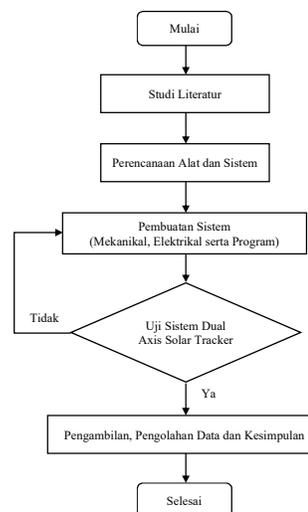
### 2.10 Step Down

Step down merupakan alat yang berfungsi pengecil daya dari 12V menjadi 5V yang masuk dari power supply. Didalamnya terdapat chip MP1584EN sebagai komponen utamanya. Memiliki arus beban maksimal 3 Ampere serta sangat efisien untuk aplikasi yang memerlukan pengubah daya karena mampu menurunkan tegangan input dari 4,5-28 V menjadi tegangan yang dapat diregulasi berkisar antara 0,8-20 V[16].

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alur Penelitian

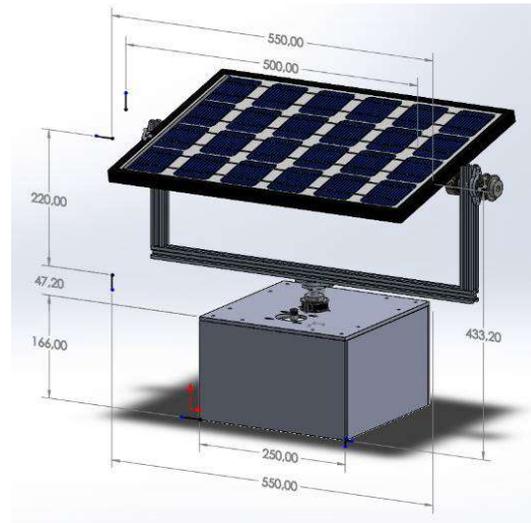
Secara umum langkah penelitian ini akan ditampilkan dalam diagram sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian

1. Studi literatur  
Tahapan yang dilakukan dengan mengumpulkan informasi melalui buku, jurnal, tugas, dan internet guna menunjang penyelesaian skripsi ini.
2. Perencanaan Alat dan Sistem  
Tahapan ini berisi tentang rencana perancangan alat dan sistem guna mengurangi kesalahan yang kemungkinan terjadi berdasarkan informasi yang telah didapatkan.

3. Pembuatan Sistem (Mekanikal, Elektrikal serta Program)  
Tahapan ini terdiri dari pembuatan prototipe, perakitan sistem elektrikal, dan menggabungkan dengan program Arduino IDE sehingga menjadi solar tracker secara menyeluruh.
4. Uji Sistem Dual Axis Solar Tracker  
Tahapan ini dilakukan untuk menguji apakah solar tracker ini sudah bekerja dengan baik dan sesuai dengan yang direncanakan.
5. Pengambilan, Pengolahan Data, dan Kesimpulan  
Tahapan ini berisi data dan kesimpulan berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan.



Gambar 3.2 Perencanaan Solar Tracker

### 3.2 Desain Alat dan Sistem

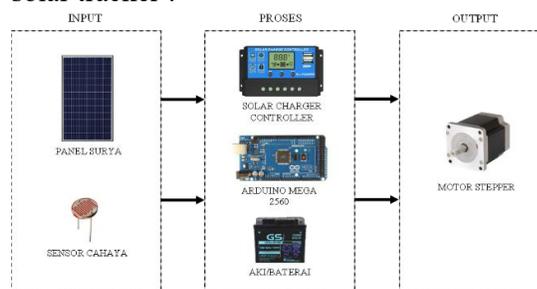
Pembuatan *Dual Axis Solar Tracker* terdapat tiga tahapan utama yang wajib untuk dilaksanakan, yaitu perancangan sistem mekanik, perancangan sistem elektrik dan pembuatan program sistem pada software.

#### 3.2.1 Perancangan Sistem Mekanik

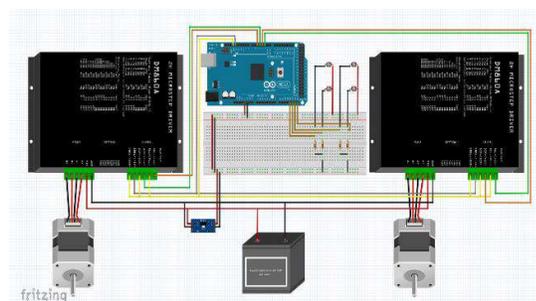
Tahap ini dilakukan untuk menentukan desain awal dari solar tracker. Permodelan alat dibuat dengan menggunakan software *solidworks* untuk membuat prototipe seutuhnya dari bentuk alat.

### Perancangan Sistem Elektrik

Agar sistem mekanik dapat digerakan dengan sesuai keinginan maka perlu dibuatkan rancangan sistem elektrik. Sistem elektrik ini memiliki inti yaitu mikrokontroller untuk mengatur seluruh pergerakan mekanis solar tracker. Berikut alur kerja dari sistem elektrik dual axis solar tracker :



Gambar 3.3 Alur Kerja Dual Axis Solar Tracker



**Gambar 3.4 Rangkaian Elektrik Keseluruhan Dual Axis Solar Tracker**

### 3.3 Realisasi Alat dan Sistem

Perangkat keras yang dirancang dan direalisasikan untuk membangun dual axis solar tracker terdiri dari Mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai pengendali utama, Sensor LDR, Step Down 12V to 5V, Motor Stepper, Driver Motor Stepper, Baterai 12V, Panel Surya Tipe Monocrystalline 20 Wp.

#### 3.3.1 Rangkaian Komponen Alat dan Sistem

Setelah dilakukan perencanaan dan perakitan. Berikut adalah hasil prototype rancang bangun solar tracker dual-axis menggunakan mikrokontroler arduino mega 2560.



**Gambar 3.5 Sistem Mekanik Dual Axis Solar Tracker**

Gambar 3.7 merupakan realisasi dari perencanaan serta perakitan dual axis solar tracker pada sistem mekanik. Sistem mekanik dalam dual axis solar tracker berfungsi untuk menopang panel surya serta sebagai konstruksi penggerak solar

tracker baik pergerakan horizontal maupun vertikal.



**Gambar 3.6 Rangkaian Elektrik Dual Axis Solar Tracker**

Kemudian untuk realisasi sistem elektrik terdapat pada gambar 3.9. Komponen-komponen yang digunakan dirangkai dalam box panel sehingga rangkaian dapat terlihat lebih rapih, selain itu dapat mempermudah dalam menemukan solusi saat terjadi masalah pada sistem elektrik.



**Gambar 3.7 Rangkaian Keseluruhan Dual Axis Solar Tracker**

Setelah sistem mekanik dan sistem elektrik telah berhasil direalisasikan, maka kedua sistem tersebut dapat dikoneksikan. Kemudian prototype tersebut akan dilakukan ujicoba, jika ujicoba pergerakan dual axis solar tracker telah berhasil, maka prototype sudah siap untuk dilakukan pengujian serta pengambilan data.

**4. ANALISA DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Pengujian Sensor LDR**

Dari hasil pengujian sensor pada Tabel 4.1, rentang nilai di atas ditentukan dari besarnya jarak antara sensor LDR dengan sumber cahaya. Dapat dilihat bahwa semakin dekat sensor LDR dengan sumber cahaya maka nilai tegangan keluar yang dihasilkan akan semakin besar. Dan semakin jauh jarak antara sensor LDR dengan sumber cahaya maka nilai tegangan keluar yang dihasilkan semakin kecil.

**Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor LDR**

Jarak Penerangan (cm)	Rata-rata		Rata-rata	
	Atas (Vout)	Bawah (Vout)	Kanan (Vout)	Kiri (Vout)
Tanpa Lampu	0	0	0	0
10	4,77	4,71	4,82	4,68
20	4,23	4,20	4,34	4,24
30	3,84	3,76	3,90	3,86
40	3,56	3,52	3,61	3,49
50	3,23	3,08	3,34	3,16
60	3,04	2,93	3,03	2,85
70	2,83	2,65	2,84	2,60
80	2,57	2,40	2,62	2,39
90	2,39	2,17	2,35	2,13
100	2,15	1,95	2,14	1,90

**4.2 Pengujian Motor Stepper**

Pengujian dilakukan dengan cara merangkai motor stepper dengan driver motor stepper dan dikendalikan oleh

mikrokontroler arduino mega 2560. Kemudian putaran motor stepper diatur dengan microstep driver sebesar 800 pulse untuk 1 putaran atau 360 derajat. Dari hasil pengujian motor stepper yang terlihat pada tabel 4.2, motor stepper dapat bergerak sesuai dengan instruksi yang diberikan. Sehingga dapat dikatakan bahwa motor stepper yang digunakan pada penelitian ini dalam kondisi yang baik.

```

1 #include <Arduino.h>
2 #include <AccelStepper.h>
3
4 #define dirpin 2 // Pin pada Arduino
5 #define steppin 3 // Pin pada Arduino
6
7 AccelStepper stepper1 = AccelStepper(1, steppin, dirpin);
8
9
10 void setup() {
11
12   stepper1.setMaxSpeed(1000); // Kecepatan Stepper
13   stepper1.setAcceleration(1000); // Akselerasi Stepper
14 }
15
16
17 void loop() {
18
19   stepper1.moveTo(800); // Pulse yang diberikan untuk pengujian Stepper
20   stepper1.runToPosition(); // Eksekusi perintah gerak Stepper
21
22 }
    
```

**Gambar 4.1 Program Pengujian Motor Stepper**  
**Tabel 4.2 Hasil Pengujian Motor Stepper**

Pengujian	Pulse	Putaran
1	0	0
2	200	90° (Kanan)
3	400	180° (Kanan)
4	600	270° (Kanan)
5	800	360° (Kanan)
6	-800	360° (Kiri)
7	-600	270° (Kiri)
8	-400	180° (Kiri)
9	-200	90° (Kiri)

**4.3 Pengujian Solar Panel Statis dan Solar Panel dengan Tracking System**

Pengujian ini dilakukan sebanyak lima kali dimaksudkan untuk mengetahui

perbandingan hasil solar tracker statis dan dinamis. Dengan mengukur tegangan dan arus yang dihasilkan, maka penulis akan mengetahui manakah panel surya yang lebih efektif.

### Pengujian Pertama

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Pertama

Waktu	Statis			Tracker		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
10.00	15,6	0,70	10,92	15,9	0,72	11,45
10.30	15,8	0,75	11,85	16,1	0,84	13,52
11.00	16,3	0,81	13,2	16,2	0,85	13,77
11.30	16,7	0,85	14,2	16,8	0,93	15,62
12.00	17,0	0,91	15,47	17,0	1,15	19,55
12.30	16,9	0,92	15,55	16,9	0,98	16,56
13.00	16,4	0,99	16,24	16,9	0,94	15,89
13.30	15,8	0,88	13,9	16,4	0,88	14,43
14.00	15,1	0,70	10,57	15,7	0,75	11,78
14.30	14,5	0,68	9,86	14,7	0,69	10,14
15.00	14,3	0,64	9,15	14,3	0,70	10,01
Total Daya			140,91	Total Daya		152,72
Data Rata-rata			12,81	Data Rata-rata		13,88

Dengan selisih daya dari hasil pengujian tersebut, peningkatan daya yang dapat dihitung seperti berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Peningkatan Daya} &= \frac{\text{Daya Solar Tracker} - \text{Daya Solar Statis}}{\text{Daya Solar Statis}} \times 100\% \\
 \text{Peningkatan Daya} &= \frac{13,88 - 12,81}{12,81} \times 100\% \\
 \text{Peningkatan Daya} &= \frac{1,07}{12,81} \times 100\% \\
 \text{Peningkatan Daya} &= 8,35\%
 \end{aligned}$$

### Pengujian Kedua

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Kedua

Waktu	Statis			Tracker		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
10.00	14,5	0,61	8,85	15,2	0,71	10,79
10.30	14,9	0,64	9,54	15,5	0,76	11,78
11.00	14,6	0,69	10,07	15,5	0,77	11,94
11.30	15,1	0,75	11,33	16,3	0,87	14,18
12.00	16,2	0,8	13	16,5	0,89	14,69
12.30	16,3	0,84	13,69	16,1	0,82	13,2
13.00	15,9	0,82	13,04	16,4	0,83	13,61
13.30	15,9	0,70	11,13	16	0,8	12,8
14.00	15,8	0,78	12,32	15,8	0,77	12,17
14.30	15,2	0,73	11,1	15,5	0,78	12,09
15.00	14,2	0,68	9,66	14,8	0,71	10,51
Total Daya			123,73	Total Daya		137,76
Data Rata-rata			11,25	Data Rata-rata		12,52

Dengan selisih daya dari hasil pengujian tersebut, peningkatan daya yang dapat dihitung seperti berikut.

$$\begin{aligned}
 \text{Peningkatan Daya} &= \frac{\text{Daya Solar Tracker} - \text{Daya Solar Statis}}{\text{Daya Solar Statis}} \times 100\% \\
 \text{Peningkatan Daya} &= \frac{12,52 - 11,25}{11,25} \times 100\% \\
 \text{Peningkatan Daya} &= \frac{1,27}{11,25} \times 100\% \\
 \text{Peningkatan Daya} &= 11,2\%
 \end{aligned}$$

**Pengujian Ketiga**

Tabel 4.5 Hasil Pengujian Ketiga

Waktu	Statis			Tracker		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
10.00	14,7	0,7	10,3	15,5	0,79	12,25
10.30	14,9	0,71	10,58	15,8	0,78	12,32
11.00	15,7	0,78	12,25	16,4	0,84	13,78
11.30	16,5	0,84	13,86	16,9	0,91	15,38
12.00	17	0,97	16,49	17,4	0,99	17,23
12.30	16,7	0,89	14,86	16,9	0,9	15,2
13.00	16,4	0,88	14,43	16,8	0,89	14,95
13.30	16,2	0,81	13,12	16,5	0,85	14,03
14.00	15,5	0,78	12,09	15,5	0,82	12,71
14.30	15,1	0,75	11,33	15,6	0,76	11,86
15.00	14,7	0,7	10,3	15,1	0,72	10,87
Total Daya			139,61	Total Daya		150,58
Data Rata-rata			12,69	Data Rata-rata		13,69

Dengan selisih daya dari hasil pengujian tersebut, peningkatan daya yang dapat dihitung seperti berikut.

$$\text{Peningkatan Daya} = \frac{\text{Daya Solar Tracker} - \text{Daya Solar Statis}}{\text{Daya Solar Statis}} \times 100\%$$

$$\text{Peningkatan Daya} = \frac{13,69 - 12,69}{12,69} \times 100\%$$

$$\text{Peningkatan Daya} = \frac{1}{12,69} \times 100\%$$

$$\text{Peningkatan Daya} = 7,88\%$$

**Pengujian Keempat**

Tabel 4.6 Hasil Pengujian Keempat

Waktu	Statis			Tracker		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
10.00	14,7	0,69	10,14	15	0,77	11,55
10.30	14,9	0,7	10,4	15,1	0,79	11,93
11.00	15,1	0,75	11,33	15,3	0,81	12,39
11.30	15,2	0,76	11,55	15,8	0,82	12,96
12.00	15,8	0,81	12,8	16	0,91	14,56
12.30	15,7	0,89	13,97	16	0,85	13,6
13.00	15	0,79	11,85	15,7	0,78	12,25
13.30	14,7	0,7	10,3	15,1	0,74	11,17
14.00	14,1	0,68	9,59	14,4	0,68	9,79
14.30	13,2	0,57	7,52	13,5	0,61	8,24
15.00	12,9	0,5	6,5	13	0,55	7,15
Total Daya			115,95	Total Daya		125,59
Data Rata-rata			10,54	Data Rata-rata		11,42

Dengan selisih daya dari hasil pengujian tersebut, peningkatan daya yang dapat dihitung seperti berikut.

$$\text{Peningkatan Daya} = \frac{\text{Daya Solar Tracker} - \text{Daya Solar Statis}}{\text{Daya Solar Statis}} \times 100\%$$

$$\text{Peningkatan Daya} = \frac{11,42 - 10,54}{10,54} \times 100\%$$

$$\text{Peningkatan Daya} = \frac{0,88}{10,54} \times 100\%$$

$$\text{Peningkatan Daya} = 8,34\%$$

**Pengujian Kelima**

Tabel 4.7 Hasil Pengujian Kelima

Waktu	Statis			Tracker		
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
10.00	14,6	0,65	9,49	15,1	0,73	11,02
10.30	14,8	0,69	10,21	15,3	0,78	11,93
11.00	15	0,71	10,65	15,4	0,79	12,17
11.30	15	0,73	10,95	15,9	0,80	12,72
12.00	15,6	0,81	12,64	15,9	0,89	14,15
12.30	15,3	0,79	12,09	16,3	0,86	14,02
13.00	15	0,76	11,4	15,7	0,76	11,93
13.30	14,7	0,69	10,14	15,3	0,73	11,17
14.00	14,3	0,61	8,72	14,9	0,68	10,13
14.30	13,9	0,58	8,06	14,2	0,63	8,95
15.00	13,3	0,54	7,18	13,6	0,58	7,89
	Total Daya		111,53	Total Daya		126,08
	Data Rata-rata		10,14	Data Rata-rata		11,46

Dengan selisih daya dari hasil pengujian tersebut, peningkatan daya yang dapat dihitung seperti berikut.

$$\text{Peningkatan Daya} = \frac{\text{Daya Solar Tracker} - \text{Daya Solar Statis}}{\text{Daya Solar Statis}} \times 100\%$$

$$\text{Peningkatan Daya} = \frac{11,46 - 10,14}{10,14} \times 100\%$$

$$\text{Peningkatan Daya} = \frac{1,32}{10,14} \times 100\%$$

$$\text{Peningkatan Daya} = 13\%$$

**5. KESIMPULAN**

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan pada pembuatan solar tracker ini, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam rancang bangun ini, seluruh komponen beserta program berfungsi dengan baik dan sesuai dengan yang direncanakan.
2. Total daya yang dihasilkan panel surya berkapasitas 20 Wp selama lima kali pengujian yaitu pada solar tracker mencapai 692,73 Watt sedangkan

pada panel surya statis mencapai 631,73 Watt dengan selisih daya yang dihasilkan sebesar 61 Watt.

3. Nilai rata-rata daya yang dihasilkan selama lima kali pengujian yaitu solar tracker menghasilkan daya sebesar 12,59 Watt, sedangkan panel surya statis menghasilkan daya sebesar 11,48 Watt dengan selisih daya yang dihasilkan sebesar 1,11 Watt.
4. Berdasarkan hasil perhitungan, jumlah peningkatan daya dari nilai rata-rata daya panel surya statis dan solar tracker adalah 9,66%.
5. Solar tracker menghasilkan nilai daya yang selalu lebih tinggi dibandingkan dengan panel surya statis karena selalu mengikuti arah datang cahaya matahari sehingga lebih optimal dan efisien.

**Saran**

Dalam penelitian ini, penulis menyadari bahwa dalam masih banyak kekurangan yang harus diperbaiki dan jauh dari kata sempurna, untuk itu perlu adanya saran yang menunjang penelitian ini agar lebih baik. Berikut adalah saran yang diberikan:

1. Pada pembuatan rancang bangun dual axis solar tracker, penulis menggunakan panel surya berkapasitas 20 Wp, dimana panel surya ini termasuk penghasil energi tingkat rendah, sehingga untuk mencukupi kebutuhan listrik dengan skala besar diperlukan penelitian dengan solar tracker dengan penggunaan kapasitas panel surya yang lebih besar.
2. Komponen-komponen yang terdapat pada rancang bangun dual axis solar tracker ini hanya dapat digunakan saat kondisi cuaca cerah, dikarenakan Indonesia mempunyai dua musim, maka perlu dibuatkan desain solar

tracker yang mampu berada di dua kondisi yaitu cuaca cerah dan hujan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kementerian ESDM.2012. *Matahari Untuk PLTS di Indonesia*. Diakses pada 04 April 2022, dari <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/matahari-untuk-plts-di-indonesia>
- [2] Albahar, Abdul Kodir;Paiso, Lobes Syam.2020.*Analisa Perubahan Pada Cuaca Terhadap Tegangan Input Panel Surya 100 WP*.Diakses pada 19 Mei 2022, dari <https://journal.teknikunkris.ac.id/index.php/elektro/article/view/104/95>
- [3] Superadmin.2021. *Apa dan Bagaimana Sistem Kerja Panel Surya?*. Diakses pada 03 April 2022, dari [https://elektro.umy.ac.id/apa-dan-bagaimana-sistem-kerja-panel-surya/..](https://elektro.umy.ac.id/apa-dan-bagaimana-sistem-kerja-panel-surya/)
- [4] Wiharja, Ujang;Rifaldi, Ahmad.2021.*Perancang PLTS Untuk Penerangan Listrik Kapal Perintis 750 DWT Dok Kodja Bahari*.Diakses pada 19 Mei 2022, dari <https://journal.teknikunkris.ac.id/index.php/elektro/article/view/401/337>
- [5] Tanaya, Nityasa Manuswara Hakam Yonni.2016. *Rancang Bangun Solar Tracker Dual Axis Guna Optimalisasi Panel Surya Untuk Penerangan Kapal*. Diakses pada 03 April 2022, dari [https://repository.its.ac.id/72643/1/4212100008-Undergraduate\\_Thesis.pdf](https://repository.its.ac.id/72643/1/4212100008-Undergraduate_Thesis.pdf)
- [6] Alfarisi, Muhammad Fajri.201.*Analisa Kebutuhan Daya Pada Robot Line Follower Dengan Sel Surya (Bab 2 Tinjauan Pustaka)*.Diakses pada 04 April 2022, dari <http://eprints.polsri.ac.id/4612/3/FILE%20III.pdf>
- [7] Albahar, Abdul Kodir;Haqi, Muhammad Faizal.2020.*Pengaruh Sudut Kemiringan Panel Surya (PV) Terhadap Keluaran Daya*.Diakses pada 19 Mei 2022, dari <https://journal.teknikunkris.ac.id/index.php/elektro/article/view/113/102>
- [8] Aprilyo, Jemmi.2018.*Pembangunan Sistem Pemantauan Dan Pelacakan Cahaya Matahari Pada Panel Surya Berbasis Iot (Bab 2 Tinjauan Pustaka)*.Diakses pada 03 April 2022, dari [https://elibrary.unikom.ac.id/id/eprint/492/8/UNIKOM\\_JEMMI%20APRILYO\\_BAB%202.pdf](https://elibrary.unikom.ac.id/id/eprint/492/8/UNIKOM_JEMMI%20APRILYO_BAB%202.pdf)
- [9] Purbaya, Robi.2017.*Aplikasi Motor Stepper Pada Alat Pencetak Bangun Ruang Tiga Dimensi Untuk Peleburan Filament Pada Motor Extruder (Bab II Tinjauan Pustaka)*.Diakses pada 03 April 2022, dari <http://eprints.polsri.ac.id/4615/3/FILE%20III.pdf>
- [10] Supatmi, Sri.2011.*Pengaruh Sensor LDR Terhadap Lampu*.Diakses pada 03 April 2022, dari <https://repository.unikom.ac.id/30516/1/volume-82-artikel-5.pdf>
- [11] Syahrul.2011.*MotorStepper:Teknologi,Metoda, Dan Rangkaian Kontrol*.Diakses pada 03 April 2022, dari[https://jurnal.unikom.ac.id/\\_s/data/jurnal/v06-n02/vol-6-artikel-7.pdf/pdf/vol-6-artikel-7.pdf](https://jurnal.unikom.ac.id/_s/data/jurnal/v06-n02/vol-6-artikel-7.pdf/pdf/vol-6-artikel-7.pdf)
- [12] Priyono, Triongko;Idris,Novrian.2020. *Perancangan Instalasi Pada Sistem Automatic Phototherapy Berbasis Arduino*.Diakses pada 19 Mei

- 
- 2022, dari <https://journal.teknikunkris.ac.id/index.php/elektro/article/view/111/101>
- [13] Pengelola. 2021. *Motor Stepper (How It Work)*. Diakses pada 03 April 2022, dari <https://www.smkn2kendal.sch.id/motor-stepper-how-it-work/>
- [14] Prabowo, Errik. 2019. *Rancang Bangun Solar Station System Untuk Tanggap Darurat Bencana*. Diakses pada 03 April 2022, dari <https://dspace.uui.ac.id/bitstream/handle/123456789/15083/05.2%20bab%202.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- [15] Drajat, M. Shandika. 2019. *Sistem Kontrol Kabel Suspeni Untuk Pergerakan Objek Pada Ruang 3 Dimensi*. Diakses pada 18 Juni 2022, dari [https://elibrary.unikom.ac.id/id/eprint/1178/8/\[11\]%20UNIKOM\\_M%20SHANDIKA%20DRAJAT\\_BAB%20II.pdf](https://elibrary.unikom.ac.id/id/eprint/1178/8/[11]%20UNIKOM_M%20SHANDIKA%20DRAJAT_BAB%20II.pdf)
- [16] Najmilhana, Sukroeni. 2021. *Identifikasi Karakter Kopi Arabika Berdasarkan Tingkat Roasting Menggunakan Array Sensor Gas Dengan Metode Fuzzy Mamdani*. Diakses pada 18 Juni 2022, dari <http://eprints.uny.ac.id/60201/1/Laporan%20PA.pdf>