

# Rancang Bangun Alat Penjejak Sinar Matahari dan Monitoring Output Panel Surya Berbasis Mikrokontroler

Muh Ashrul Alfiqam<sup>1)</sup>, Ahmad Rosyid Idris<sup>2)</sup>, Sarma Thaha<sup>3)</sup>

<sup>1</sup> Jurusan Teknik Elektro/Politeknik Negeri Ujung Pandang  
[ashrulalfiqam11jr@gmail.com](mailto:ashrulalfiqam11jr@gmail.com)

<sup>2</sup> Jurusan Teknik Elektro/Politeknik Negeri Ujung Pandang  
[ahmadrosyid@poliupg.ac.id](mailto:ahmadrosyid@poliupg.ac.id)

<sup>3</sup> Jurusan Teknik Elektro/Politeknik Negeri Ujung Pandang  
[sarmathaha@poliupg.ac.id](mailto:sarmathaha@poliupg.ac.id)

## Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan salah satu inovasi penerapan teknologi energi baru terbarukan yang ramah lingkungan dan memiliki potensi ketersediaan energi yang tidak terbatas. Pemasangan panel surya yang saat ini kebanyakan dalam keadaan statis atau diam sehingga kurang optimal dalam proses penyerapan sinar matahari. Untuk penyerapan sinar matahari yang optimal diperlukan adanya sistem yang dapat menggerakkan panel surya selalu tegak lurus dengan arah pantulan sinar matahari. Alat ini bergerak secara *vertikal* dan *horizontal* dengan dua buah motor DC dan sensor *Light Dependent Resistor (LDR)* berbasis mikrokontroler. Alat ini juga dapat dikontrol dan dimonitor pada aplikasi *visual* Delphi 7. Untuk pengujian alat, dilakukan pengujian panel surya 50Wp pada keadaan tanpa beban dan berbeban dengan dua kondisi yaitu *outdoor* dan *indoor*. Pengujian *outdoor* tanpa penggerak diperoleh total energi sebesar 85.76 Wh sedangkan bergerak sebesar 125.99 Wh selama 6 jam mulai pukul 9:00 s/d 15:00 dengan 19 kali data pengujian setiap 20 menit. Pengujian *indoor* menggunakan lampu dilengkapi dengan stand sudut. Hasil pengujian pada keadaan alat diam diperoleh Tegangan Hubung Buka (Voc) sebesar 4.02 V dan Arus Hubung Singkat (Isc) sebesar 6.88 mA sedangkan pada keadaan alat bergerak Tegangan Voc sebesar 4.28 V dan Arus Isc sebesar 7.96 mA.

**Keywords:** Alat Penjejak, Monitoring, Mikrokontroler, Solar Cell, Energi Terbarukan.

## I. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi semakin menjadi kebutuhan pokok setiap manusia. Kebutuhan energi yang ada saat ini, sebagian besar terpenuhi oleh energi bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batubara dan gas alam. Untuk itu diperlukan energi alternatif yaitu pemanfaatan teknologi sel surya. Sel surya adalah perangkat yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan mengikuti prinsip *photovoltaic*.

Pemasangan panel surya yang saat ini kebanyakan terpasang dalam keadaan statis atau diam sehingga kurang optimal dalam proses penyerapan sinar matahari. Energi matahari mempunyai banyak keuntungan dibandingkan dengan energi lain. Untuk mendapatkan energi listrik yang optimal, pemasangan sistem panel surya tersebut masih harus dilengkapi pula dengan suatu sistem kontrol otomatis yang berfungsi untuk mengatur arah permukaan dari panel surya agar selalu menghadap matahari sehingga energi dari sinar matahari dapat sepenuhnya jatuh ke permukaan solar sel. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya yang berjudul "Rancang Bangun Dual Axis Solar Tracker Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno" (Gusti Bagus Ardina:2019) penelitian terfokus pada perancangan dan perbandingan output panel surya menggunakan *tracker* dan tanpa *tracker*, sehingga dapat dikembangkan dengan merancang alat *tracker* menggunakan aplikasi monitoring output

panel surya disertai grafik dengan software Borland Delphi 7.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat sistem penggerak otomatis panel surya mengikuti arah cahaya dan dapat memonitoring *output* panel surya dengan aplikasi Delphi serta membandingkan *ouput* panel surya diam dan bergerak.

## II. KAJIAN LITERATUR

### A. Modul Surya [Times New Roman,10, italic]

Sel Surya adalah suatu komponen yang dapat digunakan untuk mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip yang disebut efek *photovoltaic*. Serangkaian sel surya yang dirangkai seri atau paralel dalam suatu wadah atau modul di sebut modul surya (*photovoltaic module*). PLTS memanfaatkan cahaya matahari untuk menghasilkan listrik *direct current (DC)* yang dapat diubah menjadi listrik *alternating current (AC)* apabila diperlukan. Oleh karena itu meskipun cuaca mendung, selama masih terdapat cahaya, maka PLTS tetap dapat menghasilkan listrik[1]. Gambar 1 merupakan gambar modul surya.



Gambar 1. Modul Surya

### B. Motor DC Geared Box

Motor listrik DC dapat dikembangkan dengan menambahkan *gearbox* yang mampu menghasilkan torsi yang lebih besar dengan kecepatan putaran yang lebih lambat atau low RPM. Gambar 2 merupakan Motor DC dengan *Gearbox*.



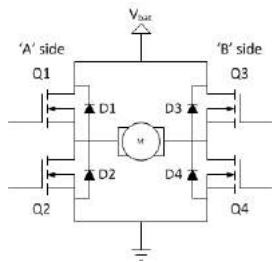
Gambar 2. Motor DC dengan *Gearbox*

### C. Motor Driver L298N

Motor Driver L298N Merupakan sebuah motor driver berbasis IC L298 dual H-bridge. Motor driver ini berfungsi untuk mengatur arah ataupun kecepatan motor DC.



a. Modul Driver L298N



b. Rangkaian *Schematic* L298N  
Gambar 3. Driver Motor L298N

Prinsip kerja motor driver ini sesuai dengan bentuk rangkaian transistornya yang berupa *H-bridge*. Motor driver ini bekerja untuk menggerakkan maksimal 2 motor DC terpisah menggunakan masukan *logic-level* dari Arduino atau jenis kit mikrokontroler yang lain. Gambar 3.a dan 3.b merupakan driver motor L298N dan *H-Bridge* Transistor.

### D. Relay

Relay merupakan jenis golongan saklar yang dimana beroperasi berdasarkan prinsip elektromagnetik yang dimanfaatkan untuk menggerakkan kontaktor guna menyabungkan rangkaian secara tidak langsung. Gambar 4 merupakan relay.

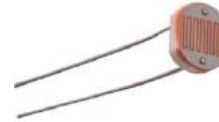


Gambar 4 Gambar Relay

Pada saat relay kondisi Normally Open (NO) maka saklar atau switch contact akan menghantarkan arus listrik. Tetapi apabila ditemukan kondisi dimana armature kembali ke posisi semula (NC), pada saat itu juga menandakan bahwa modul tidak teraliri arus listrik.

### E. Light Dependent Resistor (LDR)

Sensor Cahaya LDR (*Light Dependent Resistor*) adalah salah satu jenis resistor yang dapat mengalami perubahan resistansinya apabila mengalami perubahan penerimaan cahaya. Besarnya nilai hambatan pada sensor cahaya LDR tergantung pada besar kecilnya cahaya yang diterima oleh LDR itu sendiri[2]. Gambar 5 merupakan *Light Dependent Resistor* (LDR).



Gambar 5. *Light Dependent Resistor* (LDR)

### F. Arduino Uno

Arduino Uno R3 adalah papan pengembangan mikrokontroler yang berbasis chip ATmega328. Arduino Uno memiliki 14 digital pin input/output (atau biasa ditulis I/O. 14 pin diantaranya dapat digunakan sebagai output PWM antara lain pin 0 sampai 13), 6 pin input analog, menggunakan crystal 16 MHz antara lain pin A0 sampai A5, koneksi USB, jack listrik, header ICSP dan tombol reset. Untuk membuat program Arduino dan upload program ke dalam board Arduino membutuhkan software Arduino IDE (Integrated Development Enviroment)[3]. Gambar 6 merupakan Modul Arduino UNO R3.



Gambar 6. Modul Arduino UNO R3

### G. Sensor Arus ACS712 dan Sensor Tegangan

Sensor arus ACS712 adalah sensor arus yang bekerja dengan memanfaatkan peristiwa *hall effect* yang bekerja menggunakan prinsip gaya Lorenz. Sensor akan mendeteksi besar arus yang mengalir lewat blok terminal. Sensor ini mengukur arus positif dan negatif dengan kisaran -30A sampai 30A. Gambar 7 merupakan Modul ACS712.



Gambar 7. Sensor Arus ACS712

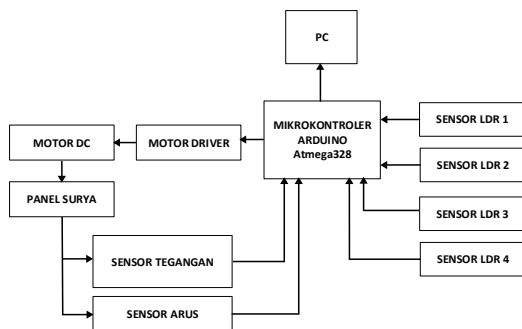
Sensor tegangan ini bekerja membuat perbandingan antara tegangan asli dengan tegangan yang terbaca oleh mikrokontroler. Tegangan input yang terlalu besar tidak dapat langsung masuk ke mikrokontroler karena mikrokontroler memiliki kapasitas maksimum. Gambar 8 merupakan Sensor Tegangan.



Gambar 8. Sensor Tegangan

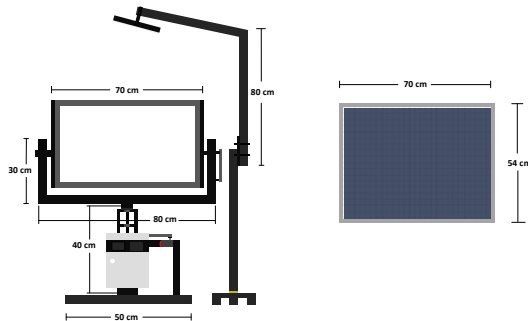
### III. METODE PENELITIAN

Prosedur perancangan merupakan tahapan untuk merancang rangkaian yang dibutuhkan dalam pembuatan sistem penggerak Panel Surya Otomatis yang mengikuti arah pantulan cahaya. Sel surya akan menghasilkan daya maksimal ketika posisinya saling tegak lurus dengan cahaya matahari [4]. Untuk memudahkan proses perancangan alat ini, dibuat suatu blok diagram secara umum sebagai petunjuk prinsip kerja alat. Gambar 9 merupakan blok diagram sistem alat.



Gambar 9. Blok Diagram Sistem

Sebelum membuat alat penjejak cahaya otomatis dilakukan proses desain konstruksi alat untuk menentukan dimensi alat yang akan dibuat. Gambar 10 merupakan desain alat penjejak cahaya otomatis.



Gambar 10. Model Design Alat Penjejak Cahaya Otomatis.

#### A. Prosedur Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Prosedur perancangan Hardware merupakan tahapan untuk merancang alat secara fisik baik itu kontrol maupun yang dikontrol. Sehingga, dalam pembuatan Sistem Penggerak Panel Surya Otomatis diperlukan persiapan alat dan bahan serta design perancangan alat.

Perancangan dan pembuatan alat, langkah awal adalah perakitan hardware dengan membuat konstruksi alat sesuai gambar perencanaan, kemudian memasang motor DC dengan motor driver sebagai penggerak poros putaran horizontal 180° clockwise dan 180° counterclockwise sedangkan vertical 60° clockwise dan 60° counterclockwise. Setelah itu, memasang Sensor LDR dengan sekat saling terpisah yang dapat terkena pancaran sinar secara terbuka sebagai saklar otomatis yang menggerakkan arah putaran motor DC. Gambar 14 merupakan rangkaian sistem alat penjejak cahaya otomatis pada panel surya.

#### B. Pengujian Panel Surya Luar Ruangan (Outdoor)

Prosedur perancangan Software merupakan tahapan untuk pembuatan program dan interface sebagai sistem komunikasi antara Mikrokontroler dan aplikasi visual Delphi. Pada tahapan ini perancangan Software dilakukan dengan membuat program untuk perintah mikrokontroler dengan Software Arduino IDE dan program untuk PC Monitoring menggunakan Delphi.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Alat penjejak Cahaya Matahari pada Panel Surya

Alat yang telah dibuat pada penelitian ini adalah sebuah alat yang dapat digunakan untuk memaksimalkan energy cahaya matahari pada panel surya yang sering kita jumpai dalam keadaan diam. Alat ini dapat bergerak dari dua axis yaitu vertical dan horizontal dengan penggerak berupa motor DC yang dikendalikan dengan motor driver L298N dan mikrokontroler Arduino Uno R3. Pada Sisi Vertical Motor Dc dapat bergerak sebesar 60° clockwise dan counter clockwise, sedangkan pada sisi horizontal motor DC bergerak sebesar 180° clockwise dan counter clockwise. Gambar 11 merupakan alat penjejak cahaya matahari pada panel surya yang telah dibuat.

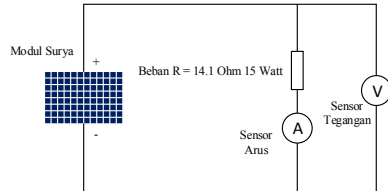


Gambar 11 Alat Penjejak Cahaya Matahari Pada Panel Surya

#### B. Pengujian Panel Surya Luar Ruangan (Outdoor)

Pengujian ini dilakukan selama tiga hari dengan alat ukur sensor arus dan tegangan mulai dari pukul 09:00

sampai dengan pukul 15:00. Pengujian ini dilakukan selama tiga hari karena keterbatasan jumlah panel surya sehingga hasil dari tiga hari sampel uji dirata-ratakan untuk mendapatkan hasil yang dapat dibandingkan antara panel surya diam dan bergerak. Pengujian Berbeban ini dilakukan untuk mengetahui tegangan berbeban ( $V_{mp}$ ) dan arus berbeban ( $I_{mp}$ ) untuk mendapatkan daya output panel surya dengan beban resistor sebesar 14.1 Ohm 15 Watt. Gambar 12 merupakan rangkaian pengujian panel surya berbeban.



Gambar 12 Rangkaian pengujian panel surya berbeban

### I.B. Pengujian Panel Surya Berbeban Keadaan Diam

Pengujian ini dilakukan dengan posisi sudut kemiringan panel surya sebesar  $15^\circ$  menghadap ke arah utara tanpa menggunakan penggerak panel surya. Berikut tabel 1 rata-rata pengujian panel surya berbeban keadaan diam.

Tabel 1. Rata-Rata Pengujian Panel Surya Berbeban Keadaan Diam

No.	Waktu (Jam)	Kemiringan Panel Surya	$V_{mp}$ (V)	$I_{mp}$ (A)	P (Watt)
1	9:00	$15^\circ$	10.67	0.76	8.11
2	9:20	$15^\circ$	6.833	0.84	5.74
3	9:40	$15^\circ$	13.2	0.93	12.28
4	10:00	$15^\circ$	11.94	0.84	10.03
5	10:20	$15^\circ$	13.3	0.93	12.37
6	10:40	$15^\circ$	12.83	0.91	11.68
7	11:00	$15^\circ$	13.33	0.95	12.66
8	11:20	$15^\circ$	13.77	0.97	13.36
9	11:40	$15^\circ$	16.1	1.14	18.35
10	12:00	$15^\circ$	14.77	1.03	15.21
11	12:20	$15^\circ$	12.1	0.84	10.16
12	12:40	$15^\circ$	14.1	1	14.1
13	13:00	$15^\circ$	16.33	1.15	18.78
14	13:20	$15^\circ$	16.4	1.15	18.86
15	13:40	$15^\circ$	15.97	1.13	18.05
16	14:00	$15^\circ$	15.07	1.06	15.97
17	14:20	$15^\circ$	14.13	1	14.13
18	14:40	$15^\circ$	13.27	1.01	13.4
19	15:00	$15^\circ$	13.1	1	13.1
<b>Rata - rata</b>			<b>13.54</b>	<b>0.98</b>	<b>13.49</b>
<b>Total Energi (Wh)</b>					<b>85.76</b>

Berdasarkan tabel 1 diperoleh  $V_{mp}$  sebesar 16.4 Volt dan  $I_{mp}$  sebesar 1.16 A pada pukul 13:20 WITA maka daya output maksimal panel surya diam dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$P_{max} = V_{oc} \times I_{sc} \times FF \quad (1)$$

$$= V_{oc} \times I_{sc} \times \frac{V_{mp} \times I_{mp}}{V_{oc} \times I_{sc}}$$

$$= V_{mp} \times I_{mp}$$

Keterangan:

$P_{max}$  = Maximum Power (Watt)

$V_{oc}$  = Open Circuit Voltage (Volt)

$I_{sc}$  = Short Circuit Current (Ampere)

FF = Fill Factor

Maka  $P_{max}$  dapat ditentukan dengan persamaan (1) sebagai berikut:

$$P_{max} = V_{mp} \times I_{mp}$$

$$= 16.4 \times 1.15$$

$$= 18.86 \text{ Watt}$$

Selanjutnya daya output rata-rata yang dihasilkan oleh modul surya tanpa penggerak per-jamnya dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut.

$$P_{av} = \frac{P_{tot} (Wh)}{t (h)} \quad (2)$$

$$= \frac{85.76 (Wh)}{6 (h)}$$

$$= 14.29 \text{ Wp}$$

Keterangan:

$P_{av}$  = Daya Output Rata-rata (Wp)

$P_{tot}$  = Total Energi (Wh)

t = Waktu Penyinaran (h)

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh daya output rata-rata yang oleh modul surya tanpa penggerak per-jamnya sebesar 14.29 Wp.

### II.B. Pengujian Panel Surya Berbeban Keadaan Bergerak

Pengujian tegangan berbeban ( $V_{mp}$ ) dan arus berbeban ( $I_{mp}$ ) dengan motor penggerak pada sisi vertical ( $X^\circ$ ) dan horizontal ( $Y^\circ$ ). Adapun pergerakan motor dari poros x dan y terhitung dari range  $0^\circ$  sampai dengan  $180^\circ$  pada poros x, sedangkan pada sumbu y terhitung dari  $0^\circ$  sampai dengan  $60^\circ$ . Pada tabel berikut terdapat posisi putaran motor yang menandakan pergerakan motor untuk membentuk kemiringan sudut menghadap cahaya matahari. Berikut tabel 2 merupakan rata-rata pengujian panel surya berbeban keadaan bergerak.

Tabel 2. Rata-Rata Pengujian Panel Surya Berbeban Keadaan Bergerak

No.	Waktu (Jam)	Posisi Putaran Motor ( $X^\circ ; Y^\circ$ )	$V_{mp}$ (V)	$I_{mp}$ (A)	P (Watt)
1	9:00	$55^\circ ; 60^\circ$	16.4	1.16	19.02
2	9:20	$60^\circ ; 60^\circ$	16.7	1.18	19.71
3	9:40	$65^\circ ; 60^\circ$	17	1.21	20.57
4	10:00	$70^\circ ; 60^\circ$	16.87	1.2	20.24
5	10:20	$75^\circ ; 60^\circ$	16.97	1.2	20.36
6	10:40	$80^\circ ; 60^\circ$	16.97	1.21	20.53
7	11:00	$85^\circ ; 45^\circ$	17.2	1.22	20.98
8	11:20	$90^\circ ; 45^\circ$	17.43	1.24	21.61
9	11:40	$90^\circ ; 45^\circ$	17.57	1.25	21.96
10	12:00	$90^\circ ; 45^\circ$	17.83	1.27	22.64
11	12:20	$95^\circ ; 45^\circ$	18.03	1.28	23.08



No.	Waktu (Jam)	Posisi Putaran Motor (X° ; Y°)	Vmp (V)	Imp (A)	P (Watt)
12	12:40	95° ; 45°	17.93	1.27	22.77
13	13:00	98° ; 45°	17.83	1.26	22.47
14	13:20	105° ; 45°	17.7	1.25	22.13
15	13:40	110° ; 45°	16.63	1.18	19.62
16	14:00	115° ; 60°	16.6	1.18	19.59
17	14:20	120° ; 60°	16.63	1.18	19.62
18	14:40	125° ; 60°	17.13	1.21	20.73
19	15:00	135° ; 60°	17	1.18	20.06
<b>Rata - rata</b>			<b>17.18</b>	<b>1.22</b>	<b>20.93</b>
<b>Total Energi (Wh)</b>					<b>125.99</b>

Berdasarkan tabel 2 diperoleh Vmp sebesar 18.03 Volt dan Imp sebesar 1.28 A pada pukul 13:20 WITA maka dapat ditentukan daya output maksimal panel surya bergerak dengan persamaan (1) sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 P_{max} &= V_{mp} \times I_{mp} \\
 &= 18.03 \times 1.28 \\
 &= 23.08 \text{ Watt}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya dapat ditentukan total energy rata-rata yang dihasilkan oleh modul surya menggunakan penggerak per-jamnya dengan persamaan 2 sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 P_{av} &= \frac{125.99 \text{ (Wh)}}{6 \text{ (h)}} \\
 &= 21 \text{ Wp}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan diatas diperoleh daya output rata-rata pada modul surya menggunakan penggerak per-jamnya sebesar 21 Wp.

### C. Perbandingan Panel Surya Keadaan Diam dan Bergerak (Outdoor)

Dengan didapatkannya data dari hasil pengujian, maka langkah selanjutnya dilakukan perbandingan output panel surya. Berikut Persamaan (3) merupakan persamaan untuk mencari presentase selisih perbandingan panel surya diam dan bergerak pada tegangan berbeban (Vmp).

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Vmp} &= \frac{V_{mpg} - V_{mpd}}{V_{mpg}} \times 100 \% \\
 &= \frac{17.18 - 13.54}{17.18} \times 100 \% \\
 &= 21.19 \%
 \end{aligned} \tag{3}$$

Keterangan :  
 % Vmp = Selisih Perbandingan Vmp (%)  
 Vmpg = Vmp Keadaan Panel Surya Bergerak  
 Vmpd = Vmp Keadaan Panel Surya Diam

Vmp tanpa menggunakan penggerak lebih kecil nilainya dibandingkan dengan Vmp menggunakan penggerak panel surya. Vmp dengan penggerak lebih stabil tegangannya dibandingkan dengan Vmp tanpa

penggerak. Grafik perbandingan Vmp antara panel surya dengan penggerak dan tanpa penggerak dapat dilihat pada gambar 13 berikut ini.



Gambar 13. Grafik Perbandingan Vmp Outdoor

Berikut Persamaan 4 merupakan persamaan untuk mencari presentase selisih perbandingan panel surya diam dan bergerak pada arus berbeban (Imp).

$$\begin{aligned}
 \% \text{ Imp} &= \frac{I_{mpg} - I_{mpd}}{I_{mpg}} \times 100 \% \\
 &= \frac{1.22 - 0.98}{1.22} \times 100 \% \\
 &= 19.67 \%
 \end{aligned} \tag{4}$$

Keterangan :  
 % Imp = Selisih Perbandingan Vmp (%)  
 Impg = Imp Keadaan Panel Surya Bergerak  
 Impd = Imp Keadaan Panel Surya Diam

Hasil perhitungan antara arus berbeban (Imp) tanpa penggerak panel surya dan Imp menggunakan penggerak panel surya terlihat bahwa arus rata-rata yang dihasilkan dari pengukuran keduanya memiliki selisih nilai sebesar 19.67%. Arus Imp yang diperoleh menggunakan penggerak panel surya lebih besar dibandingkan dengan tanpa penggerak panel surya. Imp sangat bergantung pada besar tegangan Vmp terhadap beban resistor keramik 14.1 ohm dikarenakan jika Vmp drop maka arus pada pembebanan Imp akan menurun. Imp dengan penggerak panel surya mencapai nilai di atas 1.22 A sedangkan tanpa penggerak panel surya hanya mencapai 0.98 Ampere. Grafik perbandingan Imp antara panel surya dengan penggerak dan tanpa penggerak dapat dilihat pada gambar 14 berikut ini.



Gambar 14. Grafik Perbandingan Imp Outdoor

Berdasarkan daya output yang dibangkitkan modul surya dengan spesifikasi (name plate) dan daya output dari hasil penelitian maka diperoleh efisiensi (η) daya output modul surya dengan persamaan berikut.

$$\eta = \frac{P_{av}(Wp)}{P_{nom}(Wp)} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan:

$\eta$  = Efisiensi (%)

$P_{av}$  = Daya Output Rata-rata ( $Wh$ )

$P_{nom}$  = Waktu Penyinaran ( $h$ )

Untuk menentukan efisiensi daya output modul surya tanpa penggerak dan modul surya menggunakan penggerak dapat diperoleh dengan persamaan (5) yaitu sebagai berikut.

Efisiensi Modul Surya Tanpa Penggerak

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{av}(Wp)}{P_{nom}(Wp)} \times 100\% \\ &= \frac{14.29 Wp}{50 Wp} \times 100\% \\ &= 28.58\% \end{aligned}$$

Efisiensi Modul Surya Menggunakan Penggerak

$$\begin{aligned} \eta &= \frac{P_{av}(Wp)}{P_{nom}(Wp)} \times 100\% \\ &= \frac{21 Wp}{50 Wp} \times 100\% \\ &= 42\% \end{aligned}$$

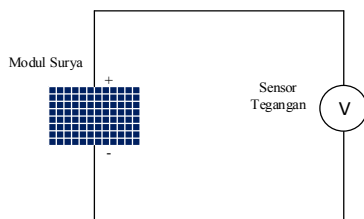
Perbandingan output modul surya diam dan bergerak memiliki perbedaan selisih sebesar 13.42%. Gambar 15 merupakan grafik perbandingan  $P_{out}$  antara panel surya dengan penggerak dan tanpa penggerak.



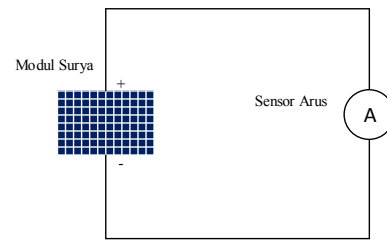
Gambar 15. Grafik Perbandingan  $P_{out}$  Outdoor

#### D. Pengujian Panel Surya Dalam Ruangan (Indoor)

Pengujian tanpa beban (*indoor*) ini merupakan pengujian yang dilakukan dalam ruangan menggunakan lampu sorot 100 Watt untuk mengetahui tegangan hubung buka ( $V_{oc}$ ) dan arus hubung singkat ( $I_{sc}$ ). Pengujian ini dilengkapi dengan stand lampu yang dapat diatur sudut lengannya dari  $30^\circ$  hingga  $150^\circ$ . Gambar 16.a dan 16.b merupakan rangkaian pengujian tanpa beban.



a. Rangkaian Pengujian  $V_{oc}$



b. Rangkaian Pengujian  $I_{sc}$

Gambar 16. Rangkaian pengujian Tanpa Beban

#### I.D. $V_{oc}$ (open circuit) dan $I_{sc}$ (short circuit) panel surya diam

Berikut tabel 3 merupakan data hasil pengujian  $V_{oc}$  pada panel surya *indoor* tanpa beban keadaan diam.

Tabel 3. Pengukuran Tegangan Hubung Buka ( $V_{oc}$ ) dalam ruangan diam

No.	Sudut Stand Lampu	Kemiringan Panel Surya	Intensitas Cahaya Lampu ( $W/m^2$ )	$V_{oc}$ (V)
1	$30^\circ$	$15^\circ$	4.49	3.8
2	$60^\circ$	$15^\circ$	6.7	4.2
3	$90^\circ$	$15^\circ$	8.37	4.4
4	$120^\circ$	$15^\circ$	6.14	4.1
5	$150^\circ$	$15^\circ$	2.8	3.6
<b>Rata-rata</b>			<b>5.7</b>	<b>4.02</b>

Berikut tabel 4 merupakan data hasil pengujian  $I_{sc}$  pada panel surya *indoor* tanpa beban keadaan diam.

Tabel 4. Pengukuran Arus Hubung Singkat ( $I_{sc}$ ) dalam ruangan diam

No.	Sudut Stand Lampu	Kemiringan Panel Surya	Intensitas Cahaya Lampu ( $W/m^2$ )	$I_{sc}$ (mA)
1	$30^\circ$	$15^\circ$	4.49	6
2	$60^\circ$	$15^\circ$	6.7	7.6
3	$90^\circ$	$15^\circ$	8.37	8.5
4	$120^\circ$	$15^\circ$	6.14	7.4
5	$150^\circ$	$15^\circ$	2.8	4.9
<b>Rata-rata</b>			<b>5.7</b>	<b>6.88</b>

#### II.D. $V_{oc}$ (open circuit) dan $I_{sc}$ (short circuit) panel surya Bergerak

Berikut tabel 5 merupakan data hasil pengujian  $V_{oc}$  pada panel surya *indoor* tanpa beban keadaan bergerak.

Tabel 5. Pengukuran Tegangan Hubung Buka ( $V_{oc}$ ) dalam ruangan bergerak

No.	Sudut Stand Lampu	Posisi Putaran Motor ( $X^\circ ; Y^\circ$ )	Intensitas Cahaya Lampu ( $W/m^2$ )	$V_{oc}$ (V)
1	$30^\circ$	$45^\circ ; 60^\circ$	7.31	4.2
2	$60^\circ$	$60^\circ ; 60^\circ$	7.26	4.3
3	$90^\circ$	$90^\circ ; 50^\circ$	7.38	4.4
4	$120^\circ$	$120^\circ ; 60^\circ$	6.71	4.2
5	$150^\circ$	$145^\circ ; 60^\circ$	7.35	4.3
<b>Rata-rata</b>			<b>7.20</b>	<b>4.28</b>

Berikut tabel 6 merupakan data hasil pengujian  $I_{sc}$  pada panel surya *indoor* tanpa beban keadaan diam.

Tabel 6. Pengukuran Tegangan Hubung Buka (Voc) dalam ruangan bergerak

No.	Sudut Stand Lampu	Posisi Putaran Motor (X° ; Y°)	Intensitas Cahaya Lampu (W/m <sup>2</sup> )	Isc (mA)
1	30°	45° ; 60°	7.31	7.8
2	60°	60° ; 60°	7.26	8.1
3	90°	90° ; 50°	7.38	8.4
4	120°	120° ; 60°	6.71	8.1
5	150°	145° ; 60°	7.35	7.4
<b>Rata-rata</b>			<b>7.20</b>	<b>7.96</b>

E. Perbandingan Panel Surya Keadaan Diam dan Bergerak (Indoor)

Untuk mencari presentase selisih perbandingan panel surya diam dan bergerak pada kondisi pengujian secara indoor adalah sebagai berikut.

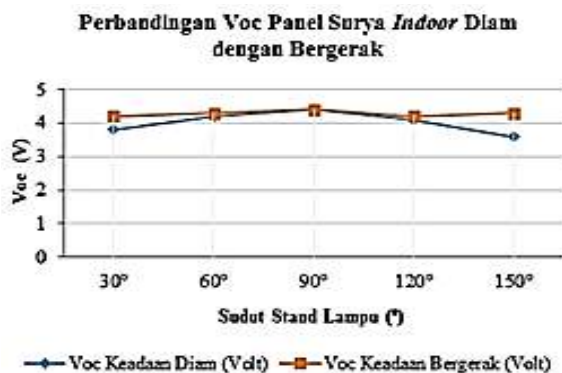
$$\begin{aligned} \% \text{ Voc} &= \frac{Vocg - Vocd}{Vocg} \times 100 \% \\ &= \frac{4.28 - 4.02}{4.28} \times 100 \% \\ &= 6.07 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Isc} &= \frac{Iscg - Iscd}{Iscg} \times 100 \% \\ &= \frac{7.96 - 6.88}{7.96} \times 100 \% \\ &= 13.56 \% \end{aligned}$$

Keterangan :

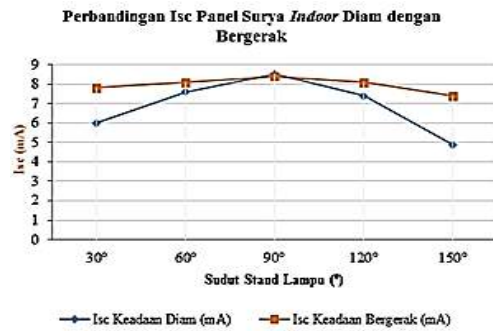
- %Voc = Selisih Perbandingan Vmp (%)
- %Isc = Selisih Perbandingan Isc (%)
- Vocg = Voc Keadaan Panel Surya Bergerak
- Vocd = Voc Keadaan Panel Surya Diam
- Iscg = Isc Keadaan Panel Surya Bergerak
- Isd = Isc Keadaan Panel Surya Diam

Grafik perbandingan Voc antara panel surya dengan penggerak dan tanpa penggerak dapat dilihat pada gambar 17 berikut ini.



Gambar 17. Grafik Perbandingan Voc Indoor

Grafik perbandingan Isc antara panel surya dengan penggerak dan tanpa penggerak dapat dilihat pada gambar 18 berikut ini.



Gambar 18. Grafik Perbandingan Isc Indoor

Tegangan Voc dan Arus Isc pada keadaan bergerak lebih stabil dibandingkan dengan Tegangan Voc dan Arus Isc dengan keadaan diam dikarenakan pada keadaan panel surya bergerak dapat mengikuti arah cahaya ke semua sudut stand lampu, sedangkan posisi diam hanya mampu menangkap arus tertinggi pada sudut 90° pada stand lampu.

V. KESIMPULAN

Selisih perolehan data rata-rata antara pengujian menggunakan alat penggerak dan tanpa penggerak secara outdoor diperoleh tegangan berbeban (Vmp) sebesar 21.19% dengan Vmp diam = 13.45 V dan Vmp bergerak = 17.18 V. Untuk arus berbeban (Imp) sebesar 19.67% dengan Imp diam = 0.98 A dan Imp bergerak = 1.22 A. Stabilitas tegangan menggunakan penggerak lebih stabil dibandingkan dengan tegangan tanpa penggerak. Untuk Pout panel surya keadaan diam sebesar 14.29 WP dengan efisiensi 28.58% dan Pout panel surya keadaan bergerak sebesar 21 WP dengan efisiensi 42%. Sehingga selisih perbandingan efisiensi Pout diam dan Pout bergerak sebesar 13.42%. Selisih perolehan data rata-rata antara pengujian menggunakan alat penggerak dan tanpa penggerak secara indoor diperoleh tegangan hubung buka (Voc) sebesar 6.07% dengan Voc diam = 4.02 V dan Voc bergerak = 4.28 V. Untuk arus hubung singkat (Isc) sebesar 13.56% dengan Isc diam = 6.88 mA dan Isc bergerak = 7.96 mA.

REFERENSI

- [1] Putra, P., Joewono, A., Sitepu, R., Agustine, L., & Andyardja, W. (2018). Alat Pemantau dan Pengendali Sistem Penyimpanan Energi pada Solar Panel. ISSN 1412-7350, 27-29
- [2] Ardina, G. B. (2019). Rancang Bangun Dual Axis Solar Tracker Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno.
- [3] Fitriandi, A., Komalasari, E., & Gusmedi, H. (2016). Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler dengan SMS Gateway. ELECTRICIAN.
- [4] Hardianto, H. E., & Rinaldi, R. S. (2012). Perancangan Prototype Penjejak Cahaya Matahari Pada Aplikasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Foristek.