

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Sistem

Dengan menerapkannya sistem monitoring *solar cell* berbasis *solar tracking* dan sistem proteksi pada penyimpanan energi listrik dengan menggunakan Arduino Uno. Penggunaan sistem monitoring pada solar cell akan lebih memudahkan pemantauan nilai yang dihasilkan oleh penggunanya. Pemakaian solar tracking dapat membantu pada penerimaan cahaya matahari lebih optimal yang selalu mengikuti arah sinar matahari, semakin besar intensitas cahaya matahari yang ditangkap oleh *solar cell*, maka semakin besar daya yang dihasilkan. Sistem proteksi pada penyimpanan energi listrik menggunakan modul M604 yang berfungsi sebagai pengatur memulai pengisian tegangan dan berhenti pengisian tegangan.

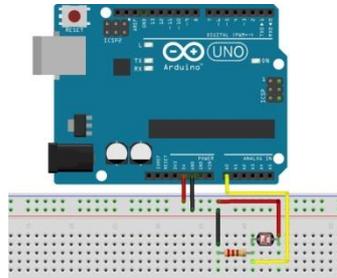
4.2 Rangkaian Sistem

Berikut merupakan rangkaian sistem monitoring *solar cell* berbasis *solar tracking* menggunakan Arduino Uno, Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*), Modul INA219, dan Motor Servo.

4.2.1 Rangkaian Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*)

Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) disini berperan sebagai mendeteksi posisi cahaya matahari. Dimana nantinya sensor akan membaca besaran intensitas cahaya matahari dan data tersebut akan digunakan memberikan intruksi pada motor servo supaya bergerak pada posisi sensor LDR yang

mendeteksi sinar matahari. Rangkaian sensor LDR ini menggunakan pin A0 dan pin 5v serta GND.



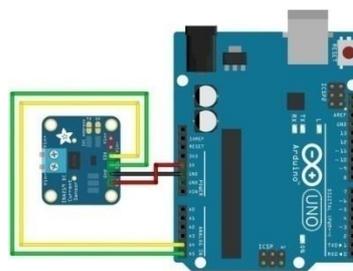
Gambar 4.1 Rangkaian Sensor LDR

Tabel 4.1 *Wiring* pin sensor LDR

Sensor LDR	Arduino Uno
A0	A0
GND	GND
Vcc	5 V

4.2.2 Rangkaian Modul INA219

Modul INA219 difungsikan sebagai sensor yang akan mengirimkan data ke Arduino Uno untuk menyimpan data dalam bentuk besaran arus dan tegangan dalam interval waktu yang telah ditentukan. Data tersebut akan ditampilkan pada PC yang telah terhubung dengan Arduino Uno dengan menggunakan aplikasi PLX DAQ. Rangkaian modul INA219 ini menggunakan pin A4 dan A5, Vcc dihubungkan ke 5V, serta GND dengan GND pada Arduino Uno.



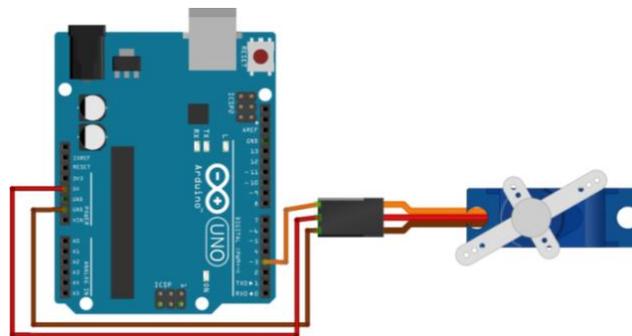
Gambar 4.2 Rangkain Modul INA219

Tabel 4.2 *Wiring* pin modul INA219

Modul INA219	Arduino Uno
Sda	A4
Scl	A5
GND	GND
Vcc	5 V

4.2.3 Rangkaian Motor Servo

Motor servo adalah perangkat listrik atau akuator putar yang menggunakan sistem *closed loop*, sehingga dapat di-*setup* atau diatur untuk menentukan posisi sudut dari poros *output* motor. Pada sistem ini motor servo difungsikan menggerakkan *solar cell* supaya sesuai arah sinar matahari yang lebih optimal. Rangkaian motor servo ini menggunakan pin digital pada motor servo dihubungkan ke pin 3, Vcc dihubungkan ke 5V serta GND dengan GND.



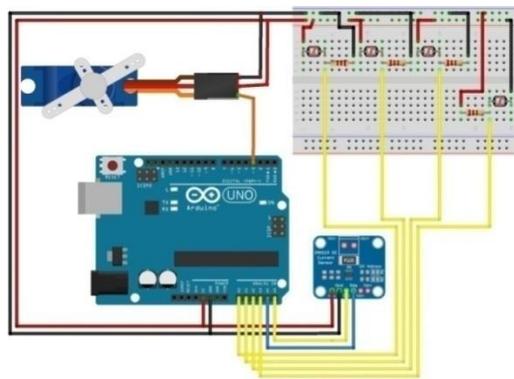
Gambar 4.3 Rangkaian Motor Servo

Tabel 4.3 *Wiring* Pin Motor Servo

Motor Servo	Arduino Uno
Pin digital	3
GND	GND
Vcc	5 V

4.2.4 Konfigurasi Pin Keseluruhan Sistem

Konfigurasi pin keseluruhan sistem adalah pengujian dari semua komponen yang terkonfigurasi dengan benar. Konfigurasi tersebut terdiri dari sensor LDR (*Light Dependent Resistor*), modul sensor INA219, sebagai *input* dan motor servo sebagai *output*. Setelah semua komponen terkonfigurasi ke dalam Arduino Uno maka akan dilanjutkan dengan penanaman kode program pada semua komponen tersebut untuk melakukan pengujian semua sistem

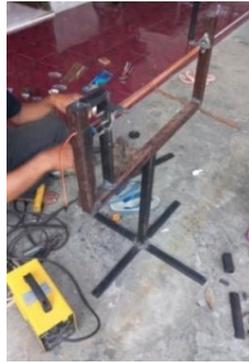


Gambar 4.4 Konfigurasi Pin Keseluruhan Sistem

4.3 Proses Pembuatan Alat

Dalam pembuatan sistem monitoring *solar cell* berbasis *solar tracking* dan sistem proteksi pada penyimpanan energi listrik ini penulis telah menuliskan beberapa tahapan dalam pembuatan alat dari awal pembuatan sampai alat jadi. Untuk tahapan tahapan yang dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Tahapan yang pertama yaitu melakukan pengukuran dan pemotongan serta pengelasan pada besi yang akan dibuat pada kerangka alat. Untuk tinggi dan lebar dari alat yang dibuat yaitu dapat menyesuaikan dari tempat untuk pengujian. Untuk tinggi dari kerangka yaitu 120 cm, dan lebar 80 cm.



Gambar 4.5 Tinggi, Lebar Untuk Penempatan *Solar Cell*

Pada gambar diatas setelah melakukan pengukuran dan pemotongan serta pengelasan pada besi maka dilanjutkan melakukan pemasangan seluruh komponen pada kerangka.

2. Tahapan yang kedua yaitu melakukan konfigurasi dari seluruh komponen dan melakukan pengecekan pada setiap komponen, apakah komponen dapat berfungsi dengan baik atau tidak.



Gambar 4.6 Pemasangan Keseluruhan Komponen

Pada gambar diatas peneliti telah melakukan konfigurasi dari seluruh komponen yang akan dipasang dan melakukan pengecekan pada setiap komponen untuk mengetahui apakah komponen dapat berfungsi dengan benar. Kemudian melakukan pengujian pada komponen yang terpasang. Tentunya dalam proses konfigurasi peneliti telah menjelaskan konfigurasi setiap pin pada halaman-halaman sebelumnya.

3. Tahapan yang terakhir melakukan pengujian pada semua komponen yang telah terpasang.



Gambar 4.7 Pengecekan Keseluruhan Komponen

4.4 Pengujian

Tahapan pengujian dilakukan untuk menentukan hasil dari pengujian terhadap penyusunan komponen *input* dan *output* yang akan digunakan Pada penelitian ini. Dan melakukan pengujian dari setiap komponen yang terpasang pada kerangka *solar cell* yang menggunakan sistem *tracking* dan sistem proteksi pada penyimpanan energi listrik.

4.4.1 Pengujian Sensor LDR (*Light Dependent Resistor*)

Pengujian Sensor LDR dilakukan untuk mengetahui kinerja dari sensor tersebut dalam menangkap intensitas cahaya matahari. Hasil data dari sensor akan digunakan Arduino Uno untuk menggerakkan motor servo sesuai dengan nilai terbesar yang ditangkap oleh sensor LDR, sensor yang akan digunakan dalam pengujian berjumlah 4 buah yang diletakkan pada sudut yang telah ditentukan yaitu 30, 65, 110 dan 145 derajat. Untuk hasil cahaya yang ditangkap oleh sensor dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.4 Hasil Nilai Pembacaan Sensor LDR

No	Sensor (1)	Sensor (2)	Sensor (3)	Sensor (4)	Sudut (°)
1.	786 Ω	0	0	0	30°
2.	0	852 Ω	0	0	65°
3.	0	0	876 Ω	0	110°
4.	0	0	0	542 Ω	145°

Dari tabel 4.5 diatas dapat dilihat nilai perbedaan antara nilai sensor LDR 1 sampai 4. Nilai LDR (*Light Dependent Resistor*) berupa nilai digital, dimana nilai terbesar akan menggerakkan *solar cell* sesuai sudut matahari.

4.4.2 Pengujian Modul INA219

Pengujian Modul INA219 ini dilakukan untuk mengetahui apakah modul tersebut dapat berfungsi dengan baik. Proses pengujian dilakukan dengan cara membandingkan dengan nilai yang dibaca oleh modul INA219 dibandingkan dengan perhitungan alat ukur multimeter untuk parameter yang diukur adalah tegangan (V), daya (P) dan Arus (I) pada solar cell. Hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.6 dibawah ini.

Tabel 4.5 Pengujian Modul INA219

No.	Multimeter Digital		Modul INA219		<i>Error</i>	
	<i>Volt</i>	<i>Ampere</i>	<i>Volt</i>	<i>Ampere</i>	<i>Volt</i>	<i>Ampere</i>
1.	20.00	0,3	19,88	0,3	0,6	0
2.	19,00	0,1	19,00	0,1	0	0
3.	20,02	0,4	19,88	0,3	0,7	0,3
4.	20,00	0,3	19,88	0,4	0,6	0,3
5.	19,60	0,4	18,88	0,3	0,4	0,3
Rata-Rata <i>Error</i> (%)					0,46	0,18

Dari tabel diatas dapat kita lihat hasil pengujian Modul INA219, antara perhitungan dengan multimeter dengan modul INA219 errornya terbaca 0,46% untuk tegangan dan untuk arus 0,18% karena disetiap modul elektronika memiliki tingkat *error* tersendiri sehingga perbedaan antara nilai perhitungan dengan modul.

4.4.3 Pengujian *Solar Cell* Menggunakan *Solar Tracking*

Pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah *solar cell* dapat bergerak mengikuti cahaya matahari. Untuk melakukan pengujian hal tersebut, *solar cell* yang menggunakan *solar tracking* diletakkan pada halaman depan rumah. Pengujian dilakukan dari pagi jam 07:00 hingga sore hari jam 16:00 WIB, waktu tersebut merupakan efisiensi kerja penyinaran matahari. Pada pagi hari pukul 07:00-08:30 WIB, posisi *solar cell* berada pada kemiringan sudut 30 derajat dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.8 Posisi *Solar Cell* pada Pagi Hari

Pada siang hari yang pertama yaitu pada pukul 09:00-11:00 WIB. Posisi *solar cell* berada pada sudut 65 derajat dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 4.9 Posisi *Solar Cell* pada Siang Hari

Dan pada siang hari yang kedua pukul 12:30-14:30 WIB. Posisi *solar cell* berada pada kemiringan sudut 110 derajat. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.11 ini.



Gambar 4.10 Posisi *Solar Cell* pada Siang Hari

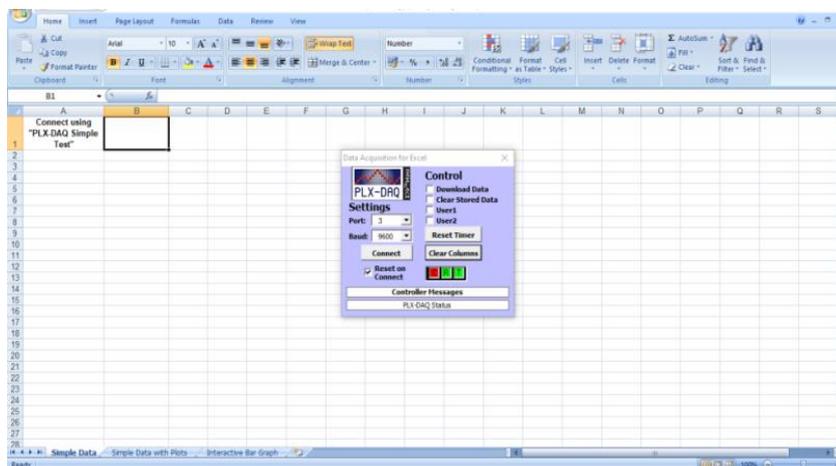
Pada sore hari pukul 15:00-16:00 WIB. Posisi *solar cell* berada pada kemiringan sudut 145 derajat. Lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.12 ini.



Gambar 4.11 Posisi *Solar Cell* pada Sore Hari

4.4.4 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian ini dilakukan analisa pada *output solar cell* yang memakai *solar tracking* menuju *charge controller* dengan sistem yang telah dibuat. Tampilan monitoring pada penelitian ini memonitoring tegangan dan arus serta daya. Untuk menuju ke tampilan monitoring maka *user* harus membuka aplikasi PLX DAQ terlebih dahulu. Setelah itu *port* Arduino Uno dihubungkan ke laptop lalu tekan tombol *connect* pada aplikasi PLX DAQ. Setelah berhasil masuk maka selanjutnya yaitu muncul tampilan monitoring tegangan, arus dan daya yang dimana ini merupakan tampilan utama.



The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1		busvoltage	current_	power_									
2	11:03:17	19,70	0,3	4									
3	11:03:24	19,59	0,2	16									
4	11:03:31	19,70	0,1	4									
5	11:03:38	19,71	0,6	14									
6	11:03:45	19,65	0,2	4									
7	11:03:52	19,52	0,2	6									
8	11:03:59	19,72	0,1	4									
9	11:04:06	19,74	0,4	6									
10	11:04:13	19,74	0,2	6									
11	11:04:20	19,74	0,1	6									
12	11:04:27	19,75	0,1	4									
13	11:04:34	19,77	0,5	10									
14	11:04:42	19,77	0,3	6									
15	11:04:49	19,76	0,2	4									
16	11:04:56	19,76	0,4	4									
17	11:05:03	19,75	0,1	4									
18	11:05:10	19,75	0,4	6									
19	11:05:17	19,76	0,3	14									
20	11:05:24	19,77	0,6	14									

Gambar 4.12 Tampilan Monitoring

4.4.5 Pengujian Pertama Perbandingan *Solar Cell* Memakai *Solar Tracking* dengan *Solar Cell* Tanpa *Solar Tracking*

Tabel 4.6 Hasil Skenario Pertama *Solar Cell* Memakai *Solar Tacking*

Pengujian <i>Solar Cell</i> Memakai <i>Solar Tracking</i>				
No.	Jam	V (Volt)	I (Arus)	P (Daya)
1.	07:00	19,85	0,2	6
2.	07:30	19,85	0,3	6
3.	08:00	19,84	0,3	4
4.	08:30	19,85	0,3	10
5.	09:00	19,84	0,3	6
6.	09:30	19,56	0,3	4
7.	10:00	19,00	0,2	6
8.	10:30	19,88	0,4	6
9.	11:00	20,02	0,4	10
10.	11:30	20,02	0,5	9
11.	12:00	20,02	0,5	10
12.	12:30	20,02	0,5	8
13.	13:00	20,01	0,4	10
14.	13:30	20,02	0,6	10
15.	14:00	19,99	0,5	10
16.	14:30	19,99	0,3	6

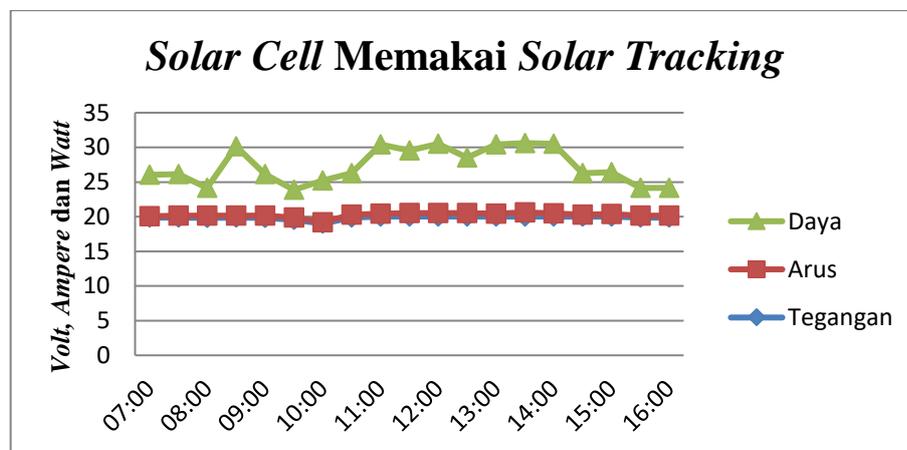
Tabel 4.6 (Lanjutan)

No	Jam	V (Volt)	I (Arus)	P (Daya)
17.	15:00	19,99	0,4	6
18.	15:30	19,85	0,3	4
19.	16:00	19,85	0,3	4
Rata-Rata		19,87 V	0,37 A	7,35 Watt

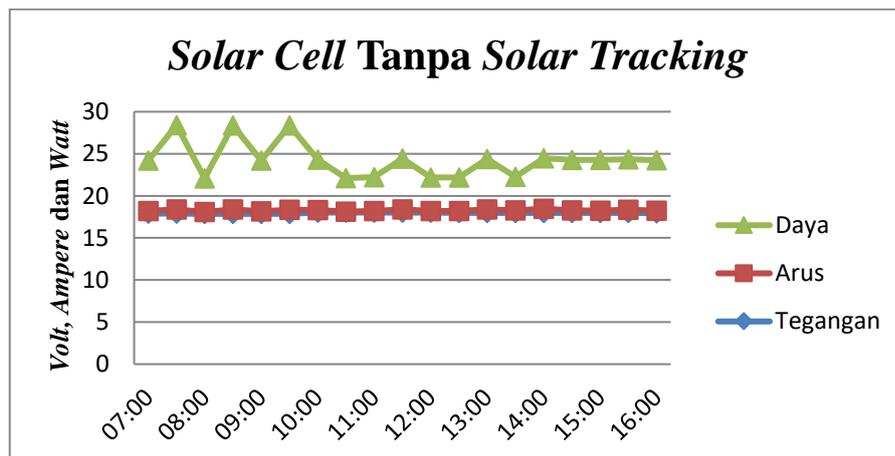
Tabel 4.7 Hasil Skenario Pertama *Solar Cell* Tanpa *Solar Tracking*

Pengujian <i>Solar Cell</i> Tanpa <i>Solar Tracking</i>				
No.	Jam	V (Volt)	I (Arus)	P (Daya)
1.	07:00	17,90	0,3	6
2.	07:30	17,90	0,5	10
3.	08:00	17,88	0,2	4
4.	08:30	17,88	0,5	10
5.	09:00	17,88	0,3	6
6.	09:30	17,87	0,5	10
7.	10:00	18,02	0,3	6
8.	10:30	18,02	0,1	4
9.	11:00	18,02	0,2	4
10.	11:30	18,01	0,4	6
11.	12:00	18,00	0,2	4
12.	12:30	17,99	0,2	4
13.	13:00	17,98	0,4	6
14.	13:30	17,98	0,3	4
15.	14:00	17,97	0,5	6
16.	14:30	17,98	0,3	6
17.	15:00	17,96	0,3	6
18.	15:30	17,96	0,4	6
19.	16:00	17,95	0,3	6
Rata-Rata		17,96 V	0,33 A	5,92 Watt

Tabel 4.6 dan 4.7 menunjukkan data hasil skenario pertama pada solar cell. Solar cell menggunakan solar tracking dan solar cell tanpa solar tracking. Pada data tersebut berupa waktu, tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan solar cell sehingga ditemukan hasil yang optimal. Dimana Pada tabel ini terlihat rata-rata dari parameter yang telah didapat dan disini terlihat bahwa solar cell yang menggunakan solar tracking sebesar 7,35 Watt, sedangkan solar cell tanpa solar tracking sebesar 6 Watt.



Gambar 4.13 Grafik Hasil Skenario Pertama *Solar Cell Memakai Solar Tracking*



Gambar 4.14 Grafik Hasil Skenaril Pertama *Solar Cell Tanpa Solar Tracking*

Pada pengujian hari pertama, dengan cuaca yang cukup bagus sehingga daya yang dihasilkan selisih sedikit, menggunakan dua metode yaitu solar cell

memakai solar tracking dari gambar grafik 4.13 tersebut dapat diketahui bahwa menghasilkan daya yang maksimal dari pada solar cell tanpa solar tracking gambar grafik 4.14 dikarenakan pemakaian solar tracking dapat mengikuti arah cahaya matahari sehingga penyerapan paparan cahaya matahari lebih optimal.

4.4.6 Pengujian Kedua Perbandingan Solar Cell Memakai Solar Tracking Dengan Solar Cell Tanpa Solar Tracking

Tabel 4.8 Hasil Skenario Kedua Solar Cell Memakai Solar Tracking

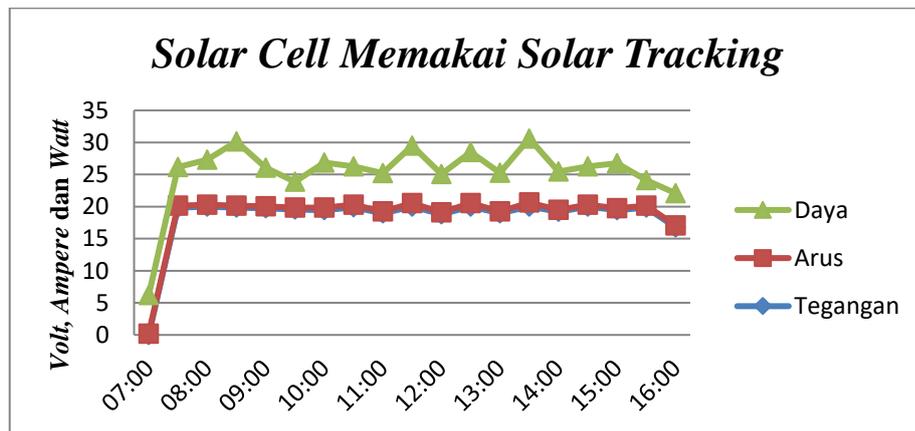
Pengujian <i>Solar Cell</i> Memakai <i>Solar Tracking</i>				
No.	Jam	V (Volt)	I (Arus)	P (Daya)
1.	07:00	20,00	0,2	6
2.	07:30	19,85	0,3	6
3.	08:00	20,01	0,3	7
4.	08:30	19,85	0,3	10
5.	09:00	19,77	0,3	6
6.	09:30	19,56	0,3	4
7.	10:00	19,46	0,4	7
8.	10:30	19,88	0,4	6
9.	11:00	18,94	0,3	6
10.	11:30	20,02	0,5	9
11.	12:00	18,78	0,3	6
12.	12:30	20,02	0,5	8
13.	13:00	18,97	0,3	6
14.	13:30	20,02	0,6	10
15.	14:00	19,18	0,3	6
16.	14:30	19,99	0,3	6
17.	15:00	19,44	0,3	7
18.	15:30	19,85	0,3	4
19.	16:00	16,78	0,3	5
Rata-Rata		19,49	0,34 A	6,62 Watt

Tabel 4.9 Hasil Skenario Kedua Solar Cell Tanpa Solar Tracking

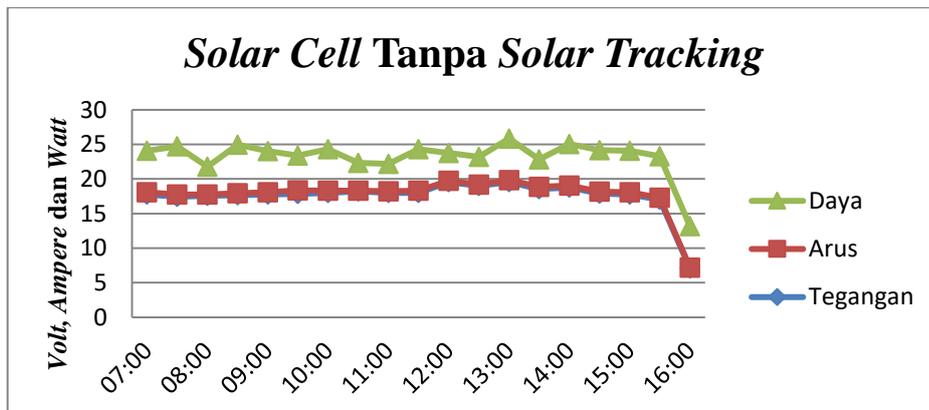
Pengujian <i>Solar Cell</i> Tanpa <i>Solar Tracking</i>				
No.	Jam	V (Volt)	I (Arus)	P (Daya)
1.	07:00	17,77	0,3	6
2.	07:30	17,44	0,3	7
3.	08:00	17,56	0,2	4
4.	08:30	17,66	0,3	7
5.	09:00	17,76	0,3	6
6.	09:30	17,87	0,5	5
7.	10:00	18,00	0,3	6
8.	10:30	18,23	0,1	4
9.	11:00	18,01	0,2	4
10.	11:30	18,00	0,3	6
11.	12:00	19,56	0,2	4
12.	12:30	19,00	0,2	4
13.	13:00	19,56	0,3	6
14.	13:30	18,55	0,3	4
15.	14:00	18,77	0,3	6
16.	14:30	17,89	0,3	6
17.	15:00	17,77	0,3	6
18.	15:30	17,00	0,3	6
19.	16:00	7,08	0,1	6
Rata-Rata		17,55	0,27 A	4,73 Watt

Tabel 4.8 dan 4.9 menunjukkan data hasil skenario kedua pada solar cell. Solar cell memakai solar tracking dan solar cell tanpa solar tracking. Pada data tersebut berupa waktu, tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan solar cell sehingga ditemukan hasil yang optimal. Dimana Pada tabel ini terlihat rata-rata dari parameter yang telah didapat dan disini terlihat bahwa solar cell yang

menggunakan solar tracking sebesar 6,62 Watt, sedangkan solar cell tanpa solar tracking sebesar 4,73 Watt. Cuaca pada hari pertama lebih cerah dibandingkan dengan cuaca pada hari kedua, jadi daya yang dihasilkan lebih optimal pada hari pertama.



Gambar 4.15 Grafik Hasil Skenario Kedua Solar Cell memakai Solar Tracking



Gambar 4.16 Grafik Hasil Skenario Kedua Solar Cell Tanpa Solar Tracking

Pada pengujian hari kedua dengan cuaca yang kurang baik daya yang dihasilkan oleh dua metode yaitu solar cell memakai solar tracking dari gambar grafik 4.15 tersebut dapat diketahui bahwa menghasilkan daya yang maksimal dari pada solar cell tanpa solar tracking gambar grafik 4.16 dikarenakan pemakaian solar tracking dapat mengikuti arah pergerakan cahaya matahari sehingga penyerapan paparan cahaya matahari lebih optimal.

4.4.7 Perhitungan

Dari data yang sudah didapatkan dari hasil pengujian skenario pertama dengan skenario kedua, maka dapat dilakukan perhitungan daya dan perbedaan pada daya listrik yang dihasilkan oleh *solar cell* yang memakai *solar tracking* dengan *solar cell* tanpa *solar tracking*. Perhitungan daya yang dihasilkan yaitu:

1.) Perhitungan skenario pertama

- a.) *Solar cell* memakai *solar tracking*

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I \\ &= 19,87 \times 0,37 \\ &= 7,3519 \text{ Watt} \end{aligned}$$

- b.) *Solar cell* tanpa *solar tracking*

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I \\ &= 17,96 \times 0,33 \\ &= 5,9268 \text{ Watt} \end{aligned}$$

2.) Perhitungan skenario kedua

- a.) *Solar cell* memakai *solar tracking*

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I \\ &= 19,49 \times 0,34 \\ &= 6,62 \text{ Watt} \end{aligned}$$

- b.) *Solar cell* tanpa *solar tracking*

$$\begin{aligned} P &= V \cdot I \\ &= 17,55 \times 0,27 \\ &= 4,73 \text{ Watt} \end{aligned}$$

4.4.8 Pengujian Sistem Proteksi Pada Penyimpanan energi Listrik

Pengujian pada penyimpanan energi listrik bertujuan untuk mencegah kerusakan pada baterai, dengan cara memutus sisi pengisian agar tidak melebihi batas kemampuan baterai. Pada pengujian ini modul M604 mengatur jumlah tegangan baterai, apabila jumlah tegangan kurang dari 12 Volt Dc, maka modul M604 akan memerintahkan relay yang kondisi NO (*Normali Open*) menjadi NC (*Normali Close*) sehingga aliran listrik akan mengisi pada baterai dan lampu indikator akan hidup. Dan apabila baterai terdeteksi sudah mencapai tegangan 12 Volt maka M604 akan memerintahkan relay yang semula NC menjadi NO sehingga aliran listrik terputus dan lampu indikator akan mati. Proses ini bertujuan untuk baterai yang digunakan bisa lebih panjang umur pemakaiannya. Apabila pemakaian baterai melebihi kapasitas maka dapat memperpendek usianya dan sehingga akan merusak sel yang ada didalamnya. Lebih jelas bisa lihat gambar 4.17 dibawah ini.



Gambar 4.17 Proteksi Pada Penyimpanan Energi Listrik

4.5 Pembahasan

Sistem monitoring solar cell berbasis solar tracking dan sistem proteksi pada penyimpanan energi listrik menggunakan berbagai macam komponen seperti Arduino Uno, Sensor LDR yang terdapat 4 buah, Modul INA219, dan Motor Servo. Dari hasil pengujian terhadap semua komponen yang digunakan dapat disimpulkan masing-masing memiliki nilai akurasi yang berbeda.

Pengujian pada sistem tracking berjalan sesuai dengan rancangan yang telah dibuat yaitu dengan menggunakan sensor LDR yang terdapat 4 buah, sehingga dapat mendeteksi intensitas cahaya matahari untuk menggerakkan motor servo supaya *solar cell* mengikuti arah pergerakan matahari.

Energi yang dihasilkan pada skenario pertama dari solar cell yaitu pada penggunaan solar tracking sebesar 7,35 Watt, sedangkan penggunaan tanpa solar tracking menghasilkan sebesar 6,Watt. Pengujian skenario Kedua energi yang dihasilkan menggunakan solar tracking sebesar 6,62 Watt dan solar cell tanpa solar tracking sebesar 4,73 Watt, hasil energi yang dihasilkan solar cell lebih bagus skenario pertama dari pada skenario kedua. Pengukuran tersebut sama-sama menggunakan sensor INA219 yang berarti akan dikurangi dengan daya yang digunakan oleh rangkaian sistem sebesar 2,5 Watt. Hasil energi tersebut akan dimonitoring dengan menggunakan aplikasi PLX DAQ yang berupa tegangan, arus, dan daya. Tampilan dari aplikasi ini berbentuk tabel dan grafik, jadi energi yang dihasilkan oleh *solar cell* akan ditampilkan secara langsung dan *real time*.

Kendala pada penelitian ini berada pada motor servo yang kurang kuat dalam mengimbangi berat papan solar cell, supaya dapat mengimbangi beban

maka menggunakan motor servo yang lebih besar agar dapat mengikuti arah pergerakan sinar matahari.

Pada pengujian keseluruhan dari sistem ini mengacu hasil pengujian yang ada. Jadi presentasi kesesuaian sistem secara keseluruhan yang telah dibuat adalah 100 % sesuai dari pengujian sistem dengan hasil yang sebelumnya.