BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

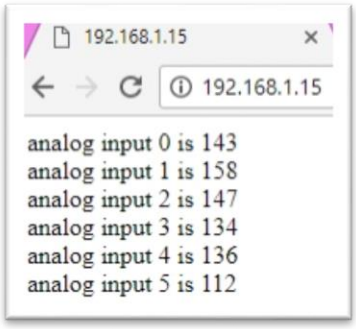
Dalam bab ini akan menjelaskan hasil dari proses pengujian sistem yang telah dibuat. Dimana dalam pengujian yang akan dilakukan ini nantinya berupa pengukuran terhadap komponen – komponen yang digunakan. Setelah melakukan proses pengujian dari tiap komponen, selanjutnya dilakukan penganalisaan sebuah panel surya menggunakan sistem yang telah dibuat. Hal tersebut dilakukan dengan tujuan untuk melihat dan memastikan bahwa sistem yang telah dibuat dapat bekerja sesuai dengan apa yang diharapkan.

1.1 Pengujian Komponen

Pengujian komponen bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari setiap komponen yang digunakan dan untuk mengatui apakah tiap komponen dalam kondisi baik atau tidak, sehingga dapat memaksimalkan fungsi dari setiap komponen agar selanjutnya dapat digunakan pada sistem yang dibuat.

4.1.1 Pengujian *Eternet Shield*

Pengujian *ethernet shields* dilakukan agar dapat mengetahui apakah alat ini dapat terkoneksi dengan internet dan bekerja dengan baik.

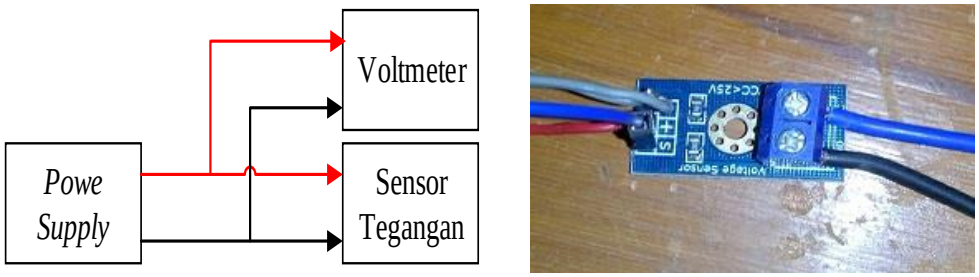


Gambar 4. 1 Tampilan *Webserver* Pengujian *Ethernet Shield*

Pengujian dilakukan dengan menjadikan *ethernet shields* sebagai *webserver*. Pada pemrograman arduino *ethernet shields* dilakukan pengaturan pada IP *address* yang berfungsi sebagai alamat *webserver* agar komputer dapat mengaksesnya. Data yang ditampilkan pada web *server* didapat dari pin analog arduino dari A0 sampai A5 dan akan selalu diperbaharui setiap 5 mentit.

4.1.2 Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan membandingkan tegangan yang dihasilkan dari *power supply* dengan sensor tengan. Dibawah ini adalah gambar *set up* pengukuran dan sensor tegangan.



(a) (b)

Gambar 4. 2 *(*a) *Set Up* Pengukuran, (b) Sensor Tegangan

Vps merupakan tegangan yang dihasilkan *power supply* dan Var merupakan tegangan yang dibaca oleh sensor. Berdasarkan *datasheet*, prinsip kerja sensor tegangan ini yaitu membuat tegangan input mengurangi 5 kali dari tegangan aslinya. Karena tegangan VCC pada arduino bernilai 4.75 volt maka tegangan maksimal yang dapat terbaca oleh sensor adalah 23.5V. Tegangan yang masuk kedalam pin analog arduino selanjutnya dirubah dalam bentuk bilangan digital dari 0 sampai 1023 dikarenakan chip arduino AVR memiliki 10 bit.[11]

Resolusi simulasi modul $\frac{4.75v}{1023}$ = 0.004652981427175 V …...……..…….(4.1)

Nilai tegangan minimal: 0.004652981427175V x 5 = 0.02445 V .....(4.2)

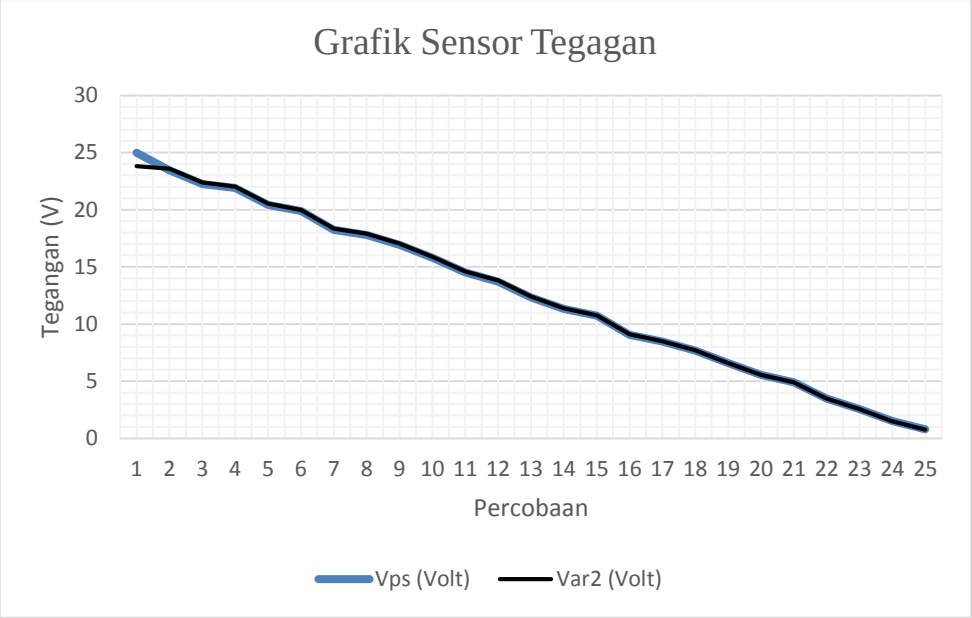
Persentase *error* diperoleh dari : % *Error* = $\left(\frac{Vps-Var}{Vps}\right)$ x 100 …….....(4.3)

Tabel 4. 1 Pengujian Sensor Tegangan

Jumlah percobaan	Vps (Volt)	Var (Volt)	*Error* (%)
1	25	23.8	4.8
2	23.46	23.59	0.554134
3	22.25	22.38	0.584269
4	21.9	22.03	0.593607
5	20.43	20.54	0.538423
6	19.88	19.98	0.503018
7	18.24	18.36	0.657894
8	17.79	17.89	0.562113
9	16.93	17.03	0.590667
10	15.8	15.89	0.569620
11	14.5	14.59	0.620689
12	13.7	13.8	0.729927
13	12.32	12.4	0.649350
14	11.32	11.38	0.530035
15	10.73	10.77	0.37278
16	9.06	9.1	0.441501
17	8.47	8.49	0.236127
18	7.69	7.7	0.130039
19	6.58	6.58	0
20	5.55	5.56	0.18018
21	4.91	4.91	0
22	3.47	3.47	0
23	2.56	2.56	0
24	1.51	1.49	1.324503
25	0.78	0.77	1.282051
Error Rata - Rata (%)			0.658037

Dari table hasil uji coba, dibuatlah grafik perbandingan tegangan yang dihasilkan *power supply* dengan sensor tegangan. Gambar 4.3 dibawah ini adalah grafik dari hasil perbandingan.

Garis yang berwarna hitam menunjukan data dari *power supply* (Vps) dan garis yang berwarna biru menunjukan data dari sensor tegangan (Var).



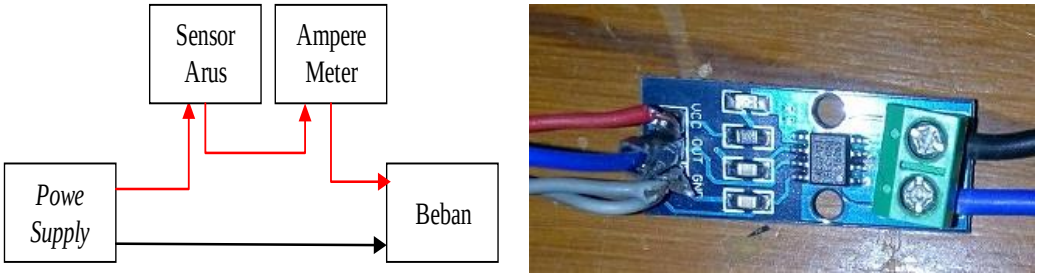
Gambar 4. 3 Grafik Perbandingan Tegangan dari *Power Supply* dengan Sensor

Dari hasil pengujian dapat diambil kesimpulan bahwa nilai rata – rata error yang dihasilkan dari sensor tegangan sebesar 0.65 %. Batas maksimum tegangan yang dapat terbaca oleh sensor yaitu 23,8V yang dipengaruhi oleh tegangan VCC pada sensor tegangan. Sedangkan untuk batas minimum, sensor tegangan ini masih dapat membaca nilai dibawah 0,2. Keakuratan sensor dipengaruhi oleh tegangan yang dibaca, semakin besar nilai yang di baca oleh sensor akan menghasilkan nilai selisih antara tegangan dari *power supply* dengan nilai yang terbaca oleh sensor semakin besar.

4.1.3 Pengujian Sensor Arus

Untuk menguji sensor arus ACS712, digunakan beban berupa lampu LED 12 Volt DC 12 Watt. Pengujian dilakukan dengan mengalirkan arus dari *power*

supply ke ACS712 dan diteruskan ke beban yang selanjutnya nilai yang dihasilkan sensor arus di tampilkan pada *serial monitor* arduino.



(a) (b)

Gambar 4. 4 (a) *Set Up* Pengukuran, (b) Sensor Arus ACS712

Pada tabel 4.2 di bawah ini menampilkan data hasil pengujian sensor arus ACS712. Ips adalah Arus yang ditampilkan p*ower supply*, dan Iar adalah arus yang ditampilkan Arduino. Diambil dari rumus dasar pada buku kalkulus 1, Persentase *error* diperoleh dari persamaan berikut:[14]

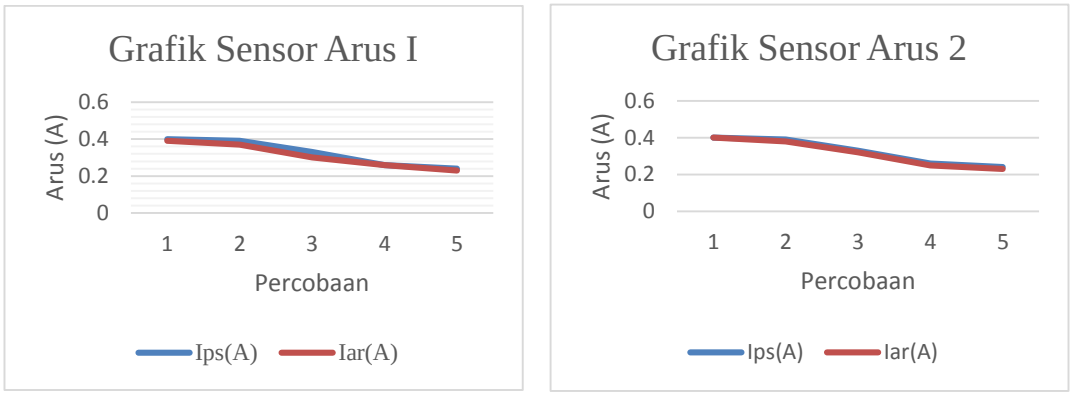
$$\%\ Error = \left(\frac{Ips - Iar}{Ips}\right) \text{ x } 100 \quad \text{.....(4.4)}$$

Tabel 4. 2 Pengujian Sensor Arus ACS712

Sensor ACS712 I			Sensor ACS712 II		
Ips(A)	Iar(A)	*Error* (%)	Ips(A)	Iar(A)	*Error* (%)
0.4	0.39	2.5	0.4	0.4	0
0.39	0.37	5.12821	0.39	0.38	2.5641
0.33	0.3	9.09091	0.33	0.32	3.0303
0.26	0.26	0	0.26	0.25	3.84615
0.24	0.23	4.16667	0.24	0.23	4.16667
Error Rata - Rata (%)		20.8858	*Error* Rata - Rata (%)		13.6072

Dari table hasil uji coba, dibuatlah grafik perbandingan tegangan yang dihasilkan *power supply* dengan sensor Arus.

Gambar 4.5 dibawah ini adalah grafik dari hasil perbandingan. Garis yang berwarna biru menunjukan data dari *power supply* (Ips) dan garis yang berwarna merah menunjukan data dari sensor Arus (Iar).



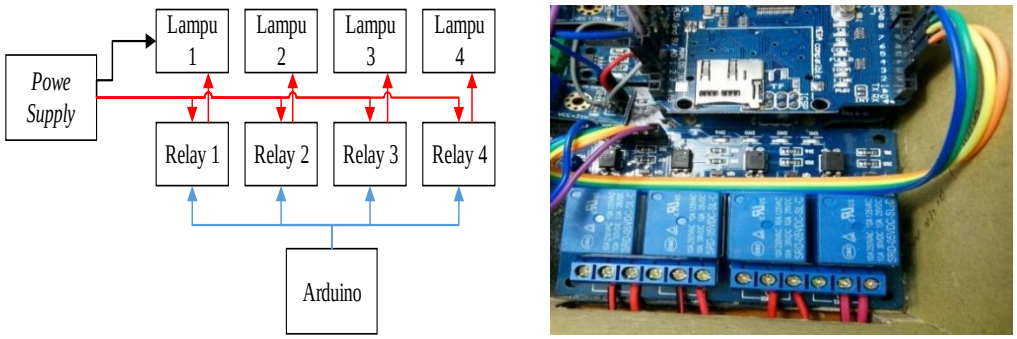
(a) (b)

Gambar 4. 5 Grafik Perbandingan Arus dari *Power Supply* dengan Sensor Arus (a) Grafik Sensor Arus 1 (b) Grafik Sensor Arus 2

Dari hasil pengujian didapat kan kesimpulan bahwa sensor arus yang digunakan memiliki *error* rata – rata 20.88% untuk sensor arus 1, dan 13.60% untuk sensor arus 2.

4.1.4 Pengujian Relay

Pengujian dilakukan dengan menghubungkan lampu LED 12Volt DC dengan relay pada posisi *normaly close*.



(a) (b)

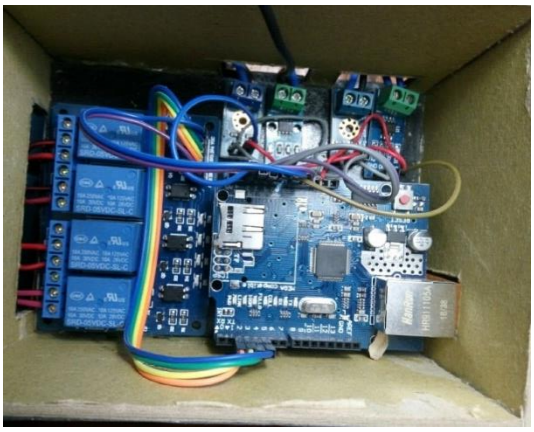
Gambar 4. 6 (a) *Set Up* Pengujian, (b) Relay

Secara umum, relay merupakan komponen elektromekanikal yang berfungsi sebagai sakelar dengan memanfaatkan prinsip kerja elekrtomagnetika untuk menggerakkan kontak saklar sehingga dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi AC maupun DC hanya dengan arus listrik yang kecil.Berikut adalah tabel pengujian relay dan kedaadan lampu ketika kondisi relay dinyalakan atau dimatikan,

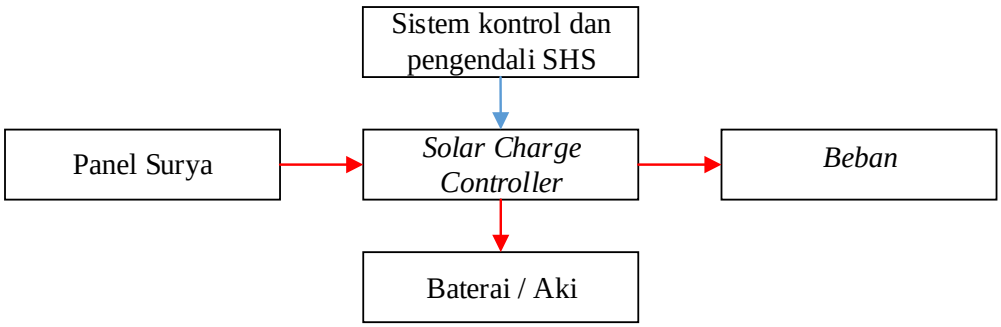
Tabel 4. 3 Pengujian Kondisi Relay

Komponen Pengujian	Output Mikrokontroler	Kondisi Relay	Kondisi Lampu
Relay 1	1 *(High)*	On	Mati
	0 *(Low)*	Off	Menyala
Relay 2	1 *(High)*	On	Mati
	0 *(Low)*	Off	Menyala
Relay 3	1 *(High)*	On	Mati
	0 *(Low)*	Off	Menyala
Relay 4	1 *(High)*	On	Mati
	0 *(Low)*	Off	Menyala

Nilai 1 pada mikrokontroler mewakili nilai tegangan 5V (*High*) dan 0 pada mikrokontroler mewakili nilai tegangan 0V (*Low*). Dikarenakan lampu diposisikan pada *normaly close*, apabila kondisi relay *on* maka lampu akan mati, sebaliknya apabila relay dalam kondisi *off* maka lampu akan menyala. Seluruh komponen yang telah di uji coba selanjutnya disimpan dalam sebuah kotak dan diintegrasikan dengan *solar home system.*



(a)



(b)



(c)

Gambar 4. 7 (a) Sistem Monitoring Dan Pengendali Panel Surya, (B) Blok Diagram Pengintegrasian Sistem Yang Dibuat Dengan SHS, (C) Pengintegrasian Sistem Yang Dibuat Dengan *Solar Home System*

1.2 Pengujian Sistem Monitoring

Setelah proses pengujian komponen selesai maka sistem yang telah dibuat siap untuk diujikan. Pada percobaan ini digunakan panel surya yang memiliki spesifikasi sebagai berikut.

Output Power (Pmax) : 10 Watt

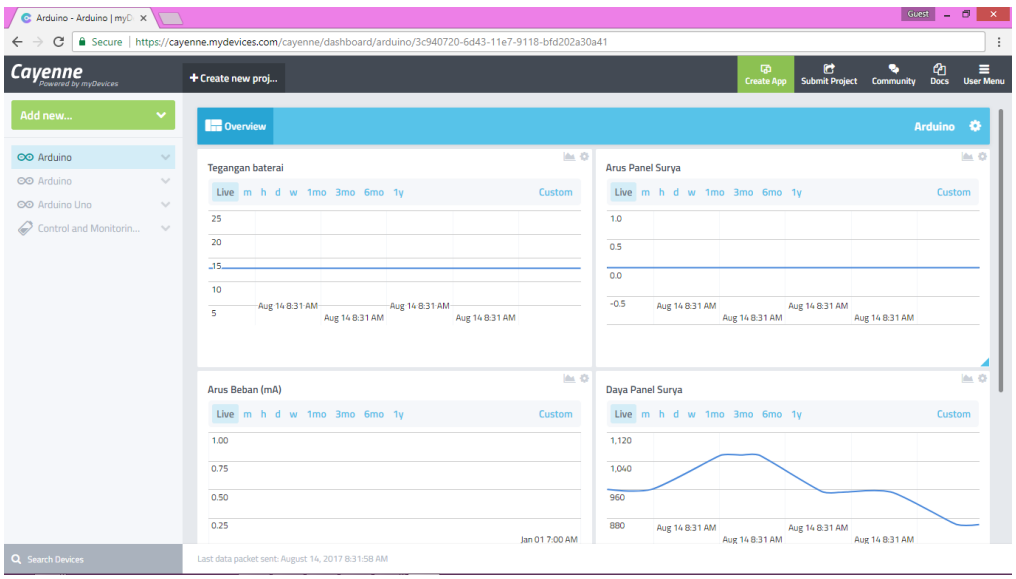
Max Power Voltage (Vpm) : 0,57 A

Max Power Current (Ipm) : 17,8 Volt

Open Circuit Voltage (Voc) : 0,61 A

Short Circuit Current (Isc) : 21,6 Volt

Selain itu ada juga *solar charge controller* yang memiliki batas input 10A dengan tegangan input 12/24V. Baterai yang digunakan adalah baterai aki basah dengan kapasitas 3Ah. Data dari proses monitoring pengisian panel surya akan ditampilkan pada *webserver* dalam bentuk grafik.



Gambar 4. 8 Grafik Sistem Monitoring Panel Surya pada *Website* Cayenne

Dikarenakan kebutuhan analisa pengisian panel surya, data dari web server diunduh dan diambil data setiap 1 menit sekali. Percobaan dilakukan dalam dua kali

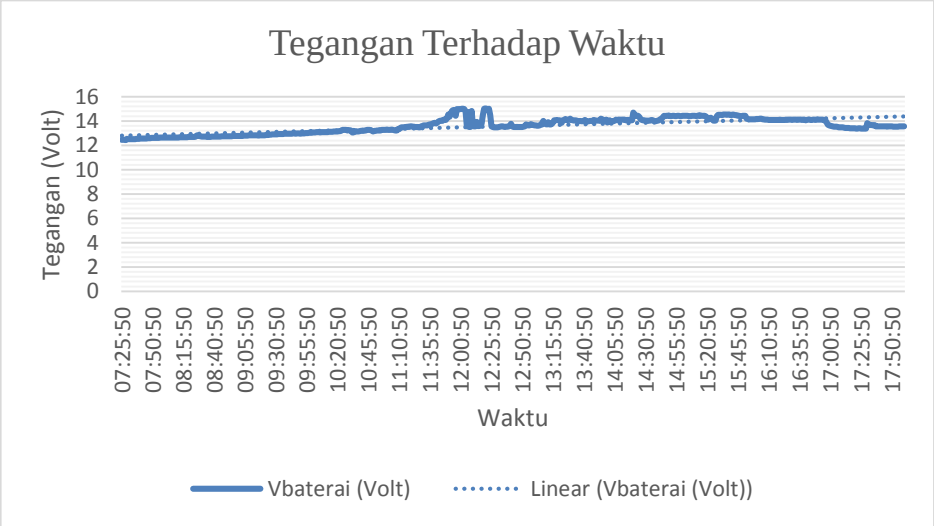
percobaan, yaitu pada waktu pengisian baterai dari panel surya dan waktu pengosongan atau pemakaian beban.

4.2.1. Pengujian Pengisian Baterai

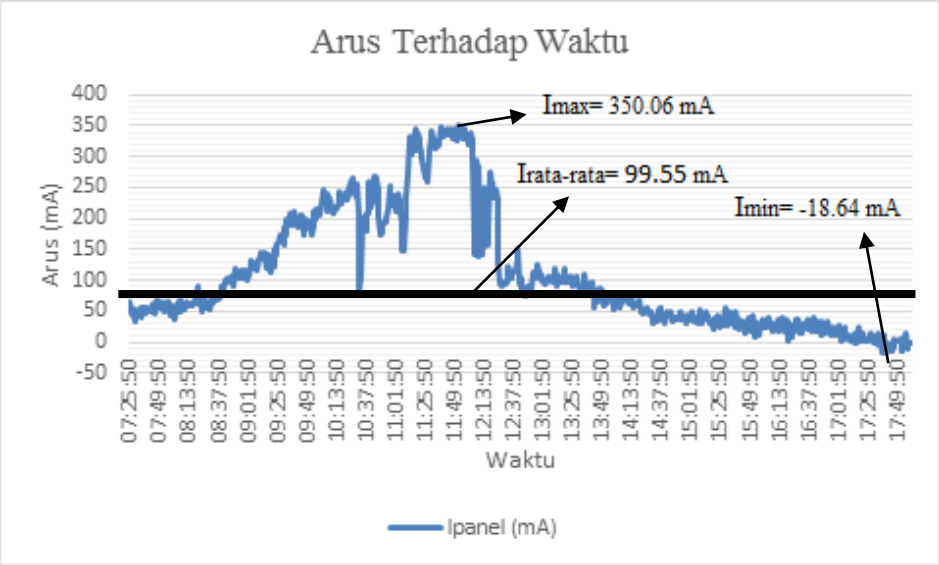
Pengujian monitoring pengisian baterai dilakukan sejak pukul 07:25:50 hingga pukul 18:00:50. Dibawah ini adalah tabel hasil pengujian dan grafik sistem monitoring pengisian baterai.

Tabel 4. 4 Pengujian Sistem Monitoring

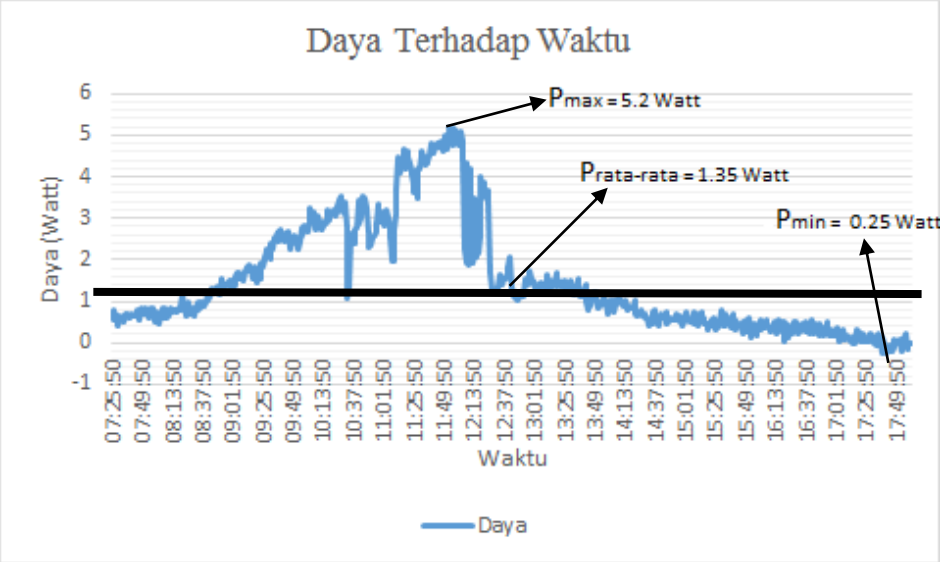
No	Tanggal	Waktu	Tegagan baterai (Volt)	Arus panel surya (mA)	Arus beban (mA)	Daya (Watt)
1	13/08/2017	07:25:50	12.46	64.07	-3.85	0.79831
2	13/08/2017	07:26:50	12.46	45.53	-2.52	0.56730
3	13/08/2017	07:27:50	12.46	55.26	-2.52	0.68853
4	13/08/2017	07:28:50	12.43	43.42	-1.73	0.53971
5	13/08/2017	07:29:50	12.53	32.25	-7.3	0.40409
6	13/08/2017	07:30:50	12.5	51.45	-7.3	0.64312
7	13/08/2017	07:31:50	12.51	48.82	-8.22	0.61073
8	13/08/2017	07:32:50	12.5	47.37	-6.63	0.59212
9	13/08/2017	07:33:50	12.5	52.1	-6.24	0.65125
10	13/08/2017	07:34:50	12.5	40.79	-6.37	0.50987
...						
636	13/08/2017	18:00:50	13.56	-2.07	-12.07	-0.02454



(a)



(b)



(c)

Gambar 4. 9 Grafik pengisian baterai (a) Grafik Tegangan Terhadap Waktu (b) Grafik Arus Terhadap Waktu (c) Grafik Daya Terhadap Waktu

Kenaikan tegangan pada pengisian baterai cenderung linier terhadap waktu yang ditunjukan pada gambar 4.9 (a) namun, ada beberapa tegangan yang tidak sesuai dikarenakan pembacaan yang salah oleh sensor tegangan (*error*) terkait dengan sensitifitas dan toleransi pembacaan sensor. Baterai mulai penuh dan

konstan pada tegangan sekitar 14V pada pukul 13:16:50 namun secara perlahan tegangan pada baterai mulai turun kembali pada pukul 16:57:50 dikarenakan waktu sudah mulai sore dan cuaca semakin gelap sehingga panel surya tidak dapat mengisi baterai sehingga arus listrik dari baterai ada yang kembali ke *solar charge controller* untuk menggerakkan komponen – komponen elektronika yang terdapat pada *solar charge controller.*

Arus yang dihasilkan panel surya untuk mengisi baterai bernilai fluktuatif bergantung pada intensitas cahaya matahari yang menyinari panel surya. Semakin banyak foton akan menggerakkan lebih banyak elektron dan *hole* menjadi muataun listrik. Arus listrik maksimal yang dihasilkan panel surya pada pengukuran kali ini sebesar 350.06 mA terjadi pada pukul 11:53:50 dengan daya 5.2 Watt, karena pada siang hari cahaya matahari akan sangat terik dan membuat lebih banyak elektron yang bergerak menuju *hole* sehingga menghasilkan arus yang besar, dan nilai arus minimal sebesar -18.64 mA terjadi pada pukul 17:37:50 sore hari. Sedangkan nilai minimum arus dan daya yang terbaca oleh sensor ketika beban tidak digunakan yaitu 15.25mA dan 0.22 Watt. Tanda *minus* pada arus menunjukan arah arusnya yang berarti berbalik arah menuju panel surya. Seharusnya Dalam kondisi pengisian baterai, tegangan akan berada pada 14.4V – 14.6V dan semakin menurun ketika tegangan pada baterai mulai penuh. Dalam kondisi pemakaian tegangan dan arus yang digunakan bergantung pada beban. *Solar charge controller* akan otomatis terputus jika pada pengisian tegangan mencapai 13.7V atau ketika tegangan pada panel surya lebih kecil dari tegangan baterai dan ketika pemakaian tegangan mencapai 10.5V. Hal ini dilakukan untuk menghindari *overcharge* agar kondisi baterai lebih tahan lama. Namun, tidak ada alat yang ideal sehingga ketika tegangan

panel surya lebih kecil dari tegangan baterai maka tetap akan ada arus yang mengalir dari baterai menuju panel surya. Begitupun jika panel surya menghasilkan arus namun tegangannya lebih kecil dari baterai, maka arus tersebut tidak akan masuk ke baterai karena proses c*ut off*. Nilai daya didapat dari perkalian arus dan tegangan. Daya yang dihasilkan oleh panel surya bernilai fluktuatif karena dipengaruhi oleh arus yang fluktuatif juga, dibuktikan dengan samanya waktu saat mendapatkan nilai maksimal dan minimal. Daya rata – rata dalam pengisian baterai didapat dari rumus berikut[14]:

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p_{dt} \quad \text{.....(4.5)}$$

Keterangan:

P = Daya rata – rata

T = Periode dari siklus dalam detik

p = Daya sesaat

Dikarenakan data yang diambil sangat banyak oleh karena itu diambil dua data pertama sebagai sampel pembuktian rumus rata – rata daya diatas.

$$P = \frac{1}{2} \int_0^2 0.79831 + 0.5673 \, _{dt}$$

$$= \frac{1}{2} \left[\frac{0.79831}{2} + \frac{0.5673}{2} \, _{dt} \right]_0^2$$

$$= \frac{1}{2} \left[0.399155 + 0.28365_{dt} \right]_0^2$$

$$= \frac{1}{2} \, (0.682805 \text{ x } 0)(0.682805 \text{ x } 2)$$

$$= \frac{1}{2} \text{ x } 1.36561$$

$$= 0.682805$$

Maka dari penjabaran rumus diatas didapat rata – rata daya listrik yang dihasilkan panel surya pada pengujian ini adalah 1.35 Watt.

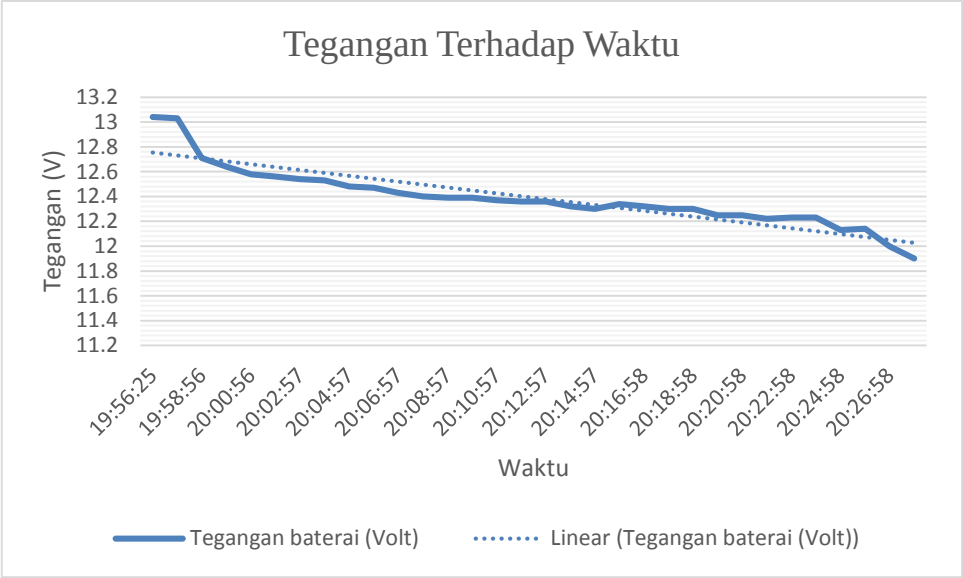
4.2.2. Pengujian Pengosongan Baterai

Proses pengosongan atau penggunaan listrik ke beban dilakukan pada rentang waktu 19:56:25 sampai 20:27:59. Baterai hanya dapat digunakan oleh beban kurang lebih 30 menit karena kapasitas baterai yang kecil yaitu hanya 3AH untuk menghidupkan 4 buah lampu DC dengan total daya 31 Watt. Dibawah adalah tabel hasil pengujian monitoring pemakaian beban terhadap waktu.

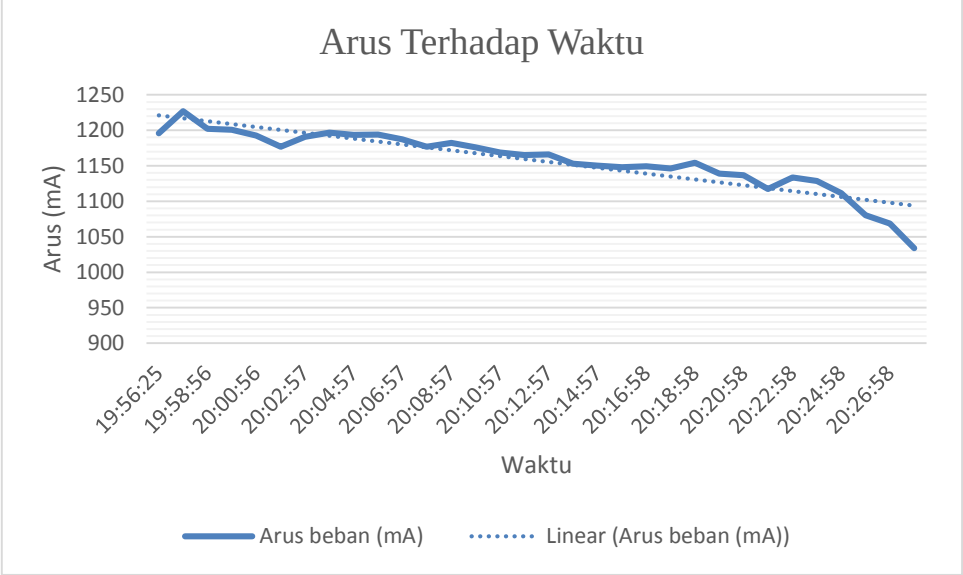
Tabel 4. 5 Pengujian Monitoring Pemakaian Beban Terhadap Waktu

No	Tanggal	Waktu	Tegangan baterai (Volt)	Arus panel surya (mA)	Arus beban (mA)	Daya (Watt)
1	13/08/2017	19:56:25	13.04	-7.59	1195.7	15.5915
2	13/08/2017	19:57:25	13.07	4.24	1227	15.9872
3	13/08/2017	19:58:56	12.71	-5.75	1202.3	15.2811
4	13/08/2017	19:59:56	12.64	-10.9	1200.7	15.1768
5	13/08/2017	20:00:56	12.58	-9.57	1192.5	15.0014
6	13/08/2017	20:01:56	12.56	-6.15	1177	14.7827
7	13/08/2017	20:02:57	12.54	4.11	1191	14.9355
8	13/08/2017	20:03:57	12.53	2.27	1196.7	14.995
9	13/08/2017	20:04:57	12.48	-2.73	1193.4	14.8938
10	13/08/2017	20:05:57	12.47	4.11	1193.9	14.8884
…						
32	13/08/2017	20:27:59	11.9	12.26	1033.7	12.3006

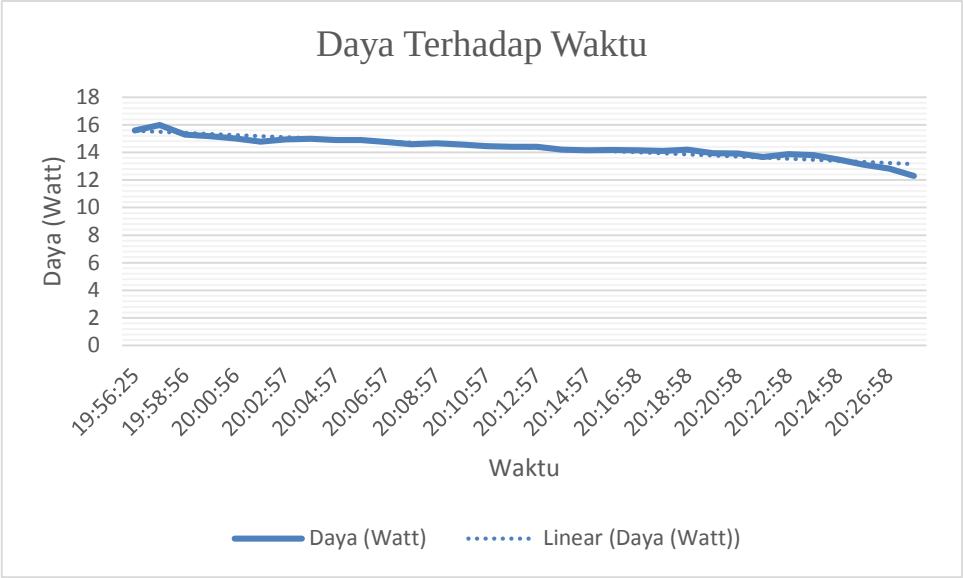
Dari tabel diatas dibuatlah grafik perbandingan tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan terhadap waktu.


Tegangan Terhadap Waktu
Tegangan (V)
13.2
13
12.8
12.6
12.4
12.2
12
11.8
11.6
11.4
11.2
19:56:25
19:58:56
20:00:56
20:02:57
20:04:57
20:06:57
20:08:57
20:10:57
20:12:57
20:14:57
20:16:58
20:18:58
20:20:58
20:22:58
20:24:58
20:26:58
Waktu
Tegangan baterai (Volt)
Linear (Tegangan baterai (Volt))

(a)


Arus Terhadap Waktu
Arus (mA)
1250
1200
1150
1100
1050
1000
950
900
19:56:25
19:58:56
20:00:56
20:02:57
20:04:57
20:06:57
20:08:57
20:10:57
20:12:57
20:14:57
20:16:58
20:18:58
20:20:58
20:22:58
20:24:58
20:26:58
Waktu
Arus beban (mA)
Linear (Arus beban (mA))

(b)



(c)

Gambar 4. 10 Grafik Pengosongan / pemakaian (a) Grafik Tegangan Terhadap Waktu (b) Grafik Arus Terhadap Waktu (c) Grafik Daya Terhadap Waktu

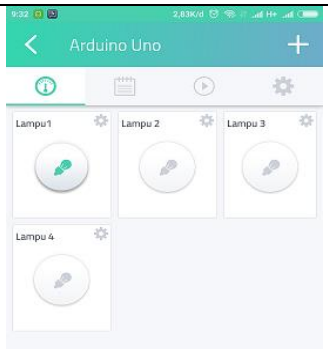
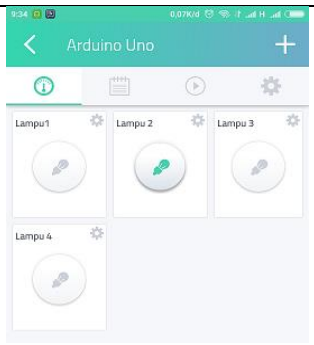
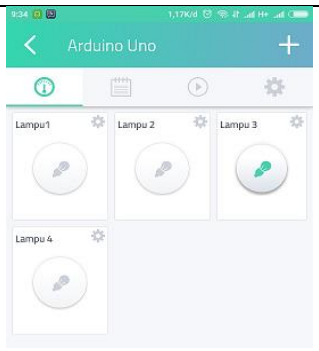
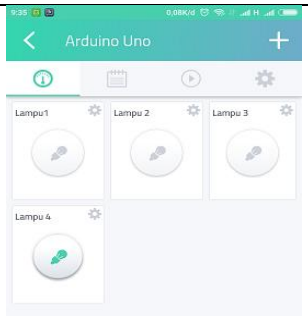
Pada waktu pengosongan baterai, tegangan, arus, dan daya relatif linier terhadap waktu. Penurunan tegangan drastis terjadi pada pukul 19:58:56 yang sebelumnya 13.03V menjadi 12.71V. Arus yang mengalir pada beban linier menurun terhadap waktu mengikuti kapasitas baterai yang mulai menurun pula. Nilai maksimum arus dan daya ketika menggunakan beban yaitu sebesar 1.22A dan 15.98 Watt yang terjadi pada saat awal pemakaian beban tepatnya pada pukul 19:57:25. Sedangkan rata – rata arus yang digunakan pada beban sebesar 1.16 A dan rata – rata daya listrik yang digunakan oleh beban adalah 14.35 Watt.

1.3 Pengujian Sitem Kontrol

Percobaan sistem pengendali yang dilakukan dengan menekan tombol lampu 1, lampu 2, lampu 3, dan lampu 4 untuk memerintahkan sistem menyalakan

atau mematikan lampu. Dibawah ini adalah tabel hasil percobaan menyalakan lampu menggunakan *smartphone.*

Tabel 4. 6 Percobaan Menyalakan Lampu Menggunakan Smartphone

No	Keterangan	Tampilan Smart phone	Tampilan hardware
1	Menyalakan lampu 1		
2	Menyalakan lampu 2		
3	Menyalakan lampu 3		
4	Menyalakan lampu 4		

Terdapat *delay* pada pengiriman perintah yang diakibatkan oleh pengantrian mengeksekusi program dikarenakan banyaknya sampling pada program untuk mengambil nilai dari sensor tegangan dan sensor arus yang mengakibatkan waktu penundaan semakin lama. Dibawah ini adalah tabel hasil pengujian lamanya waktu untuk menyalakan atau mematikan lampu.

Tabel 4. 7 Waktu yang Dibutuhkan Untuk Mengirim Perintah

No	Waktu Pengirman (S)
1	8.1
2	13.2
3	6.2
4	5
5	9.6
7	7.9
8	6.8
9	6.5
10	8.3
Rata - rata	7.9

Faktor lain yang juga mempengaruhi lamanya mengeksekusi perintah yang dikirim dikarenakan jaringan internet yang lamban. Tidak dapat dipungkiri karena setiap projek yang berkaitan dengat *internet of things* akan selalu berpengaruh terhadap jaringan internet yang digunakannya, apalagi kebanyakan jaringan internet yang ada di Indonesia masih cenderung lamban.