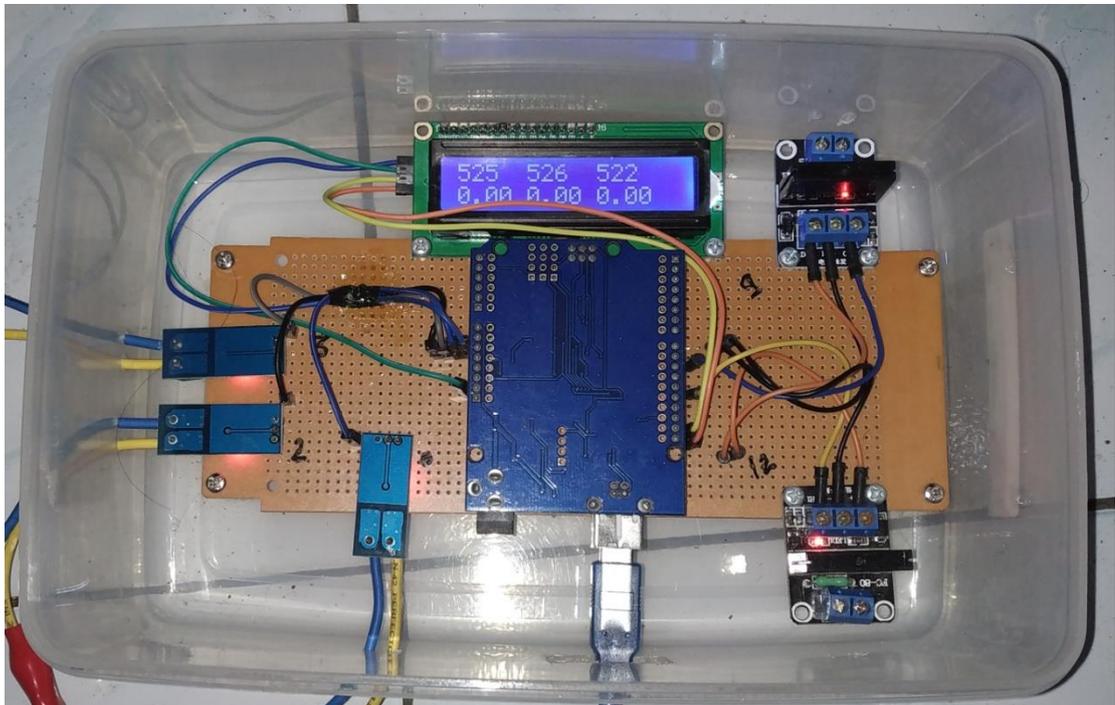


BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Perancangan *Hardware*

Hasil perancangan *hardware* ini berupa satu kesatuan antara Arduino Uno R3, sensor arus ACS712 (5A dan 20A), rangkaian PCB, penampil LCD 2x16 dan modul SSR. Alat tersebut *dicover* dengan sebuah *casing* sebagai pelindungnya tampak seperti pada gambar 4.1.



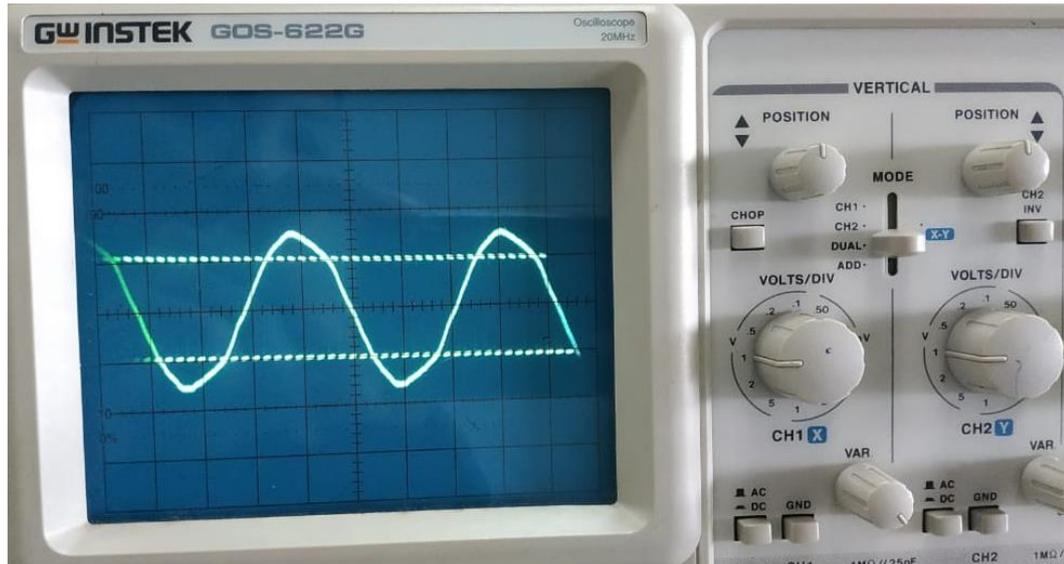
Gambar 4.1 Keseluruhan Alat dan *Casing*

4.2. Perlakuan Pengujian

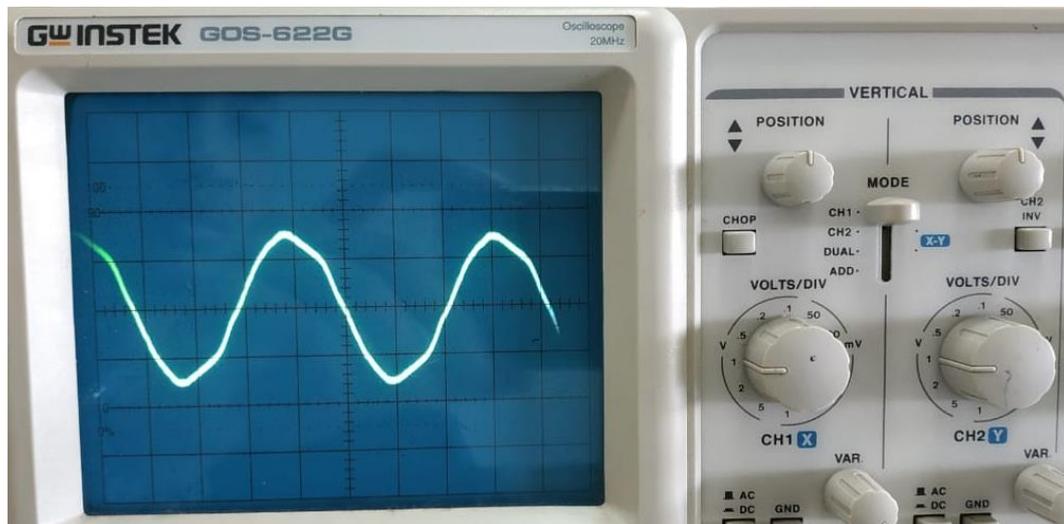
Setelah perancangan alat selesai, dilakukan pengujian terhadap fungsi dari masing-masing komponen. Pengujian meliputi pengujian *hardware*, pengujian *software*, pengujian pembacaan sensor arus ACS712, pengujian penampil LCD dan pengujian kinerja dari SSR dalam memutuskan dan menyambungkan rangkaian listrik AC. Selama pengujian ditemukan beberapa kendala yang dihadapi dan telah dilakukan perbaikan, baik secara *hardware* maupun secara *software*.

4.2.1. Pengujian Sensor Arus ACS712 5A

Prinsip pembacaan arus adalah pertama arus listrik dibaca oleh sensor arus ACS712 5A dan dihasilkan tegangan keluaran. Tegangan keluaran adalah tegangan AC, berikut adalah gelombang keluarannya:



Gambar 4.2 Bentuk Gelombang Keluaran ACS712 saat Beban Nol



Gambar 4.3 Bentuk Gelombang Keluaran ACS712 saat Beban 0.2 Ampere

Gambar diatas menunjukkan gelombang keluaran dari sensor arus ACS712 5A pada saat beban nol dan pada saat beban dihubungkan dengan beban sebesar 0.2

Ampere. Diketahui dari *datasheet* disaat beban nol maka besarnya tegangan keluaran dari sensor ACS712 adalah setengah dikalikan dengan V_{CC} . Pada sistem ini sensor menggunakan V_{CC} sebesar 5Volt. Jadi jika dihitung tegangan keluarannya dan dibandingkan dengan hasil pengujian:

$$V_{out} = V_{CC} \times 0.5 \qquad V_{out} = (ADC \times V_{ref}) / 1023$$

$$V_{out} = 5 \text{ Volt} \times 0.5 \qquad V_{out} = (522 \times 5) / 1023$$

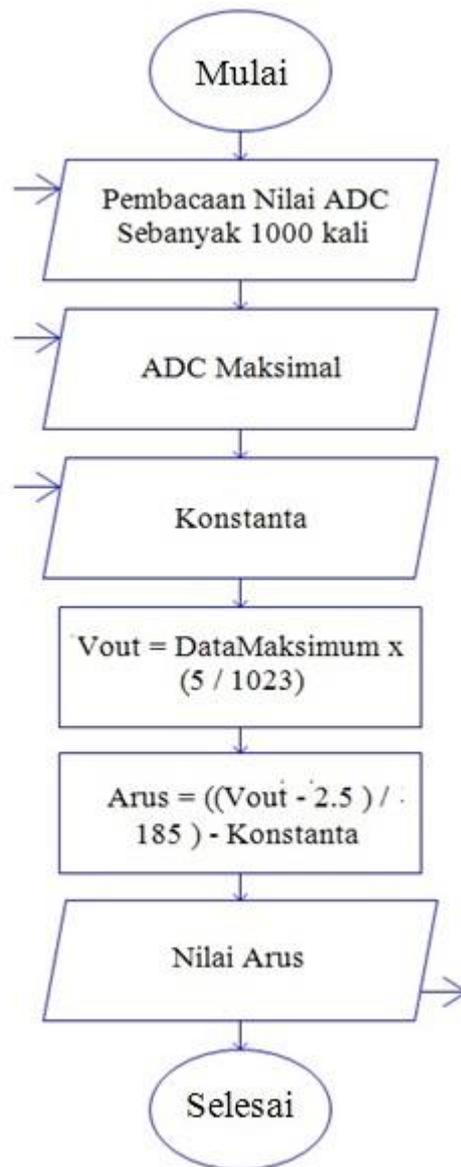
$$V_{out} = 2.5 \text{ Volt} \qquad V_{out} = 2.55 \text{ Volt}$$

COMMON OPERATING CHARACTERISTICS ¹ over full range of T_A , $C_F = 1 \text{ nF}$, and $V_{CC} = 5 \text{ V}$, unless otherwise specified						
Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
ELECTRICAL CHARACTERISTICS						
Supply Voltage	V_{CC}		4.5	5.0	5.5	V
Supply Current	I_{CC}	$V_{CC} = 5.0 \text{ V}$, output open	–	10	13	mA
Output Capacitance Load	C_{LOAD}	V _{IOUT} to GND	–	–	10	nF
Output Resistive Load	R_{LOAD}	V _{IOUT} to GND	4.7	–	–	k Ω
Primary Conductor Resistance	$R_{PRIMARY}$	$T_A = 25^\circ\text{C}$	–	1.2	–	m Ω
Rise Time	t_r	$I_P = I_P(\text{max})$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $C_{OUT} = \text{open}$	–	3.5	–	μs
Frequency Bandwidth	f	–3 dB, $T_A = 25^\circ\text{C}$; I_P is 10 A peak-to-peak	–	80	–	kHz
Nonlinearity	E_{LIN}	Over full range of I_P	–	1.5	–	%
Symmetry	E_{SYM}	Over full range of I_P	98	100	102	%
Zero Current Output Voltage	$V_{IOUT(0)}$	Bidirectional; $I_P = 0 \text{ A}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$	–	$V_{CC} \times 0.5$	–	V
Power-On Time	t_{PO}	Output reaches 90% of steady-state level, $T_J = 25^\circ\text{C}$, 20 A present on leadframe	–	35	–	μs
Magnetic Coupling ²			–	12	–	G/A
Internal Filter Resistance ³	$R_{F(INT)}$			1.7		k Ω

Gambar 4.4 Tabel Karakteristik Pengoperasian ACS712

Sumber: <https://www.allegromicro.com/~media/files/datasheets/acs712-datasheet.ashx>

Kemudian tegangan keluaran tersebut dihubungkan ke pin ADC pada arduino dan arduino mendapatkan nilai ADC dari tegangan keluaran tersebut. Nilai ADC inilah yang akan diproses untuk mendapatkan nilai arus yang sesuai dengan nilai arus yang sebenarnya. Berikut adalah *flowchart* dan kode program yang digunakan dalam pembacaan arus:



Gambar 4.5 *Flowchart* Pembacaan Arus

```

void loop() {
  for ( int i = 0; i < 1000; i++) {
    adc0 = analogRead(A0);
    adc2 = analogRead(A2);
    adc3 = analogRead(A3);
    if ( adc0 > dataMax0) dataMax0 = adc0;
    if ( adc2 > dataMax2) dataMax2 = adc2;
    if ( adc3 > dataMax3) dataMax3 = adc3;
    delay(1);
  }
}
  
```

```

vout0 = dataMax0 * (5.0 / 1023);
vout2 = dataMax2 * (5.0 / 1023);
vout3 = dataMax3 * (5.0 / 1023);

if (dataMax0 < 527) K0 = 0.36;
else if (dataMax0 < 532) K0 = 0.4;
else if (dataMax0 < 543) K0 = 0.47;
else if (dataMax0 < 546) K0 = 0.47;
else if (dataMax0 < 597) K0 = 0.82;
else if (dataMax0 < 602) K0 = 0.85;
else if (dataMax0 < 604) K0 = 1.20;
else if (dataMax0 < 613) K0 = 0.93;

if (dataMax2 < 528) K2 = 0.38;
else if (dataMax2 < 534) K2 = 0.45;
else if (dataMax2 < 544) K2 = 0.50;
else if (dataMax2 < 549) K2 = 0.55;
else if (dataMax2 < 600) K2 = 0.87;
else if (dataMax2 < 604) K2 = 0.93;
else if (dataMax2 < 607) K2 = 1.28;
else if (dataMax2 < 615) K2 = 0.98;

if (dataMax3 < 524) K3 = 0.51;
else if (dataMax3 < 527) K3 = 0.57;
else if (dataMax3 < 533) K3 = 0.64;
else if (dataMax3 < 535) K3 = 0.66;
else if (dataMax3 < 564) K3 = 1.08;
else if (dataMax3 < 566) K3 = 1.06;
else if (dataMax3 < 568) K3 = 1.47;
else if (dataMax3 < 575) K3 = 1.19;

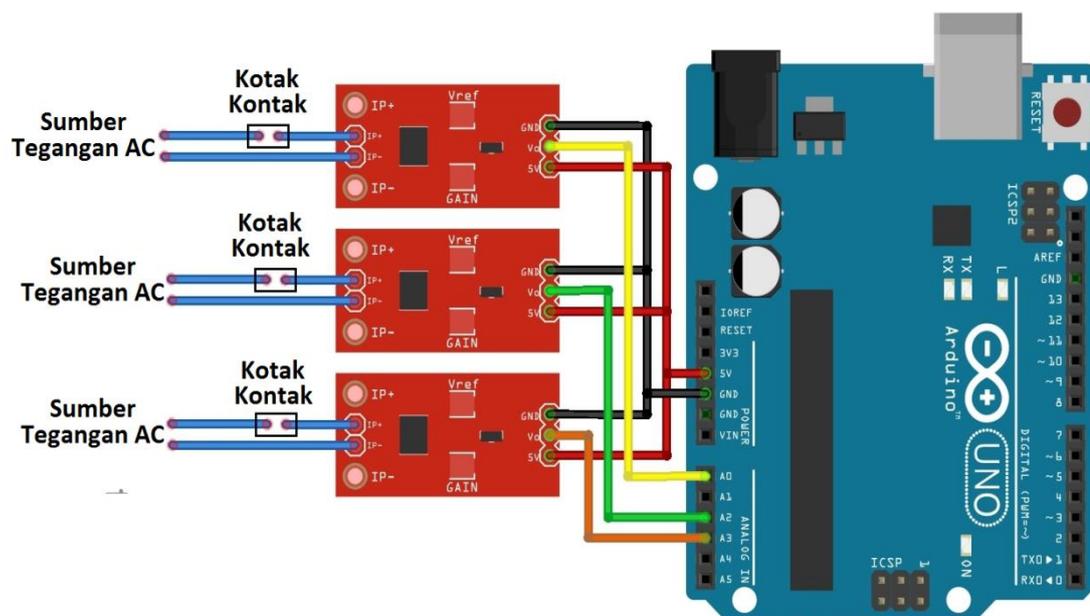
arus0 = (abs(vout0 - 2.50) / 0.185) - K0;
arus2 = (abs(vout2 - 2.50) / 0.185) - K2;
arus3 = (abs(vout3 - 2.50) / 0.100) - K3;
arustotal = arus0 + arus2 + arus3;
if (arus0 < 0.03) arus0 = 0;
if (arus2 < 0.03) arus2 = 0;
if (arus3 < 0.03) arus3 = 0;

```

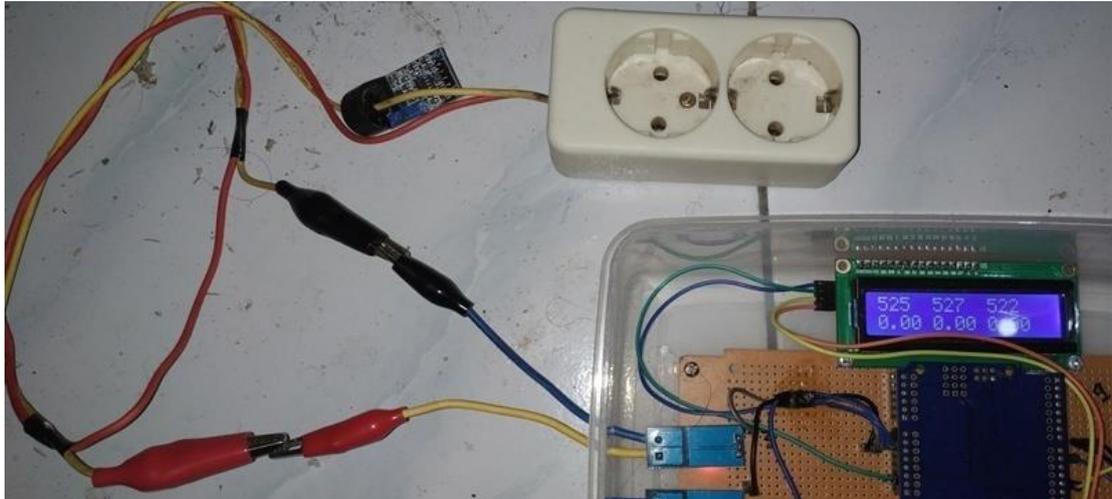
Walaupun dalam *datasheet* diketahui bahwa setiap kenaikan 1A akan menghasilkan tegangan output 185mV, namun dalam kenyataannya tegangan keluarannya tidak stabil. Setelah ditemukan beberapa kendala dalam pembacaan nilai arus oleh sensor arus ACS712 5A, akhirnya ditemukan cara agar didapatkan nilai keluaran dari sensor yang jauh lebih stabil, yaitu dengan metode pemilihan

nilai maksimal. Jadi dilakukan *sampling* sebanyak 1000x dalam satu detik dan dihasilkan 1000 nilai ADC yang berbeda. Dari 1000 nilai ADC tersebut diambil nilai yang paling besar (maksimal). Dengan metode ini nilai ADC yang didapat dan diproses menjadi jauh lebih stabil dan dapat dilakukan pengolahan data sehingga dapat ditampilkan nilai arus yang mendekati dengan nilai arus yang sebenarnya.

Sinyal keluaran sensor arus ACS712 5A ini dihubungkan pada pin A0 dan A2. Pengujian sensor arus ACS712 5A dilakukan dengan menghubungkan sensor arus dengan terminal yang dihubungkan dengan sumber tegangan AC. Kemudian beban dihubungkan satu per satu ke terminal kotak kontak sesuai dengan daya yang tercantum. Pengujian diurutkan dari beban dengan daya terendah ke beban dengan daya tertinggi. Skema pengkabelan tampak seperti pada gambar 4.2.



Gambar 4.6 Skematik Pemasangan Sensor Arus 5A



Gambar 4.7 Pemasangan Sensor Arus pada Rangkaian AC

Pengujian dilakukan dengan mengukur arus yang mengalir pada peralatan rumah tangga yang digunakan dan membandingkan nilai tersebut dengan nilai pada multimeter pengukur arus. Multimeter yang digunakan adalah multimeter Cellkit 9205D. Setiap pergantian beban yang diukur diberi waktu satu menit untuk melihat tingkat kestabilan dari pembacaan arus yang ada. Berikut adalah tabel hasil pengukuran dan pembacaan sensor arus ACS712 5A:

Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor Arus ACS712 5A

No	Nama Alat	Nilai ADC Maksimal	Arus Multimeter (A)	Arus Terukur (A)	Error (%)
1	Beban nol	525	0	0	0
2	Kipas Angin	530	0.09	0.09	0
3	Penanak nasi	541	0.31	0.34	9.6
4	Penanak nasi + Kipas	544	0.40	0.41	2.5
5	Pompa Air	602	1.19	1.17	1.6
6	Seterika	595	1.39	1.42	2.1

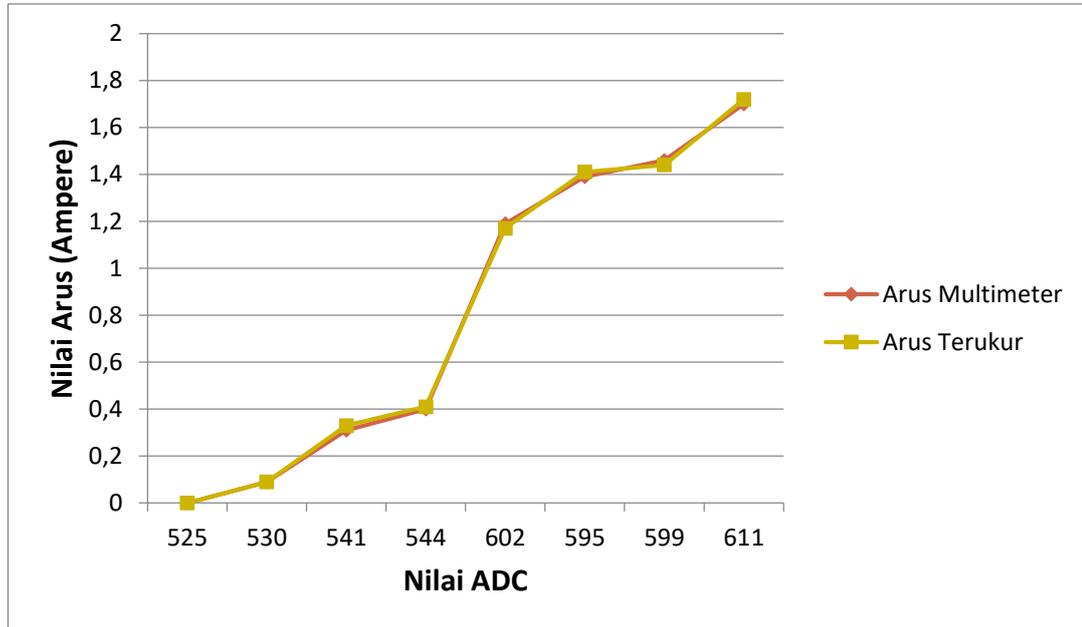
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sensor Arus ACS712 5A (Lanjutan)

No	Nama Alat	Nilai ADC Maksimal	Arus Multimeter (A)	Arus Terukur (A)	<i>Error</i> (%)
7	Seterika + Pompa Air	599	1.46	1.41	3.4
8	Penanak nasi (memasak)	611	1.70	1.66	2.3

Dikarenakan daya listrik yang rendah sebesar 450VA, jadi proses pengujian pembacaan nilai arus hanya terbatas sampai maksimal 2A saja. Dan dikarenakan beban rumah tangga yang terbatas, sehingga *range* kenaikan dari arus yang diukur tidaklah sepenuhnya konstan, tergantung dari beban yang ada. Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa saat dilakukan pengujian dengan arus tertentu, nilai ADC tidaklah sepenuhnya stabil, namun terdapat ± 1 dari normalnya, misalnya saat beban nol harusnya ADC menunjukkan nilai 525, namun ADC kadang terbaca 524 dan 526. Inilah yang mempengaruhi pembacaan nilai akhir dari arus yang sedang mengalir sehingga pembacaan arus juga terbaca $\pm 0.02A$ dari arus *real*, karena setiap kenaikan nilai 1 ADC akan menaikkan arus sebesar 0.02 sampai 0.04A. Semakin kecil arus yang diukur akan menghasilkan presentase kesalahan yang semakin besar dan sebaliknya semakin besar arus yang diukur akan menghasilkan presentase kesalahan yang semakin kecil.

Dari tabel diatas dapat dibuat grafik perbandingan antara nilai ADC dengan arus *real* dan arus yang terbaca.

Grafik 4.1 Perbandingan ADC dengan Arus Terukur dan Arus yang Terbaca



4.2.2. Pengujian Sensor Arus ACS712 20A

Sama halnya dengan sensor arus ACS712 5A, sensor arus ACS712 20A dalam *datasheet* diketahui bahwa setiap kenaikan 1A akan menghasilkan tegangan output 100mV, namun dalam kenyataannya tegangan keluarannya tidak stabil. Pengujian sensor arus ACS712 20A dilakukan bersamaan dengan pengujian sensor arus ACS712 5A dengan dirangkai secara seri dan dengan beban AC yang sama. Untuk prinsip pembacaan arus pada dasarnya sama dengan sensor arus ACS712 5A, hanya berbeda pada arus maksimal yang dapat diukur saja, yaitu 5A dan 20A. Berikut adalah hasil pembacaan arus dengan menggunakan sensor arus ACS712 20A :

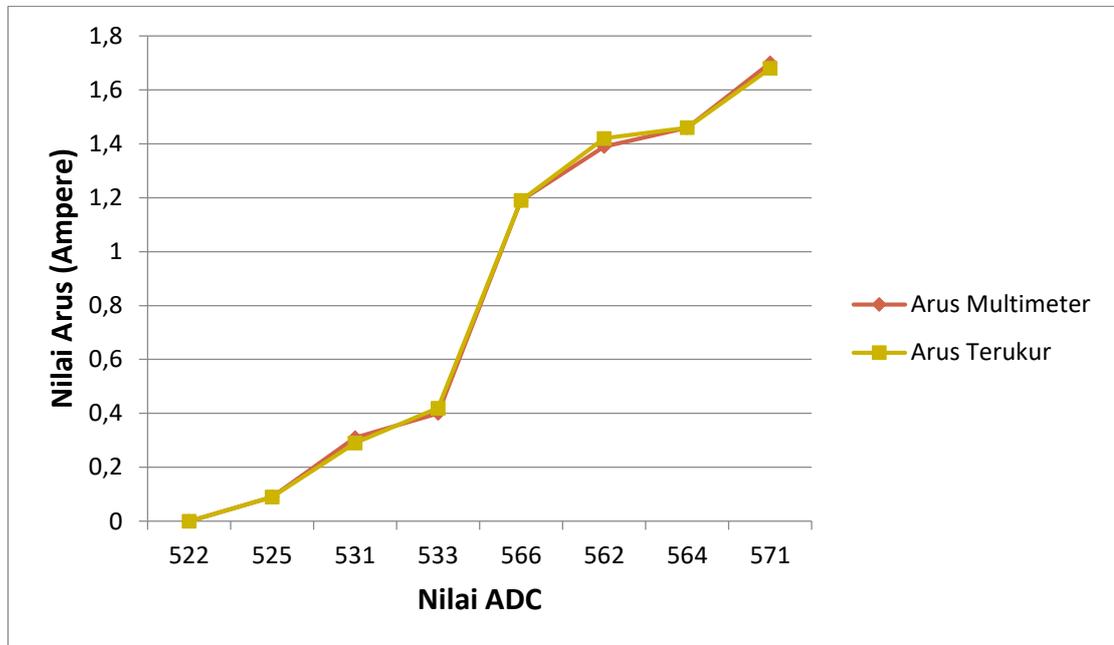
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sesor Arus ACS712 20A

No	Nama Alat	Nilai ADC Maksimal	Arus Multimeter (A)	Arus Terukur (A)	Error (%)
1	Beban Nol	522	0	0	0
2	Kipas Angin	525	0.09	0.09	0

Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sesor Arus ACS712 20A (Lanjutan)

No	Nama Alat	Nilai ADC Maksimal	Arus Multimeter (A)	Arus Terukur (A)	<i>Error</i> (%)
3	Penanak Nasi	531	0.31	0.29	6.4
4	Penanak Nasi + Kipas	533	0.40	0.42	5
5	Pompa Air	566	1.19	1.19	0
6	Seterika	562	1.39	1.42	2.1
7	Seterika + Kipas	564	1.46	1.49	2
8	Penanak Nasi saat Memasak	571	1.70	1.64	3.5

Hampir sama dengan pembacaan arus sensor ACS712 5A, sensor arus ACS712 20A juga dalam pembacaannya mengalami perubahan nilai ADC sebesar ± 1 . Jadi nilai pembacaannya juga mengalami perubahan nilai $\pm 0.03A$. *Range* nilai ADC juga berbeda, sensor arus ACS712 20A menghasilkan nilai ADC yang lebih kecil dikarenakan setiap kenaikan 1A sensor arus ACS712 hanya menghasilkan 100mV tegangan keluaran. Namun dengan pengolahan nilai yang berbeda dengan sensor arus ACS712 5A, arus yang terbaca dapat mendekati nilai arus *real*. Dari tabel diatas dapat dibuat grafik perbandingan antara nilai ADC dengan arus *real* dan arus yang terbaca.

Grafik 4.2 Perbandingan ADC dengan Arus *Real* dan Arus yang Terbaca

4.2.3. Pengujian Penampil LCD 16x2

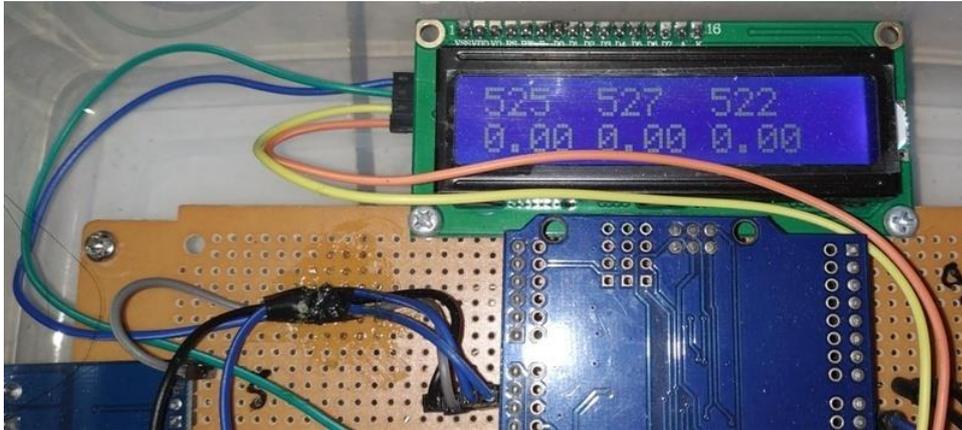
LDC yang digunakan adalah jenis LCD 16x2 dengan modul I2C untuk menghemat penggunaan pin dan memudahkan dalam pemasangan pada PCB. Modul I2C hanya membutuhkan 4pin yaitu *power (+)*, *power (-)*, pin SDA dan pin SCL. Pengujian dilakukan dengan melakukan pemrograman LCD agar menampilkan karakter yang diinginkan, misalnya huruf dan angka. Saat dilakukan pertama kali pengujian, LCD tidak menampilkan karakter baik huruf maupun angka. Namun LCD hanya menampilkan kotak-kotak putih pada setiap titiknya. Setelah dilakukan *troubleshooting* ditemukan masalah yang menyebabkan LCD tidak menampilkan karakter, yaitu pin yang bentrok dengan pin yang digunakan untuk masukan sensor arus ACS712 5A. Sebelumnya sinyal keluaran sensor arus dihubungkan ke pin A4 (ADC 4). Hal ini menyebabkan bentrok dengan penggunaan LCD. Walaupun LCD menggunakan pin SDA dan SCL di bagian *output*, namun ternyata pin A4 pada arduino juga digunakan sebagai pin SDA dan pin A5 pada arduino digunakan sebagai pin SCL. Setelah mengetahui hal tersebut,

dilakukan pemindahan pin keluaran sensor arus ACS712 5A dari sebelumnya dihubungkan ke pin A4 ke pin A2. Sehingga pin A4 dan A5 pada arduino dibiarkan tidak terpakai dan tidak menyebabkan bentrok dengan penggunaan pin SDA dan SCL untuk pin LCD.

Setelah dilakukan perpindahan penggunaan pin tersebut, dilakukan pengujian kembali terhadap LCD 16x2 dengan program seperti berikut:

```
lcd.clear();  
lcd.setCursor(0, 0);  
lcd.print(dataMax0);  
lcd.setCursor(0, 1);  
lcd.print(arus0);  
  
lcd.setCursor(5, 0);  
lcd.print(dataMax2);  
lcd.setCursor(5, 1);  
lcd.print(arus2);  
  
lcd.setCursor(10, 0);  
lcd.print(dataMax3);  
lcd.setCursor(10, 1);  
lcd.print(arus3);
```

Berdasarkan program diatas, sistem memerintahkan LCD untuk menampilkan ketiga nilai ADC yang masing-masing ditempatkan pada posisi 0,0 (ADC0), 5,0 (ADC2) dan 10,0 (ADC3). Kemudian sistem juga memerintahkan LCD untuk menampilkan ketiga nilai arus yang terukur yaitu arus0, arus2 dan arus3 masing-masing pada posisi 0,1 5,1 dan 10,1. Kemudian program diunggah ke arduino uno dan didapatkan hasil sebagai berikut:



Gambar 4.8 Pengujian Penampil LCD

Dapat diketahui dari gambar diatas, LCD menampilkan karakter dan angka secara stabil dan sesuai dengan pemrograman yang sudah dimasukkan ke dalam arduino. Baris atas berupa nilai ADC dari ketiga sensor arus ACS712 dan baris bawah adalah nilai arus dari masing-masing sensor arus ACS712.

4.2.4. Pengujian *Solid State Relay* (SSR)

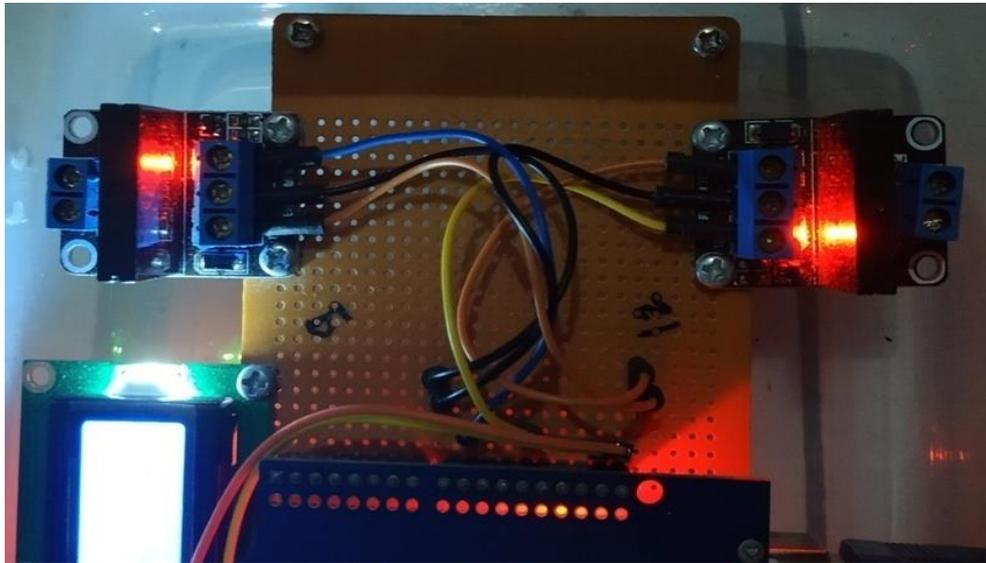
Solid State Relay (SSR) yang digunakan sebanyak dua buah, yaitu digunakan untuk memutus dan menyambungkan rangkaian listrik AC yang terhubung pada sensor arus ACS712 5A pada pin A2 dan sensor arus ACS712 20A pada pin A3. Sumber sinyal SSR (pin Ch1) didapatkan dari output arduino yaitu pin output 9 dan pin output 12, sedangkan untuk pin DC+ dan DC- SSR dihubungkan dengan *power* (+) dan *power* (-) pada arduino sebagai sumbernya. Dikarenakan kedua SSR yang digunakan mempunyai sifat *Low Level Trigger*, maka untuk mengaktifkan SSR pin Ch1 pada masing-masing SSR harus diberikan logika *LOW* untuk menghubungkan rangkaian AC yang dikendalikannya. Sedangkan untuk memutuskan rangkaian yang dikendalikannya, pin Ch1 pada SSR harus diberikan logika *HIGH*. Berikut adalah kode program yang digunakan:

```
digitalWrite(9, LOW);
digitalWrite(12, LOW);

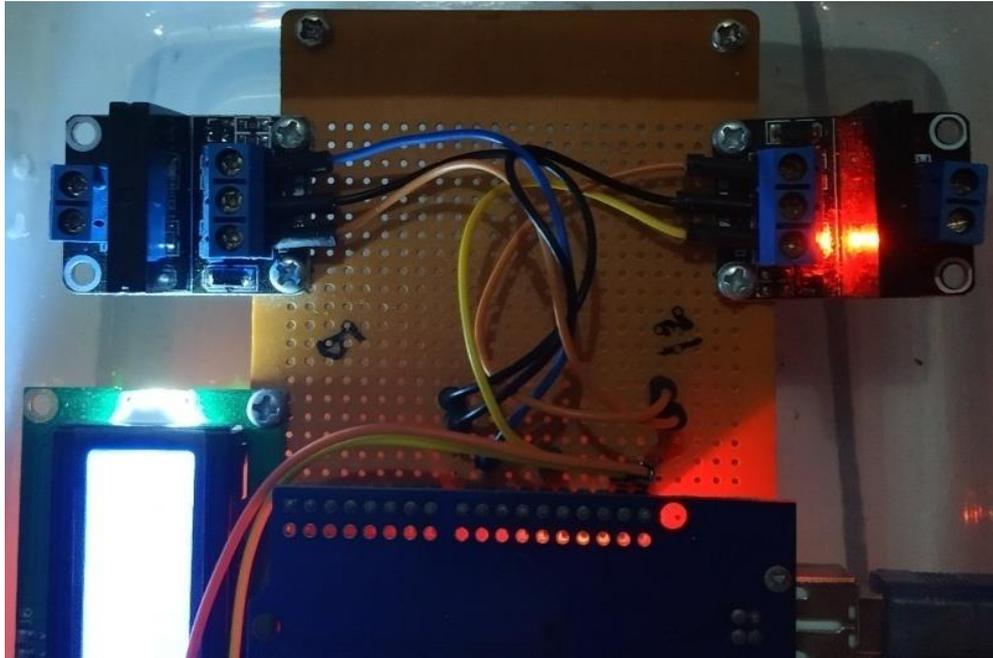
if (arustotal>2.00) digitalWrite(9, HIGH);
if ((arus0>1.65) && (arustotal>2.00)) digitalWrite(12, HIGH);
```

Dari program diatas diketahui bahwa mula mula SSR diatur dalam kondisi *LOW* menandakan kedua SSR dalam kondisi aktif. Kemudian saat arus total mencapai nilai diatas 2 Ampere, maka sistem akan mengubah logika pada SSR9 menjadi *HIGH* dan memberikan logika *LOW* pada SSR12 sehingga SSR9 akan mati dan SSR12 akan tetap aktif mengalirkan arus. Kemudian saat arus total mencapai diatas 2 Ampere dan sensor arus 0 menggunakan arus yang lebih dari 1.65 Ampere, sistem akan memberikan logika *HIGH* pada kedua SSR. Sehingga SSR9 dan SSR12 akan dalam keadaan mati atau tidak mengalirkan arus.

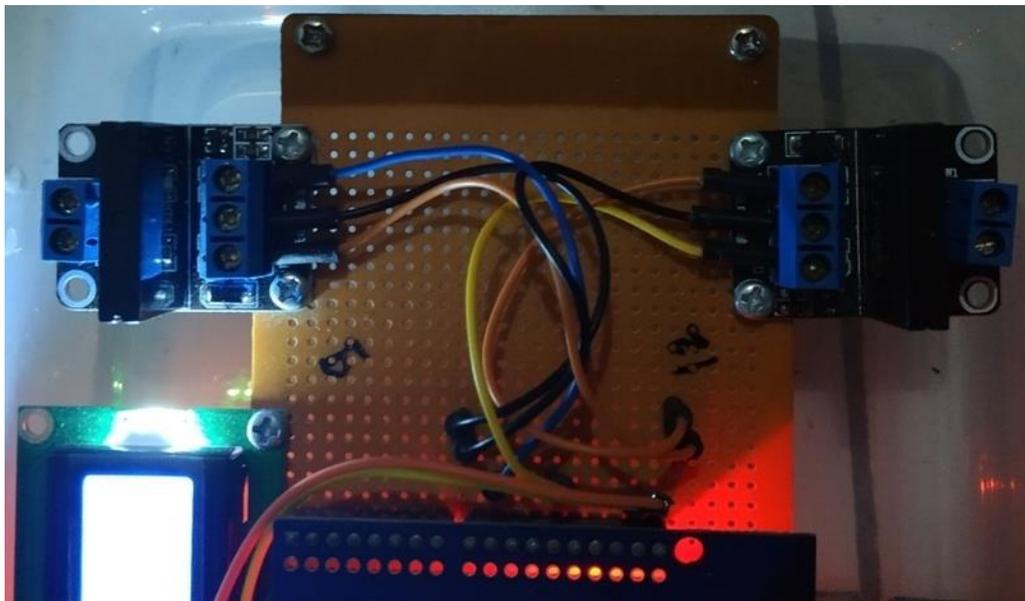
Berikut ini adalah gambar dari hasil pengujian yang telah dilakukan.



Gambar 4.9 Pengujian kedua SSR dalam kondisi *LOW* (Aktif)



Gambar 4.10 Pengujian SSR dalam kondisi *HIGH* (Mati) dan *LOW* (Aktif)



Gambar 4.11 Pengujian kedua SSR dalam kondisi *HIGH* (Mati)

4.2.5. Pengujian Alat Secara Keseluruhan

Alat ini diprogram untuk mendeteksi arus listrik AC yang dideteksi oleh dua buah sensor arus ACS712 5A dan satu buah sensor arus ACS712 20A. Kemudian

sensor tersebut menghasilkan nilai ADC yang diproses lebih lanjut untuk mendapatkan nilai arus yang sama dengan nilai arus *real* yang sedang mengalir. Setelah proses pembacaan tersebut mendapatkan nilai, nilai tersebut ditampilkan pada penampil LCD 16x2 agar nilai dapat dimonitoring secara *real time*. Nilai tersebut juga digunakan sebagai acuan untuk mengendalikan SSR yang digunakan untuk memutuskan dan menghubungkan rangkaian AC. Intinya alat ini diprogram untuk membatasi penggunaan arus listrik yang digunakan. Total arus listrik yang digunakan tidak boleh melebihi 2A, karena rumah dengan daya rendah 450VA hanya mampu mengalirkan arus sebesar 2A saja, jika lebih dari itu maka MCB akan bekerja memutuskan semua aliran listrik atau biasa disebut *trip*. Pengendalian dilakukan dengan cara memutuskan salah satu atau kedua aliran listrik pada rangkaian yang terhubung ke SSR jika aliran arus yang digunakan tinggi. Rangkaian listrik yang tidak terhubung dengan SSR merupakan rangkaian listrik prioritas utama dan tidak boleh terputus. Jadi ketika rangkaian ini menggunakan arus yang besar, maka salah satu atau kedua rangkaian lain akan terputus dan tidak dapat mengalirkan arus listrik. Berikut adalah tabel pengujian alat secara keseluruhan dengan beban-beban listrik AC yang ada di rumah:

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Alat Secara Keseluruhan

No	Sensor Arus 0 (A)	Sensor Arus 2 (A)	Sensor Arus 3 (A)	Total Arus (A)	Kondisi SSR 9	Kondisi SSR 12	Total Arus Setelah Pengkondisian (A)
1	0	0.78	0.35	1.13	Aktif	Aktif	1.13
2	0.09	0.78	0.35	1.22	Aktif	Aktif	1.22
3	0.29	0.78	0.35	1.42	Aktif	Aktif	1.42
4	0.42	0.78	0.35	1.55	Aktif	Aktif	1.55
5	1.19	0.78	0.35	2.32	Mati	Aktif	1.54
6	1.42	0.78	0.35	2.55	Mati	Aktif	1.77
7	1.46	0.78	0.35	2.59	Mati	Aktif	1.81
8	1.68	0.78	0.35	2.81	Mati	Mati	1.68

Dari tabel diatas dapat diketahui, alat ini akan mendeteksi setiap arus yang mengalir pada setiap sensor arus ACS712 dan mengendalikan penggunaannya dengan memutuskan rangkaian pada SSR9 dan SSR12 jika diperlukan agar penggunaan arus tidak mencapai 2 Ampere. Sebagai contoh ketika arus total 1.42 Ampere, karena arus total dibawah 2 Ampere maka kedua SSR akan tetap aktif menghubungkan rangkaian listrik. Kemudian ketika arus total mencapai 2.32 Ampere (melebihi 2 Ampere), maka sistem melakukan pengendalian dengan menonaktifkan SSR9. Sehingga rangkaian yang terhubung pada SSR9 akan terputus (sensor arus 2). Sehingga arus total kini menjadi 1.54 Ampere.

Pengujian juga dilakukan dalam waktu 24 jam penuh untuk mengetahui kehandalan dari sistem yang telah dibuat. Pengujian dilakukan pada tanggal 11 dan 12 November 2018. Berikut adalah tabel hasil dari pengujian selama 24 jam:

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Alat Selama 24 Jam

No	Waktu	Beban yang Aktif	Arus Total (A)	Total Arus Setelah Pengendalian (A)	Keterangan
1	14:00	Kulkas, Penanak Nasi, 2 Kipas Angin, Laptop	1.39	-	Semua Aktif
2	15:00	Kulkas, Penanak Nasi, 2 Kipas Angin, Laptop	1.39	-	Semua Aktif
3	16:00	Kulkas, Penanak Nasi, 2 Kipas Angin, Laptop	1.39	-	Semua Aktif
4	17:00	Kulkas, Pompa Air, 2 Kipas Angin, Laptop	2.28	1.50	Kulkas Mati

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Alat Selama 24 Jam (Lanjutan)

No	Waktu	Beban yang Aktif	Arus Total (A)	Total Arus Setelah Pengendalian (A)	Keterangan
5	18:00	Kulkas, Penanak Nasi, 2 Kipas Angin, Laptop	1.39	-	Semua Aktif
6	19:00	Kulkas, Seterika, 2 Kipas Angin, Laptop, TV	2.67	1.89	Kulkas Mati
7	20:00	Kulkas, Penanak Nasi, 2 Kipas Angin, Laptop, TV	1.58	-	Semua Aktif
8	21:00	Kulkas, Penanak Nasi, 2 Kipas Angin, Laptop, TV	1.58	-	Semua Aktif
9	22:00	Kulkas, Penanak Nasi, 2 Kipas Angin, Laptop, TV	1.58	-	Semua Aktif
10	23:00	Kulkas, Penanak Nasi, 2 Kipas Angin, Laptop, TV	1.58	-	Semua Aktif
11	24:00	Kulkas, Penanak Nasi, Laptop	1.19	-	Semua Aktif
12	1:00	Kulkas, Penanak Nasi, Laptop	1.19	-	Semua Aktif
13	2:00	Kulkas, Penanak Nasi, Laptop	1.19	-	Semua Aktif

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Alat Selama 24 Jam (Lanjutan)

No	Waktu	Beban yang Aktif	Arus Total (A)	Total Arus Setelah Pengendalian (A)	Keterangan
14	3:00	Kulkas, Penanak Nasi	1.09	-	Semua Aktif
15	4:00	Kulkas, Penanak Nasi	1.09	-	Semua Aktif
16	5:00	Kulkas, Penanak Nasi (Memasak)	2.48	1.70	Kulkas Mati
17	6:00	Kulkas, Penanak Nasi, TV	1.28	-	Semua Aktif
18	7:00	Kulkas, Penanak Nasi, TV	1.28	-	Semua Aktif
19	8:00	Kulkas, Penanak Nasi, TV	1.28	-	Semua Aktif
20	9:00	Kulkas, Penanak Nasi, TV, Laptop	1.38	-	Semua Aktif
21	10:00	Kulkas, Pompa Air, 2 Kipas Angin, TV, Laptop	2.47	1.69	Kulkas Mati
22	11:00	Kulkas, Penanak Nasi, 2 Kipas Angin, Laptop, TV	1.58	-	Semua Aktif

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Alat Selama 24 Jam (Lanjutan)

No	Waktu	Beban yang Aktif	Arus Total (A)	Total Arus Setelah Pengendalian (A)	Keterangan
23	12:00	Kulkas, Penanak Nasi, 2 Kipas Angin, Laptop	1.39	-	Semua Aktif
24	13:00	Kulkas, Penanak Nasi, 2 Kipas Angin, Laptop	1.39	-	Semua Aktif

4.2.6. Kendala

Kendala yang dihadapi dalam pembuatan alat ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu berupa kendala *hardware* dan kendala *software*. Berikut kendala-kendala yang timbul dalam pembuatan alat ini:

A. Kendala *Hardware*

Kendala *hardware* terjadi selama pembuatan PCB. Dikarenakan pembuatan PCB menggunakan PCB lubang, sering terjadi kerusakan pada kuningan PCB dan harus dilakukan penggantian posisi komponen. Kemudian proses penyolderan yang tidak rapi pada LCD mengakibatkan terhubungnya pin LCD sehingga terjadi *short circuit* dan menyebabkan LCD mati, oleh karena itu dilakukan penggantian LCD dengan menggunakan modul I2C LCD. Selain lebih mudah dalam penggunaannya, modul I2C dapat menghemat penggunaan pin pada arduino. Jika sebelumnya LCD memerlukan 6pin *output*, dengan adanya modul I2C ini penggunaan pin hanya memerlukan 2pin saja yaitu pin SCL dan SDA. Kemudian karena terbatasnya sirkuit pada bagian kuningan PCB, maka beberapa komponen dihubungkan dengan menggunakan kabel *jumper* yang dihubungkan dengan PCB. Kemudian kendala yang fatal adalah sensor arus ACS712 5A ke-3 sering terjadi masalah, yaitu sensor

tidak dapat membaca arus yang sedang mengalir dan dilakukan penggantian sensor dengan sensor ACS712 5A yang baru. Namun walau sudah dilakukan penggantian, sensor tersebut masih tidak dapat membaca arus yang mengalir. Kemudian dicoba dengan menggunakan sensor arus ACS712 20A. Setelah dilakukan pengujian, sensor bekerja dengan baik dengan pembacaan sensor yang sama dengan kedua sensor ACS712 5A lainnya. Jadi akhirnya sensor arus yang digunakan adalah dua buah sensor arus ACS712 5A dan satu sensor arus ACS712 20A. Untuk Arduino dan modul SSR tidak ada masalah selama proses pembuatan rangkaian PCB.

B. Kendala Software

Kendala *software* yang dihadapi berupa kendala dalam pembacaan sensor arus ACS712. Sebelum mencapai hasil pembacaan nilai yang maksimal ditemukan beberapa kendala yang dialami. Kendala tersebut adalah:

1. Nilai keluaran ADC dari sensor arus ACS712 tidaklah stabil jika digunakan langsung sebagai input pada sistem. Ketika arus tidak mengalir, pembacaan sensor menunjukkan nilai ADC 525, namun ketika diberikan arus senilai 0.5A, nilai ADC tidaklah naik justru semakin kecil yaitu mencapai 300 dan maksimal mencapai nilai 552. Jadi, pembacaan langsung pada sensor arus ACS712 tidak menunjukkan nilai yang stabil.
2. Nilai keluaran ADC telah dicoba untuk diproses dengan cara mengambil data rata-rata dengan metode *sampling* sebanyak 1000x dalam satu detik. Namun hasil yang didapat tetaplah tidak menunjukkan nilai yang stabil. Walau telah dilakukan *sampling* pembacaan arus 0.5A masih menunjukkan ADC dengan nilai antara 300 sampai 550.
3. Telah dicoba juga digunakan sensor arus jenis trafo CT, yaitu sensor ZHT103. Dilakukan hal yang sama dengan menggunakan ADC secara langsung maupun dilakukan *sampling* dan diambil rata-ratanya. Namun hasil yang didapat juga tidak menunjukkan nilai yang stabil, bahkan lebih parah daripada menggunakan sensor arus ACS712. Didapatkan hasil dengan nilai ADC yang sama pada pengukuran arus 1A dan 1.4A.

Setelah mengalami kendala-kendala tersebut, akhirnya ditemukan cara agar nilai ADC yang didapat dari pembacaan sensor arus ACS712 menjadi stabil, yaitu dengan metode nilai maksimal. Jadi dilakukan *sampling* sebanyak 1000x selama 1detik. Kemudian dari 1000 nilai tersebut diambil nilai yang paling tinggi. Dengan metode ini didapatkan nilai yang jauh lebih stabil dibandingkan ketiga cara diatas.