



TUGAS AKHIR - TF 145565

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
SUMBER ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK RUMAH
DENGAN AUTO SWITCHING SUMBER LISTRIK
PLN DAN PLTS BERDASARKAN KAPASITAS
DAYA ACCU SERTA DAYA MAKSIMAL BEBAN
BERBASIS MICROCONTROLLER ATMEGA16**

**Muhammad Rifqi Hikmawan
NRP 2413.031.032**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc
NIP. 19620822 198803 1 001**

**PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016**



FINAL PROJECT - TF 145565

**DESIGN BUILD OF CURRENT AND VOLTAGE
HOME SOURCE CONTROL SYSTEM WITH
AUTO - SWITCHING PLN AND PLTS ELECTRIC
SOURCE UNDER ACCU POWER CAPACITY AND
MAXIMUM POWER LOAD BASED
MICROCONTROLLER ATMEGA16**

**Muhammad Rifqi Hikmawan
NRP 2413.031.032**

Advisor Lecturer
**Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc
NIP. 19620822 198803 1 001**

***DIPLOMA III METROLOGY AND INSTRUMENTATION
DEPARTEMEN OF ENGINEERING PHYSICS
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016***

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
SUMBER ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK RUMAH
DENGAN AUTO SWITCHING PLN DAN PLTS
BERDASARKAN KAPASITAS DAYA ACCU SERTA
DAYA MAKSIMAL BEBAN BERBASIS
MICROCONTROLLER ATMEGA16**

TUGAS AKHIR

Oleh :

**Muhammad Rifqi Hikmawan
NRP. 2413 031 032**

**Surabaya, 29 Juli 2016
Mengetahui / Menyetujui**

Dosen Pembimbing



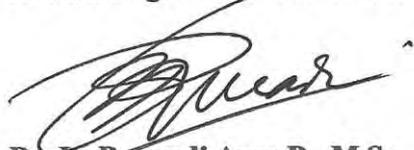
**Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc.
NIP. 19620822 198803 1 001**

**Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI - ITS**



**Agus Muhammad Hatta, ST, M.Si, Ph.D
NIP. 19780902 200312 1 002**

**Ketua Program Studi
DIII Metrologi dan Instrumentasi**



**Dr. Ir. Purwadi Agus D., M.Sc.
NIP. 19620822 198803 1 001**

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
SUMBER ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK RUMAH
DENGAN AUTO SWITCHING PLN DAN PLTS
BERDASARKAN KAPASITAS DAYA ACCU SERTA
DAYA MAKSIMAL BEBAN BERBASIS
MICROCONTROLLER ATMEGA16**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
Pada
Program Studi DIII Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan Teknik Fisika
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

Muhammad Rifqi Hikmawan
NRP. 2413 031 032

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc.  (Dosen Pembimbing)
2. Ir. Ya'umar, MT (Ketua Tim Penguji)
3. Andi Rahmadiansah, ST., MT.  (Dosen Penguji 1)
4. Bagus Tris Atmaja, ST., M.T.  (Dosen Penguji 2)
5. Murry Raditya, ST., MT.  (Dosen Penguji 3)

SURABAYA
29 JULI 2016

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
SUMBER ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK RUMAH
DENGAN AUTO SWITCHING SUMBER LISTRIK
PLN DAN PLTS BERDASARKAN KAPASITAS
DAYA ACCU SERTA DAYA MAKSIMAL BEBAN
BERBASIS MICROCONTROLLER ATMEGA16**

Nama Mahasiswa : Muhammad Rifqi Hikmawan
NRP : 2413 031 032
Program Studi : D3 Metrologi dan Instrumentasi,
Jurusan : Teknik Fisika FTI - ITS
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M. Sc.

Abstrak

Salah satu sumber energi terbarukan saat ini adalah sinar matahari. fotovoltaik digunakan untuk mengubah energi sinar matahari menjadi energi listrik. Oleh karena biaya energi listrik yang semakin mahal, maka perlu adanya rancang bangun sistem hybrid antara fotovoltaik (PLTS) dan PLN untuk mengatasi masalah tersebut. Sistem ini menggunakan teknologi *auto switching* sumber PLN dan PLTS berdasarkan kapasitas daya *accu* dari PLTS dan daya maksimal beban yang telah ditentukan. Agar sistem dapat berjalan dengan baik, maka dilakukan pengujian sensor arus beban, level tegangan *accu*, dan daya maksimal beban yang dapat disuplai oleh PLTS. Dari hasil pengujian didapatkan nilai rata - rata *error* pembacaan sensor arus sebesar 0,30% saat menggunakan sumber PLN, dan sebesar 14,75% saat menggunakan sumber PLTS. Lalu, sumber listrik beban akan *switch* ke PLN saat level tegangan aki bernilai 11,70 V, dan akan *switch* ke PLTS saat level tegangan aki mencapai tegangan 12,69 V. Ketika daya beban kurang dari 100 watt, maka sumber listrik beban *switch* ke PLTS. Ketika daya beban lebih dari 100 watt, maka sumber listrik beban *switch* ke PLN.

Kata kunci : daya listrik, tegangan listrik, arus listrik, PLN, PLTS, fotovoltaik, *hybrid*

**DESIGN BUILD OF CURRENT AND VOLTAGE
HOME SOURCE CONTROL SYSTEM WITH
AUTO - SWITCHING PLN AND SPP ELECTRIC SOURCE
UNDER ACCU POWER CAPACITY AND MAXIMUM
POWER LOAD BASED MICROCONTROLLER ATMEGA16**

Student Name : Muhammad Rifqi Hikmawan
NRP : 2413 031 032
Study Program : D3 Metrologi dan Instrumentasi,
Major : Teknik Fisika FTI - ITS
Advisor Lecturer : Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M. Sc.

Abstract

One of the renewable energy source is the sun. Photovoltaic is used to convert sunlight into electrical energy. Due to the cost of electrical energy is more expensive, it is necessary to design a hybrid system between photovoltaic (SPP) and PLN to resolve the issue. The system uses auto switching technology between PLN and solar power sources based power capacity batteries from the solar power plant and the maximum power load has been determined. In order that the system can work well, then do the test sensor load current, battery voltage levels, and the maximum power load can be supplied by solar. From the test results, obtained value of the average error current sensor readings of 0.30% when using source PLN, and 14.75% when using solar power source. Then, the power source will switch to PLN load when the battery voltage level is worth 11.70 V, and will switch to solar power when the battery voltage reaches a voltage level of 12.69 V. When the power load is less than 100 watts, the power source load switch to solar power. When power loads greater than 100 watts, the power source load switch to PLN.

Keywords : *electrical power , voltage electricity, electric current, PLN, SPP, photovoltaic, hybrid.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	2
1.5. Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. <i>Photovoltaic</i>	5
2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).....	5
2.3. Pembangkit Listrik Tenaga <i>Hybrid</i> (PLTH).....	13
2.3.1. Pengertian.....	13
2.3.2. Cara Kerja PLTH Secara Umum.....	14
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	17
3.1. <i>Flowchart</i> Perancangan Alat.....	17
3.2. Gambaran Umum Tugas Akhir.....	18
3.3. Perancangan Alat Tugas Akhir.....	27
3.3.1. Perancangan Sistem <i>Auto Switching</i> PLN dan PLTS.....	27
3.3.2. Perancangan <i>Wiring</i> Sistem.....	28
3.3.3. Perancangan dan Simulasi Rangkaian <i>Driver</i> <i>Relay</i>	30
3.3.4. Perancangan Program Sistem Kontrol <i>Auto</i> <i>Switching</i> PLN dan PLTS.....	31

BAB IV ANALISA DATA	33
4.1. Pengujian Sensor.....	33
4.2. Pengujian <i>Auto Switching</i> PLN dan PLTS.....	34
4.2.1. <i>Auto Switching</i> Berdasarkan Kapasitas Daya <i>Accu</i>	36
4.2.2. <i>Auto Switching</i> Berdasarkan Daya Maksimal Beban.....	36
4.3. Pembahasan	37
 BAB V PENUTUP	 41
5.1. Kesimpulan	41
5.2. Saran	41

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A SPESIFIKASI *SOLAR CHARGE CONTROLLER*

LAMPIRAN B SPESIFIKASI PANEL SURYA

LAMPIRAN C DATASHEET *RELAY*

LAMPIRAN D *DATASHEET* ATMEGA16

LAMPIRAN E *DATASHEET* ACS712

LAMPIRAN F *LISTING PROGRAM* PADA ATMEGA16

LAMPIRAN G RANGKAIAN SIMULASI *AUTO SWITCHING* PLN DAN PLTS

LAMPIRAN H PENGUJIAN SENSOR ACS712

LAMPIRAN I PENGUJIAN LEVEL TEGANGAN *ACCU*

LAMPIRAN J PENGUJIAN DAYA MAKSIMAL BEBAN

**LAMPIRAN K PENGUJIAN SENSOR ACS 712 SAAT
SWITCHING PLTS KE PLN**

**LAMPIRAN L PENGUJIAN SENSOR ACS 712 SAAT
SWITCHING PLN KE PLTS**

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Siklus Pengisian pada Jenis Aki Otomotif dan <i>Deep Cycle</i>	9
Tabel 2.2. <i>State of Charge Battery Standard 12 V</i>	10
Tabel 2.3. Voltase <i>Charging</i> untuk Berbagai Jenis Aki	11

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Skema <i>Solar Home System</i>	6
Gambar 2.2.	<i>Charging Mode Solar Charge Controller</i>	8
Gambar 2.3	Jenis <i>Aki Starter</i> (a) dan <i>Deep Cycles</i> (b)	9
Gambar 2.4.	Macam Sinyal <i>Output Inverter</i>	13
Gambar 2.5.	Sistem PLTH Kombinasi Tenaga Surya dan <i>Diesel Generator</i>	14
Gambar 3.1.	<i>Flowchart</i> pengerjaan tugas akhir	17
Gambar 3.2.	Panel Surya <i>Poly - crystalline</i> 30 WP	18
Gambar 3.3.	Aki Basah 12V 65Ah	19
Gambar 3.4.	<i>Solar Charge Controller</i> 12V 10A	20
Gambar 3.5.	<i>Wiring</i> pada <i>Solar Charge Controller</i>	21
Gambar 3.6.	<i>Inverter</i> 12 VDC to 220 VAC 2000 Watt <i>Modified Sine Wave</i>	22
Gambar 3.7.	Modul ACS 712 Hall Effect Current Sensor 5A	23
Gambar 3.8.	Rangkaian Transistor dan Optocoupler Sebagai <i>Switch</i>	24
Gambar 3.9.	Peletakan Sensor ACS 712 20A	24
Gambar 3.10.	<i>Auto Switching Driver Relay</i>	25
Gambar 3.11.	<i>Minimum System</i> ATmega16	26
Gambar 3.12.	<i>Block Flow Diagram</i> Perancangan Alat	28
Gambar 3.13.	<i>Wiring</i> Sistem <i>Auto Switching</i> PLN dan PLTS ..	29
Gambar 3.14.	Simulasi Rangkaian <i>Driver Relay Auto</i> <i>Switching</i> PLN dan PLTS	31
Gambar 3.15.	Tampilan <i>Software CodeVision AVR 2.05.3</i>	32
Gambar 4.1.	Grafik Respon Pembacaan Daya Beban dengan Sumber dari PLN dan PLTS	33
Gambar 4.2.	Grafik Respon Pembacaan Daya Beban Saat <i>Switching</i> Sumber PLTS ke PLN	34
Gambar 4.3.	Grafik Respon Pembacaan Daya Beban Saat <i>Switching</i> Sumber PLN ke PLTS	35
Gambar 4.4.	Grafik Level Tegangan Minimal dan Maksimal Aki untuk <i>Switching</i> Listrik Sumber Beban	36

Gambar 4.5. Grafik *Auto Switching* Sumber Listrik
Beban Berdasarkan Daya Maksimal Beban.....37

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Energi surya adalah energi berupa panas dan cahaya yang dipancarkan matahari. Energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang sangat penting untuk dikembangkan dan dimanfaatkan dalam kehidupan sehari - hari. Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi alternatif untuk mengatasi krisis energi, khususnya minyak bumi, yang terjadi sejak tahun 1970-an mendapat perhatian yang cukup besar dari banyak negara di dunia. Di samping jumlahnya yang tidak terbatas, pemanfaatannya juga tidak menimbulkan polusi yang dapat merusak lingkungan. Cahaya atau sinar matahari dapat dikonversi menjadi listrik dengan menggunakan teknologi sel surya atau fotovoltaik.^[1]

Indonesia mempunyai potensi energi surya yang melimpah. Namun melimpahnya sumber energi surya di Indonesia belum dimanfaatkan secara optimal potensi energi surya di Indonesia sangat besar yakni sekitar 4.8 KWh/m² atau setara dengan 112.000 GWp, namun yang sudah dimanfaatkan baru sekitar 10 MWp. Saat ini pemerintah telah mengeluarkan roadmap pemanfaatan energi surya yang menargetkan kapasitas PLTS terpasang hingga tahun 2025 adalah sebesar 0.87 GW atau sekitar 50 MWp/tahun. Jumlah ini merupakan gambaran potensi pasar yang cukup besar dalam pengembangan energi surya di masa datang.^[1]

Dengan memanfaatkan teknologi sel surya tersebut, kita dapat menggantikan energi listrik yang diambil dari PLN dengan energi listrik yang diambil dari sel surya (fotovoltaik) untuk memenuhi kebutuhan listrik di segala bidang kehidupan manusia. Hal tersebut cukup efisien dalam mengurangi biaya listrik yang digunakan setiap waktunya. Oleh karena itu, perlu adanya pembuatan rancang bangun sistem pengendalian sumber arus dan tegangan listrik rumah dengan *auto switching* sumber listrik PLN dan PLTS berdasarkan kapasitas daya *accu* serta daya maksimal

beban berbasis microcontroller ATmega16. Adapun plant yang digunakan pada perancangan ini adalah skala rumah, sehingga diharapkan hasil percobaan tugas akhir ini dapat diterapkan di rumah - rumah penduduk Indonesia.

1.2. Rumusan Masalah

Pada pelaksanaan tugas akhir ini, permasalahan yang diangka, yaitu :

1. bagaimana merancang suatu sistem pengendalian sumber arus dan tegangan listrik rumah dengan *auto switching* sumber listrik PLN dan PLTS berdasarkan kapasitas daya *accu* serta daya maksimal beban berbasis microcontroller ATmega16?
2. bagaimana respon dari sistem pengendalian sumber arus dan tegangan listrik rumah ketika *switching* ke sumber listrik PLN atau PLTS berdasarkan kapasitas daya *accu* serta daya maksimal beban berbasis microcontroller ATmega16?

1.3. Tujuan

Tujuan yang dicapai dalam tugas akhir ini adalah dapat melakukan rancang bangun sistem pengendalian sumber arus dan tegangan listrik rumah dengan *auto switching* sumber listrik PLN dan PLTS berdasarkan kapasitas daya *accu* serta daya maksimal beban berbasis microcontroller ATmega16.

1.4. Batasan Masalah

Perlu diberikan beberapa batasan masalah agar pembahasan tidak meluas dan menyimpang dari tujuan. Adapun batasan masalah dari sistem yang dirancang ini adalah sebagai berikut :

- a. Merancang sistem yang dibutuhkan dalam pembuatan rancang bangun sistem pengendalian sumber arus dan tegangan listrik rumah dengan *auto switching* sumber PLN dan PLTS.
- b. Daya beban maksimal yang dapat disuplai dari sumber PLTS telah ditetapkan sebagai set point.

- c. *Switching* PLN dan PLTS dapat terjadi pada waktu kapanpun (siang ataupun malam).
- d. Sumber listrik utama yang dipakai adalah PLTS.

1.5. Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini adalah agar dapat digunakan sebagai sistem pengendalian sumber arus dan tegangan listrik rumah dengan *auto switching* antara PLN dan PLTS menggunakan *microcontroller* ATMega16.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Photovoltaic

Photovoltaic (PV) adalah suatu sistem atau cara langsung untuk mentransfer radiasi matahari atau energi cahaya menjadi energi listrik. Sistem *photovoltaic* bekerja dengan prinsip efek *photovoltaic*. Efek *photovoltaic* pertama kali ditemukan oleh Henri Becquerel pada tahun 1839. Efek *photovoltaic* adalah fenomena dimana suatu sel *photovoltaic* dapat menyerap energi cahaya dan merubahnya menjadi energi listrik. Efek *photovoltaic* didefinisikan sebagai suatu fenomena munculnya voltase listrik akibat kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat di-*expose* di bawah energi cahaya.

Energi *Solar* atau radiasi cahaya terdiri dari biasan foton-foton yang memiliki tingkat energi yang berbeda-beda. Perbedaan tingkat energi dari foton cahaya inilah yang akan menentukan panjang gelombang dari spektrum cahaya. Ketika foton mengenai permukaan suatu sel PV, maka foton tersebut dapat dibiaskan, diserap, ataupun diteruskan menembus sel PV. Foton yang terserap oleh sel PV inilah yang akan memicu timbulnya energi listrik.^[1]

2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan jenis pembangkit energi listrik alternatif yang dapat mengkonversi energi cahaya menjadi energi listrik. Secara umum, ada dua cara pembangkit listrik tenaga surya untuk dapat menghasilkan energi listrik, yaitu :

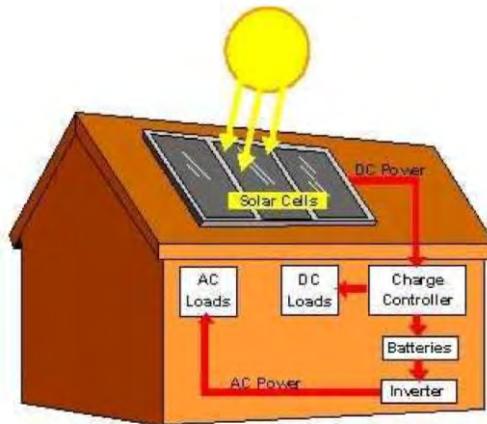
a. Pembangkit Listrik Surya Termal (*Solar Thermal Power Plants*)

Pembangkit ini juga biasa dikenal sebagai pembangkit listrik surya terkonsentrasi (*Concentrated Solar Power Plants*). Energi matahari digunakan secara terkonsentrasi untuk memanaskan suatu fluida yang kemudian fluida tersebut akan memanaskan air. Air yang panas akan

menghasilkan uap yang mana digunakan untuk memutar turbin sehingga dapat menghasilkan energi listrik.

b. Pembangkit Listrik Surya Fotovoltaik (*Solar Photovoltaic Plants*)

Pembangkit jenis ini memanfaatkan sel surya (*Solar cell*) atau sel fotovoltaik untuk mengkonversi radiasi cahaya menjadi energi listrik secara langsung dengan memasang beberapa panel surya hingga membentuk *array*.^[2]



Gambar 2.1 Skema *Solar Home System*

Dalam pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) skala rumah tangga, diperlukan empat komponen utama seperti gambar 2.1, yaitu :

1. Panel Surya

Panel surya adalah alat yang digunakan untuk mengubah sinar matahari menjadi listrik. Dalam sinar matahari terkandung energi dalam bentuk foton. Ketika foton mengenai permukaan sel surya, elektron - elektronnya akan tereksitasi dan menimbulkan aliran listrik. Prinsip ini dikenal sebagai prinsip fotoelektrik.

Terdapat setidaknya dua jenis panel surya yaitu monokristalin (*mono - crystalline*) dan polikristalin (*poly - crystalline*). Panel surya monokristalin merupakan panel yang paling efisien dalam menghasilkan daya listrik per satuan luas dan dirancang untuk penggunaan dengan konsumsi daya besar pada tempat beriklim tropis. Kelemahan dari tipe ini adalah tidak akan berfungsi dengan baik di tempat yang cahaya matahari kurang (teduh) atau berawan. Sedangkan panel surya polikristalin memiliki efisiensi yang lebih rendah dibandingkan tipe monokristalin karena memerlukan luas permukaan yang lebih besar untuk menghasilkan daya listrik yang sama dengan tipe monokristalin. Namun, masih memiliki keunggulan yaitu masih dapat mengkonversi energi dengan baik pada cuaca yang berawan.^[3]

2. *Solar Charge Controller*

Solar charge controller merupakan komponen penting dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang berfungsi untuk :

- *Charging mode* : pengisian baterai (kapan baterai diisi, menjaga pengisian jika baterai sudah penuh).
- *Operation mode* : penggunaan baterai ke beban (pelayanan baterai ke beban diputus kalau baterai sudah mulai kosong).

Dalam *charging mode*, umumnya baterai diisi dengan metoda *three stage charging*:

a. Fase *bulk*

Baterai akan di-charge sesuai dengan tegangan *setup bulk* (antara 14.4 - 14.6 Volt) dan arus diambil secara maksimum dari panel surya / *Solar cell*. Pada saat baterai sudah pada tegangan *setup (bulk)* dimulailah fase *absorption*.

b. Fase *absorption*

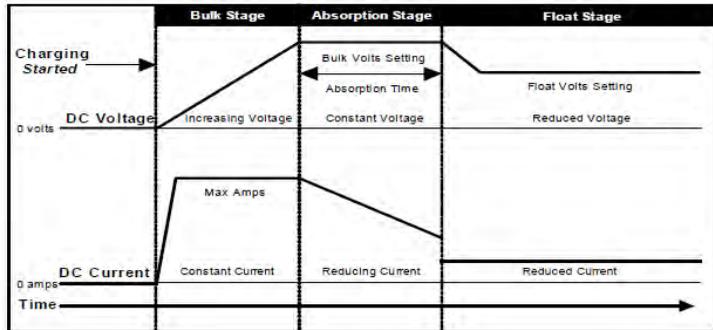
Pada fase ini, tegangan baterai akan dijaga sesuai dengan tegangan *bulk*, sampai *Solar charge controller*

timer (umumnya satu jam) tercapai, arus yang dialirkan menurun sampai tercapai kapasitas dari baterai.

c. Fase *float*

Baterai akan dijaga pada tegangan *float setting* (umumnya 13.4 - 13.7 Volt). Beban yang terhubung ke baterai dapat menggunakan arus maksimum dari panel surya / *Solar cell* pada *stage* ini.

Berikut ini merupakan grafik proses *charging Solar charge controller* yang dapat dilihat pada gambar 2.12



Gambar 2.2 *Charging Mode Solar Charge Controller*

Dalam *operation mode*, baterai akan melayani beban. Apabila ada *over - discharge* atau *over - load*, maka baterai akan dilepaskan dari beban. Hal ini berguna untuk mencegah kerusakan dari baterai.^[3]

3. Aki

Aki adalah media penyimpanan muatan listrik. Secara garis besar aki dibedakan berdasarkan aplikasi dan konstruksi. Berdasarkan aplikasi, aki dibedakan menjadi aki untuk *engine starter* (otomotif) dan *deep cycle*. Aki otomotif umumnya dibuat dengan pelat timbal yang tipis namun banyak sehingga luas permukaannya besar seperti pada gambar 2.3(a). Dengan demikian aki ini bisa

menyuplai arus listrik yang besar pada awal untuk menghidupkan mesin. Sedangkan aki *deep cycle* biasanya digunakan untuk sistem fotovoltaik dan *back up power*, dimana aki mampu mengalami *discharge* hingga muatan listriknya tinggal sedikit.



Gambar 2.3 Jenis Aki Starter (a) dan Deep Cycles(b)

Jenis aki *starter* sebaiknya tidak mengalami *discharge* hingga melampaui 50% kapasitas muatan listriknya untuk menjaga keawetan aki. Apabila muatan aki basah sampai di bawah 50% dan dibiarkan dalam waktu lama (berhari – hari tidak di-charge kembali), maka kapasitas muatan aki tersebut akan berkurang sehingga menjadi tidak awet dikarenakan proses pengendapan asam sulfat yang menempel pada pelat ketika muatan aki tidak penuh (di bawah 50%). Keawetan aki berkaitan dengan banyaknya *discharging* pada kedua jenis aki tersebut yang ditunjukkan pada Tabel 2.1.^[4]

Tabel 2.1 Siklus Pengisian pada Jenis Aki Otomotif dan *Deep Cycle*

<i>Depth of Discharge</i>	<i>Starter Battery</i>	<i>Deep Cycle Battery</i>
100%	12 – 15 <i>cycles</i>	150 – 200 <i>cycles</i>
50%	100 – 120 <i>cycles</i>	400 – 500 <i>cycles</i>
130 – 150 <i>cycles</i>	130 – 150 <i>cycles</i>	1000 and more <i>cycles</i>

Masa baterai dihitung dalam jumlah *cycle*. Satu *cycle* adalah satu kali penggunaan dan pengisian. *Depth of discharge* (jumlah pemakaian ampere baterai), mempengaruhi jumlah *cycle* baterai aki. Pada suhu 25 derajat Celcius:

- 150 - 200 *cycle* dengan 100 persen *depth of discharge* (*full discharge*).
- 400 - 500 *cycle* dengan 50 persen *depth of discharge* (*partial discharge*).
- 1000 atau lebih dengan 30 persen *depth of discharge* (*shallow discharge*).^[8]

Dalam melakukan charging/discharging, aki memiliki kapasitas muatan yang tersisa di dalamnya berdasarkan tegangan aki yang dimilikinya seperti pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 *State of Charge Battery Standard 12 V*

<i>State of Charge</i>	<i>12 Volt Battery</i>	<i>Volts per Cell</i>
100%	12.7	2.12
90%	12.5	2.08
80%	12.42	2.07
70%	12.32	2.05
60%	12.20	2.03
50%	12.06	2.01
40%	11.9	1.98
30%	11.75	1.96
20%	11.58	1.93
10%	11.31	1.89
0%	10.5	1.75

Secara konstruksi aki dibedakan menjadi aki basah (konvensional, *flooded lead acid*), *sealed lead acid* (SLA), *valve regulated lead acid* (VRLA), gel, dan AGM (*absorbed glass mat*). Dimana semuanya merupakan aki yang berbasis asam timbal (*lead acid*). Tabel 2.2 menunjukkan voltase yang diperlukan untuk proses

absorption charging (dengan arus maksimum) dan *float charging* (untuk mencegah *self discharging*) pada jenis – jenis aki tersebut.^[5]

Tabel 2.3 Voltase *Charging* untuk Berbagai Jenis Aki

<i>Type</i>	<i>Typical Absorption Voltage Range</i>	<i>Typical Float Voltage Range</i>
<i>Flooded</i>	14.2 to 14.5 V	13.2 to 13.5 V
<i>Sealed</i>	14.2 to 14.5 V	13.2 to 13.5 V
VRLA	14.2 to 14.5 V	13.2 to 13.5 V
AGMS	14.4 to 15.5 V	13.2 to 13.8 V
GEL	14.0 to 14.2 V	13.2 to 13.4 V

4. *Inverter*

Inverter adalah perangkat yang digunakan untuk mengubah arus DC dari aki menjadi arus AC dengan tegangan umumnya 220 volt. Alat ini diperlukan untuk *Solar Home System* (SHS) karena menyangkut instalasi kabel yang banyak dan panjang. Apabila beban bukan untuk instalasi rumah, misalnya hanya untuk menghidupkan satu lampu atau alat dengan voltase 12 VDC, maka *inverter* tidak diperlukan. Jika menggunakan *inverter* yang mana mengubah arus DC menjadi AC 220 V, ini akan sesuai dengan listrik PLN sehingga bisa dibuat untuk sistem listrik *hybrid* (gabungan listrik PLN dan SHS). Dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), *inverter* diperlukan untuk menyediakan sumber arus AC untuk perangkat listrik seperti lampu, televisi, pompa air, dan lain sebagainya.

Adapun macam - macam *inverter* adalah sebagai berikut :

a. *Square sine wave inverter*

Merupakan tipe *inverter* yang menghasilkan *output* gelombang (sinus) persegi. Jenis *inverter* ini tidak cocok untuk beban AC tertentu seperti motor induksi atau *transformer*, selain tidak dapat bekerja *square sine wave* dapat merusak peralatan tersebut.

b. *Modified sine wave inverter*

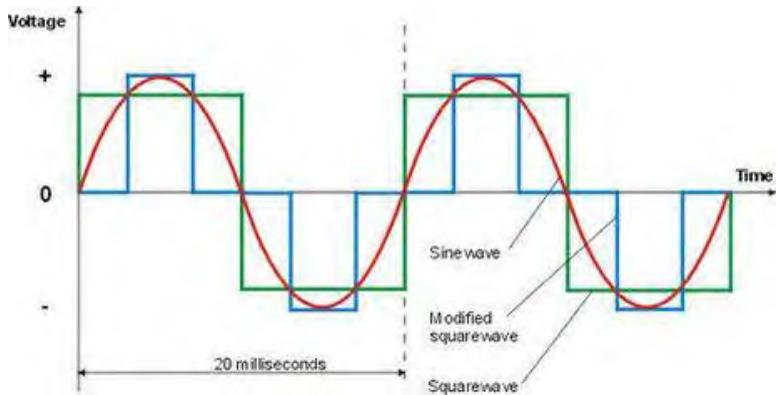
Merupakan tipe *inverter* yang menghasilkan *output* gelombang persegi yang disempurnakan/persegi kuasi yang merupakan kombinasi antara *square wave* dan *sine wave*. *Inverter* ini masih dapat menggerakkan perangkat yang menggunakan kumparan, hanya saja tidak maksimal serta faktor *energy - loss* yang besar dan tidak cocok dengan perangkat elektronik yang sensitif atau khusus, misalnya laser printer tertentu dan peralatan audio.

c. *Pure sine wave inverter*

Merupakan tipe *inverter* yang menghasilkan *output* gelombang sinus murni setara PLN. *Inverter* jenis ini diperlukan terutama untuk beban - beban yang menggunakan kumparan induksi agar bekerja lebih mudah, lancar dan tidak cepat panas.

d. *Grid Tie Inverter*

Merupakan tipe *special inverter* yang dirancang untuk menyuntikkan arus listrik ke sistem distribusi tenaga listrik yang sudah ada, misalkan PLN / Genset. *Inverter* tersebut harus disinkronkan dengan frekuensi grid yang sama, biasanya berisi satu atau lebih fitur maksimum *power point tracking* untuk mengkonversi jumlah maksimum daya yang tersedia, dan juga termasuk fitur proteksi keselamatan.^[2]



Gambar 2.4. Macam Sinyal *Output Inverter*

2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH)

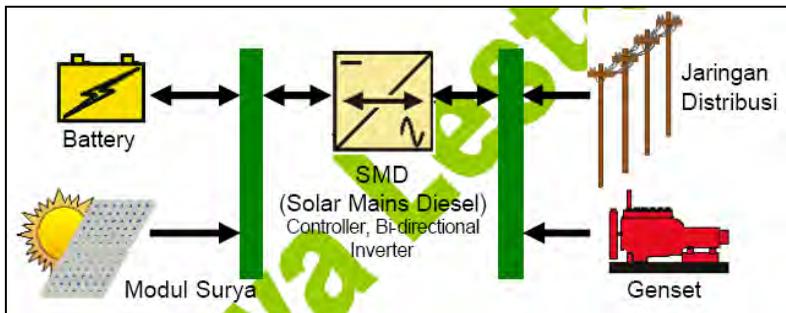
2.3.1. Pengertian

Pengertian Hybrid pada umumnya adalah penggunaan dua atau lebih pembangkit listrik dengan sumber energi yang berbeda. Tujuan utama dari sistem hybrid pada dasarnya adalah berusaha menggabungkan dua atau lebih sumber energi (sistem pembangkit) sehingga dapat saling menutupi kelemahan masing-masing dan dapat dicapai keandalan *supply* dan efisiensi ekonomis pada beban tertentu.

Sistem Hybrid atau Pembangkit Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) merupakan salah satu alternatif sistem pembangkit yang tepat diaplikasikan pada daerah - daerah yang sukar dijangkau oleh sistem pembangkit besar seperti jaringan PLN atau PLTD (Diesel). PLTH ini memanfaatkan *renewable energy* sebagai sumber utama (primer) yang dikombinasikan dengan Diesel *Generator* sebagai sumber energi cadangan (sekunder).

Pada PLTH, *renewable energy* yang digunakan dapat berasal dari energi matahari, angin, dan lain-lain yang dikombinasikan dengan Diesel - *Generator Set* sehingga

menjadi suatu pembangkit yang lebih efisien, efektif dan handal untuk dapat mensuplai kebutuhan energi listrik baik sebagai penerangan rumah atau kebutuhan peralatan listrik yang lain seperti TV, pompa air, strika listrik serta kebutuhan industri kecil di daerah tersebut. Dengan adanya kombinasi dari sumber - sumber energi tersebut, diharapkan dapat menyediakan catu daya listrik yang kontinu dengan efisiensi yang paling optimal. Berikut merupakan contoh sistem PLTH yang mengkombinasikan antara tenaga surya dan diesel *generator*.^[2]



Gambar 2.5 Sistem PLTH Kombinasi Tenaga Surya dan Diesel *Generator*.

2.3.2. Cara Kerja PLTH Secara Umum

Cara kerja Pembangkit Listrik Sistem Hybrid Surya tergantung dari bentuk beban atau fluktuasi pemakain energi (*load profile*) yang mana selama 24 jam distribusi beban tidak merata untuk setiap waktunya.

Load profil ini sangat dipengaruhi penyediaan energinya. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka kombinasi sumber energi antara Sumber energi terbarukan dan Diesel *Generator* atau disebut Pembangkit Listrik Sistem Hibrida adalah salah satu solusi paling cocok untuk sistem pembangkitan yang terisolir dengan jaringan yang lebih besar seperti jaringan PLN.^[6]

Pada umumnya PLTH bekerja sesuai urutan sebagai berikut :

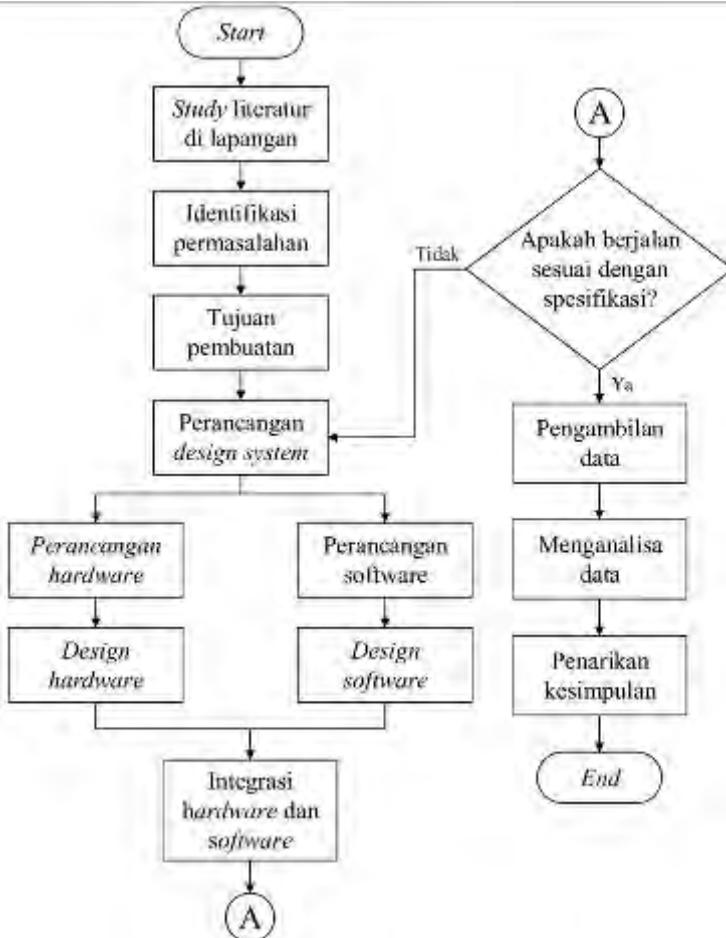
1. Pada kondisi beban rendah, maka beban disuplai 100% dari baterai dan PV module selama kondisi baterai masih penuh sehingga diesel tidak perlu beroperasi.
2. Untuk beban diatas 75% beban *inverter* (tergantung setting parameter) atau kondisi baterai sudah kosong sampai level yang disyaratkan, diesel mulai beroperasi untuk mensuplai beban dan sebagian mengisi baterai sampai beban diesel mencapai 70 - 80% kapasitasnya (tergantung setting parameter). Pada kondisi ini Hybrid *Controller* bekerja sebagai charger (merubah tegangan AC dari *generator* menjadi tegangan DC) untuk mengisi baterai.
3. Pada kondisi beban puncak baik diesel maupun *inverter* akan beroperasi dua - duanya untuk menuju paralel sistem apabila kapasitas terpasang diesel tidak mampu sampai beban puncak. Jika kapasitas genset cukup untuk mensuplai beban puncak, maka *inverter* tidak akan beroperasi paralel dengan genset.^[6]

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1. *Flowchart* Perancangan Alat

Langkah-langkah perancangan alat ini digambarkan dalam *flowchart* penelitian yang dapat dilihat pada gambar 3.1. di bawah ini.



Gambar 3.1 *Flowchart* pengerjaan tugas akhir

3.2. Gambaran Umum Tugas Akhir

Pada tugas akhir kali ini yaitu membuat suatu sistem pengendalian sumber arus dan tegangan listrik rumah dengan *Auto Switching* sumber listrik Perusahaan Listrik Negara (PLN) dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Dimana beban listrik rumah akan disuplai oleh sumber listrik dari PLN atau PLTS berdasarkan kapasitas daya aki dan daya maksimal beban yang dapat digunakan pada sumber PLTS. Terdapat bagian – bagian penting dalam sistem pengendalian ini yaitu sebagai berikut :

a. Panel Surya

Panel surya (*Solar Panel*) merupakan suatu modul panel yang berfungsi untuk merubah intensitas cahaya matahari menjadi tegangan dan arus listrik. Dimana tegangan dan arus listrik yang dihasilkan tersebut digunakan untuk mengisi kapasitas daya aki.



Gambar 3.2 Panel Surya *Poly - crystalline* 30 WP

Gambar 3.2 merupakan jenis panel surya yang digunakan dalam tugas akhir ini, yaitu tipe *poly - crystalline* 12 V dengan daya maksimum 30 Watt *Peak* (WP).

b. *Accumulator* (Aki)

Accumulator atau aki merupakan jenis baterai yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan energi listrik. Energi listrik yang terdapat di dalam aki dapat diperoleh dari muatan listrik yang dihasilkan oleh panel surya sebelumnya.



Gambar 3.3 Aki Basah 12V 65Ah

Seperti pada gambar 3.3, jenis aki yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah jenis *Flooded Lead Acid Battery* (aki basah) dengan kapasitas sebesar 12V 65 AH.

c. *Solar charge controller*

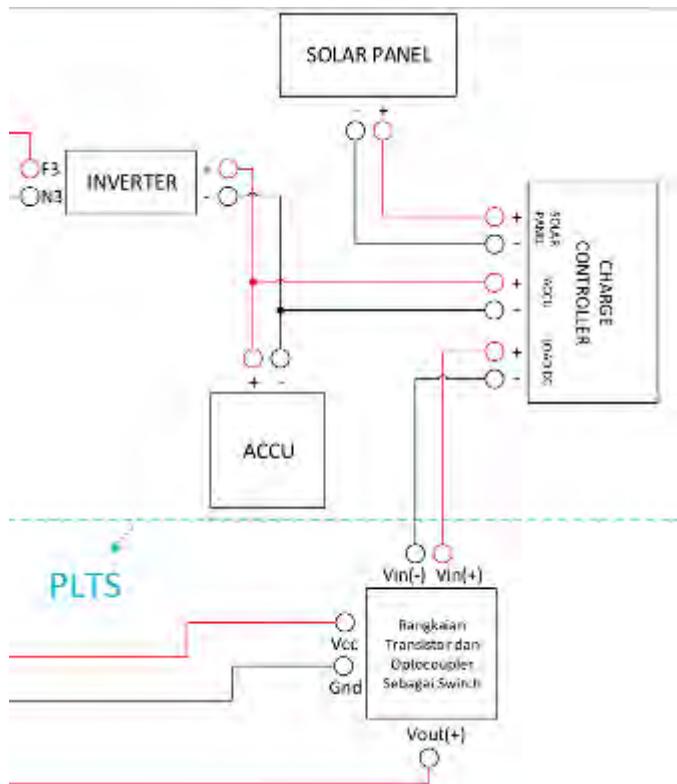
Solar charge controller merupakan suatu *controller* yang berfungsi untuk mengatur alur distribusi tegangan dan arus listrik antara panel surya, aki, dan beban. Proses *charging* aki ketika aki hampir *full - discharge*, pemutusan arus aki ketika aki mencapai *full - charge*, pemutusan arus aki ke beban ketika proses *charging* aki, dan penyambungan arus listrik ke beban ketika aki telah mencapai *full - charge* akan dikendalikan oleh *solar charge controller*. Adapun spesifikasi *solar charge controller* yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah :

1. *Solar panels power* = 12V (90W) / 24V (180W)
2. *Adapt to battery voltage* = 12V / 24V
3. *Maximum current output* = 10A
4. *Battery low tension protection* = 10.5V
5. *Battery over - voltage protection* = 14.7V
6. *Battery floating charge voltage* = 13.9V



Gambar 3.4 *Solar charge controller 12V 10A*

Gambar 3.4 adalah *solar charge controller* yang digunakan dalam tugas akhir ini dengan tipe PWM (*Pulse Width Modulation*). *Solar charge controller* ini dapat digunakan untuk panel surya 12V ataupun 24V. Memiliki display berupa LCD untuk menampilkan jenis tegangan panel surya yang dipakai, arus beban *output*, kondisi level kapasitas aki, mode kontrol *charging* aki, *realtime clock*, indikator *solar charging*, indikator *overload*, dan indikator *over - voltage charging*. *Solar charge controller* ini memiliki enam buah terminal yang digunakan untuk jalur distribusi listrik antara panel surya, aki, dan beban DC. Untuk mempermudah wiring pada *solar charge controller* tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar 3.5



Gambar 3.5 Wiring pada Solar Charge Controller

Pada gambar 3.5, dua buah terminal *solar charge controller* sebelah kiri disambungkan ke panel surya, dua buah terminal tengah disambungkan ke aki, dan dua buah terminal sebelah kanan disambungkan ke beban DC. Instalasi *solar charge controller* dengan panel surya, aki, dan beban DC tidak boleh salah (terbalik) dan harus sesuai urutan. Ketika ingin memasang *solar charge controller* ke sistem, maka urutan pemasangannya dimulai dari aki - panel surya - beban DC. Sedangkan ketika ingin melepas *solar charge controller* dari sistem, maka urutannya dimulai dari panel surya - aki - beban. Apabila tidak dilakukan dengan benar,

maka dapat menyebabkan sistem *solar charge controller* menjadi eror.

d. *Inverter*

Inverter merupakan suatu alat yang berfungsi untuk mengubah sinyal listrik *Direct Current* (DC) menjadi sinyal listrik *Alternating Current* (AC). Tegangan dan arus listrik DC yang dihasilkan dari aki, diubah menjadi sinyal listrik AC dan dijadikan sebagai sumber listrik PLTS untuk menyuplai beban.



Gambar 3.6 *Inverter 12 VDC to 220 VAC 2000 Watt Modified Sine Wave*

Gambar 3.6 merupakan jenis *inverter* yang digunakan dalam tugas akhir ini, yaitu *inverter 12 VDC to 230 VAC* dengan daya maksimum yang dapat dihasilkan sebesar 3000 Watt, efisiensi sebesar $\pm 70\%$ dan *output* sinyal berupa *modified sine wave*.

e. *ACS 712 Hall Effect Current Sensor*

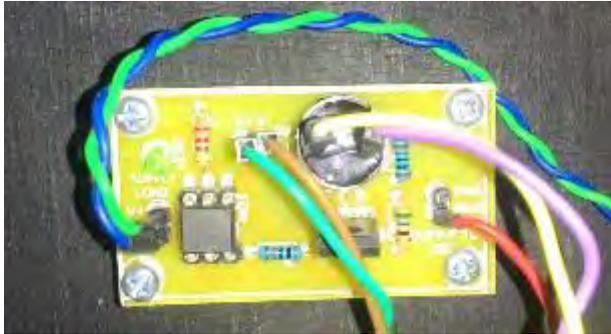
ACS 712 merupakan jenis sensor yang digunakan untuk mengukur besarnya arus AC ataupun DC dengan memanfaatkan efek hall (*hall effect*) dalam proses *sensing* - nya. Di dalam tugas akhir ini, sensor ACS 712 digunakan untuk mengukur besarnya arus yang terdapat pada beban, sehingga daya beban dapat diketahui dengan memanfaatkan rumus daya yaitu $P = V \times I$.



Gambar 3.7 Modul sensor arus ACS 712 *Hall Effect Current Sensor 5A*

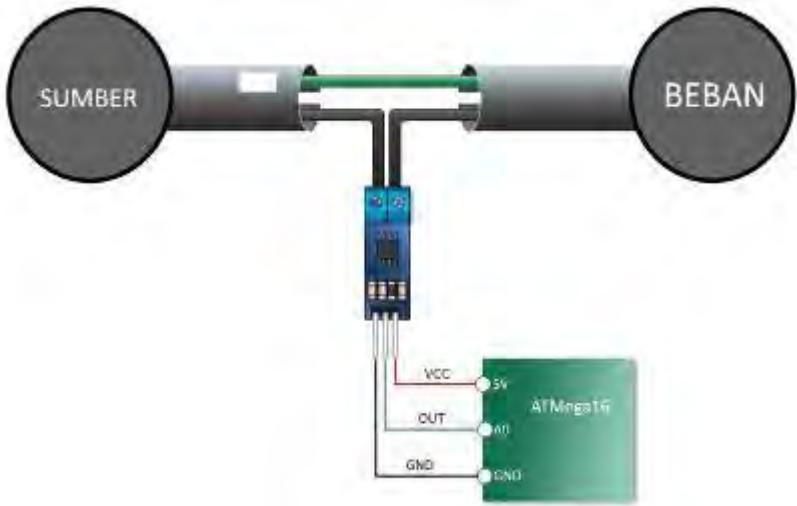
Gambar 3.7 merupakan modul sensor ACS 712 yang digunakan dalam tugas akhir ini dengan tipe ACS 712 20A, dimana arus maksimum yang dapat diukur adalah sebesar 20A dengan sensitivitas sebesar 100 mV/A.

Modul sensor arus pada gambar 3.7 juga memiliki rangkaian pembagi tegangan untuk menurunkan tegangan keluaran dari terminal beban *solar charge controller* menjadi range kerja tegangan *microcontroller* ATMega16. Keluaran dari rangkaian pembagi tegangan tersebut digunakan untuk memberikan sinyal kepada *microcontroller* bahwa PLTS sudah dapat digunakan atau belum. Namun, agar sinyal tersebut dapat dibaca oleh *microcontroller* sebagai kondisi *on (high)* atau *off (low)*, maka diperlukan rangkaian transistor dan optocoupler sebagai *switch* untuk memberikan sinyal *high* dan *low* kepada *microcontroller* seperti pada gambar 3.8 berikut ini.



Gambar 3.8 Rangkaian Transistor dan Optocoupler Sebagai *Switch*

Agar sensor arus dapat mengukur arus yang terdapat pada beban rumah, maka sensor diletakkan pada jalur sebelum beban seperti pada gambar 3.9.



Gambar 3.9 Peletakan Sensor ACS 712 20A

Pada gambar 3.9, salah satu terminal input sensor ACS 712 20A disambungkan ke kabel fasa sumber listrik, dan terminal input yang lain dari sensor disambungkan ke kabel fasa beban rumah. Sedangkan kabel netral sumber listrik

langsung disambungkan ke kabel netral beban. Kemudian *vcc*, *ground*, dan *output* dari sensor disambungkan ke pin *vcc*, *ground*, dan *analog* dari *microcontroller* AT Mega16.

f. Driver Relay

Driver relay merupakan suatu rangkaian terpadu dari satu atau lebih *relay* yang digunakan untuk mengendalikan jalur aliran suatu beban, misalnya *driver relay* motor DC. Namun, pada tugas akhir ini dibuat suatu rangkaian *driver relay* yang mana digunakan untuk mengatur jalur beban listrik rumah ke sumber listrik PLN atau PLTS. Adapun jenis *relay* yang digunakan adalah *relay* 5 VDC tipe *Single Pole Double Through* (SPDT) dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. *Coil Nominal Voltage* = 5 VDC
2. *Contact Rating NO* = 10 A 250 VAC
3. *Contact Rating NC* = 6 A 250 VAC
4. *Max. Switching Voltage* = 110 VDC / 240 VAC
5. *Max. Switching Current* = 15 A



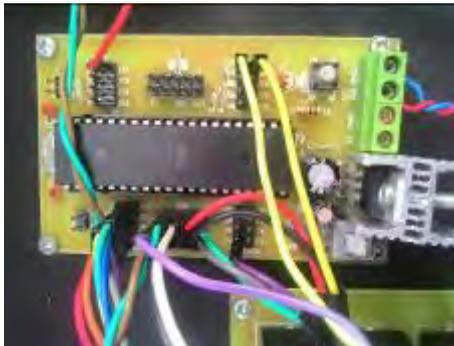
Gambar 3.10 *Auto Switching Driver Relay*

Gambar 3.10 merupakan rangkaian *driver relay* yang dijadikan sebagai aktuator untuk *auto switching* antara beban rumah dengan sumber PLN dan PLTS. Dimana terminal NC pada *relay* terhubung dengan sumber PLTS, terminal NO terhubung dengan sumber PLN, dan terminal COM

terhubung dengan beban rumah. Prinsip kerjanya adalah ketika *microcontroller* memberikan sinyal *off* kepada *driver relay*, maka *relay* tidak aktif. Sehingga sumber listrik beban diambil dari PLTS karena terminal COM *relay* terhubung dengan terminal NC. Sedangkan ketika *microcontroller* memberikan sinyal *on* kepada *driver relay*, maka *relay* akan aktif. Sehingga sumber listrik beban diambil dari PLN karena terminal COM *relay* terhubung dengan terminal NO. *Driver relay* pada gambar 3.10 memiliki 6 terminal utama yaitu dua buah terminal sebelah kiri untuk PLTS, dua buah terminal di tengah untuk PLN, dan dua buah terminal sebelah kanan untuk beban rumah.

g. *Minimum System* ATMega16

ATMega16 merupakan salah satu jenis *microcontroller* buatan Atmel keluarga AVR dengan jumlah pin GPIO sebanyak 32 pin, yaitu PORTA, PORTB, PORTC, PORTD dan juga memiliki beberapa fitur seperti ADC, PWM, dan *timer/counter*.



Gambar 3.11 *Minimum System* ATMega16

Gambar 3.11 merupakan modul *minimum system* (*minsys*) dari *microcontroller* ATMega16 yang digunakan dalam tugas akhir ini. *Minimum system* ini digunakan sebagai *controller* untuk menampilkan data ke *display* LCD 20x4, memproses pengukuran arus listrik beban menggunakan

ADC, dan mengontrol *driver relay Auto Switching* PLN dan PLTS.

Pada minsys ATmega16 ini, pin A7 digunakan sebagai pin input ADC untuk memproses sinyal *analog* keluaran dari sensor arus ACS712 menjadi sinyal digital berupa nilai daya beban rumah sehingga dapat ditampilkan pada display LCD 20x4. Lalu, pin B0 digunakan sebagai pin *output* untuk memberikan sinyal *high* atau *low* kepada *driver relay*. Dan pin B7 digunakan sebagai pin *output* untuk memberikan sinyal *high* atau *low* kepada *buzzer* sebagai indikator bahwa sumber listrik beban yang digunakan telah *auto switching* ke PLN atau PLTS. Lalu pada PORTC, pin C0,C1,C2,C4,C5,C6, dan C7 digunakan untuk mengaktifkan LCD 20x4. Kemudian pin D0 digunakan sebagai pin input untuk menerima sinyal *high* atau *low* dari rangkaian transistor dan optocoupler seperti pada gambar 3.8.

Dalam mengontrol *auto switching* sumber PLN dan PLTS, ketika kapasitas aki telah dalam kondisi *full charge*, maka terminal beban pada *solar charge controller* akan memberikan tegangan (*high*) kepada pin D0. Di dalam program *microcontroller*, ketika *input* D0 berlogika *high*, maka output pada pin B0 akan berlogika *low*. Sehingga *driver relay* dalam kondisi *switch* ke sumber PLTS untuk menyuplai beban rumah. Begitu juga sebaliknya, ketika kapasitas aki dalam kondisi *full discharge*, maka *driver relay* dalam kondisi *switch* ke sumber PLN.

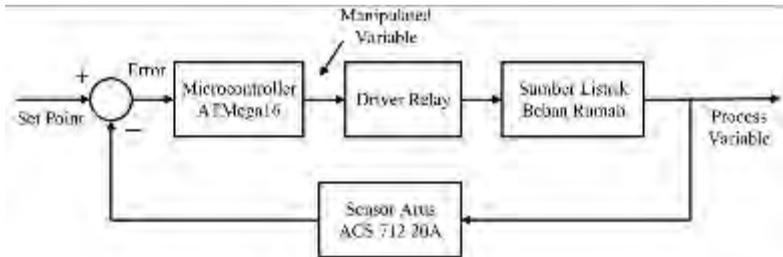
3.3. Perancangan Alat Tugas Akhir

Perancangan tugas akhir kali ini dijelaskan pada point - point berikut :

3.3.1. Perancangan Sistem *Auto Switching* PLN dan PLTS

Perancangan sistem dan pembuatan alat *Auto Switching* PLN dan PLTS di dalam skala rumah ini terdiri dari pembuatan skematik sistem , pembuatan *program* kontrol *Auto Switching* PLN dan PLTS, serta pembuatan

rangkaian kontrol *Auto Switching* PLN dan PLTS. Terdapat diagram blok sistem pengendalian pada sistem *Auto Switching* PLN dan PLTS yang dapat dilihat pada gambar 3.8 berikut ini.

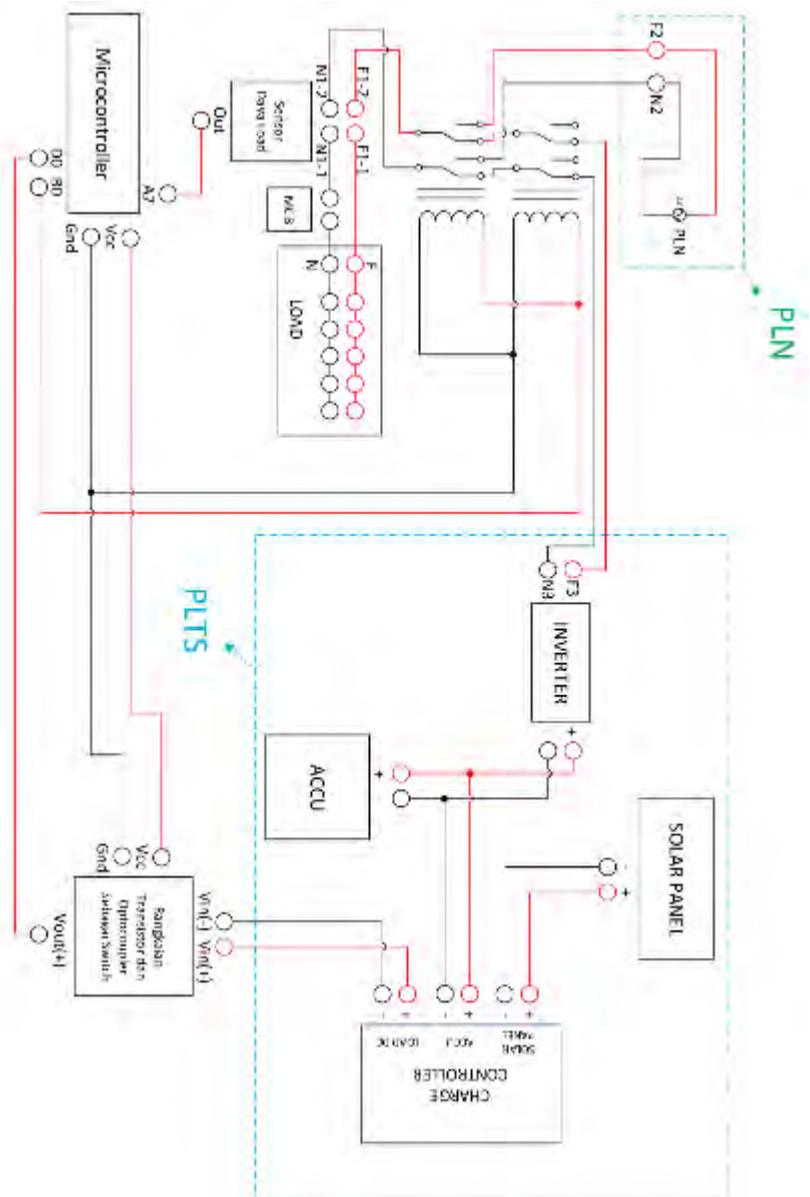


Gambar 3.12 Block Diagram Perancangan Alat

Pada gambar 3.12 dapat dilihat bahwa *process variable* (PV) yang digunakan pada sistem pengendalian ini adalah sumber listrik beban rumah. Lalu, sensor yang digunakan untuk mengukur daya beban rumah adalah sensor arus ACS712 20A. Sensor arus digunakan untuk mengukur arus listrik beban rumah sehingga dapat diperoleh nilai daya beban rumah dengan rumus Daya (P) = Tegangan (V) x Arus (I). Hasil pengukuran arus berupa daya beban tersebut kemudian akan dibandingkan dengan nilai *set point*. Nilai *set point* tersebut berupa batas maksimum daya beban yang telah ditentukan sebelumnya. Ketika daya beban yang terukur kurang dari *set point*, maka *controller* akan memberikan sinyal ke *driver relay* untuk mengalirkan sumber listrik PLTS ke beban rumah. Sedangkan ketika daya beban yang terukur lebih dari *set point*, maka *controller* akan memberikan sinyal ke *driver relay* untuk mengalirkan sumber listrik PLN ke beban rumah.

3.3.2. Perancangan Wiring Sistem

Berikut ini merupakan gambar *wiring* dari perancangan sistem *auto switching* PLN dan PLTS.

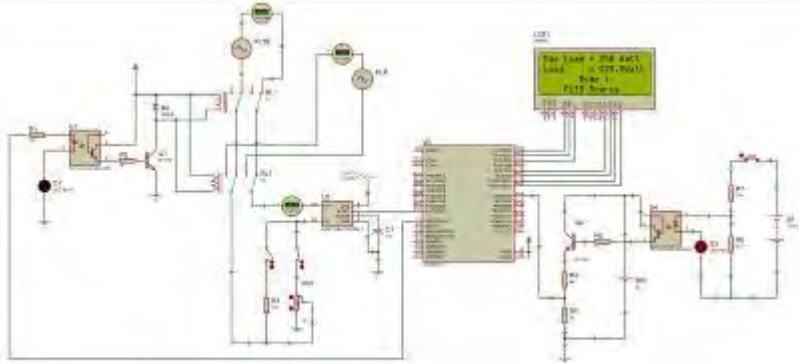


Gambar 3.13 Wiring Sistem Auto Switching PLN dan PLTS

Pada gambar 3.13 dapat dilihat bahwa terdapat tiga bagian utama dalam *wiring* sistem ini, yaitu *wiring* PLTS, PLN, dan *auto switch controller*. Di dalam *wiring* PLTS, panel surya dihubungkan dengan terminal panel surya pada *solar charge controller*, aki dan *inverter* dihubungkan secara paralel dengan terminal aki, dan terminal *load* DC dihubungkan ke rangkaian transistor dan optocoupler sebagai *switch*. *Output* dari rangkaian tersebut dihubungkan ke *microcontroller* sebagai sinyal inputan untuk mendeteksi level tegangan aki. Lalu, *output* dari *inverter* dihubungkan ke terminal NC *driver relay* *Auto Switching* PLN dan PLTS, sedangkan *output* dari PLN dihubungkan ke terminal NO *driver relay*. Dan terminal COM *driver relay* dihubungkan secara seri dengan sensor ACS 712 sebagai sensor arus beban, MCB sebagai pengaman, dan *stop contact* untuk beban rumah. Adapun *output* dari sensor ACS 712 dihubungkan ke pin ADC (A7) *microcontroller* ATmega16 untuk pembacaan arus beban, dan pin *output* (D0) *microcontroller* dihubungkan ke *coil driver relay* untuk mengontrol *switching* PLN dan PLTS.

3.3.3. Perancangan dan Simulasi Rangkaian *Driver Relay Auto Switching* PLN dan PLTS

Berikut ini merupakan rancangan dan simulasi rangkaian *driver relay Auto Switching* PLN dan PLTS.



Gambar 3.14 Simulasi Rangkaian *Driver Relay Auto Switching* PLN dan PLTS

Dapat dilihat pada gambar 3.14 merupakan simulasi rangkaian *driver relay* untuk sistem kontrol *Auto Switching* PLN dan PLTS menggunakan *software* PROTEUS. Untuk lebih jelasnya, rangkaian simulasi *driver relay auto switching* PLN dan PLTS dapat dilihat pada lampiran.

3.3.4. Perancangan *Program* Sistem Kontrol *Auto Switching* PLN dan PLTS

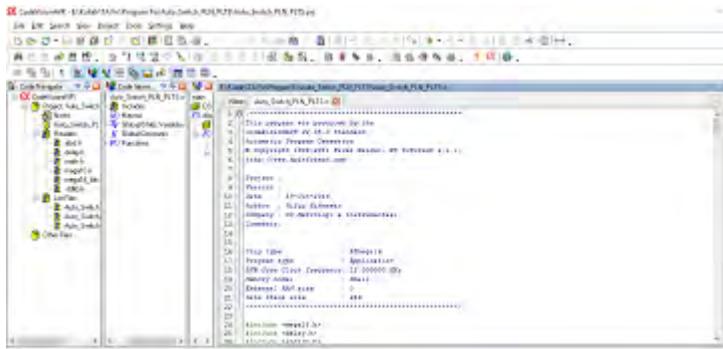
Dalam mengendalikan *switching* sumber listrik PLN dan PLTS, diperlukan pemrograman pada *microcontroller* ATMega16. Bahasa pemrograman yang digunakan adalah bahasa C. Dan *Software* yang digunakan untuk membuat *program* dalam tugas akhir ini adalah CodeVision AVR 2.05.3. Terdapat beberapa *program* yang perlukan dalam sistem kontrol *auto switching* PLN dan PLTS ini, yaitu :

- a. *Program* untuk *sensing* arus listrik AC pada beban rumah
- b. *Program* untuk menampilkan daya beban rumah, daya beban maksimum saat sumber PLTS

digunakan, dan sumber listrik beban rumah yang sedang digunakan

c. Program untuk mengontrol *switching* dari *driver relay Auto Switching* PLN dan PLTS

Program - program tersebut digabungkan dalam satu *project* menggunakan *software CodeVision AVR 2.05.3*.

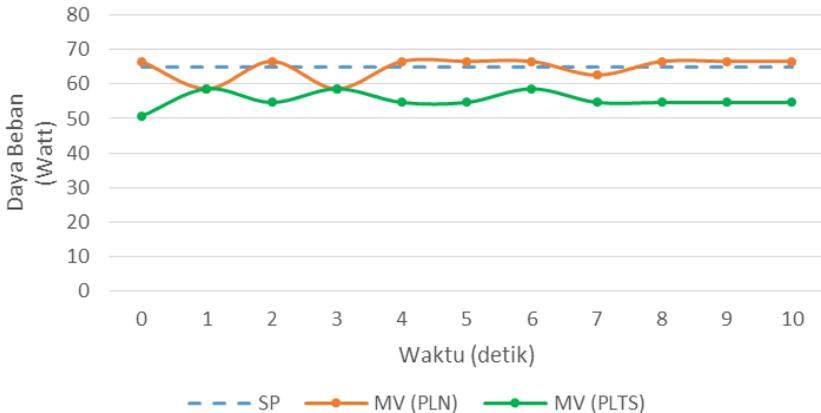


Gambar 3.15 Tampilan *Software CodeVision AVR 2.05.3*

BAB IV ANALISA DATA

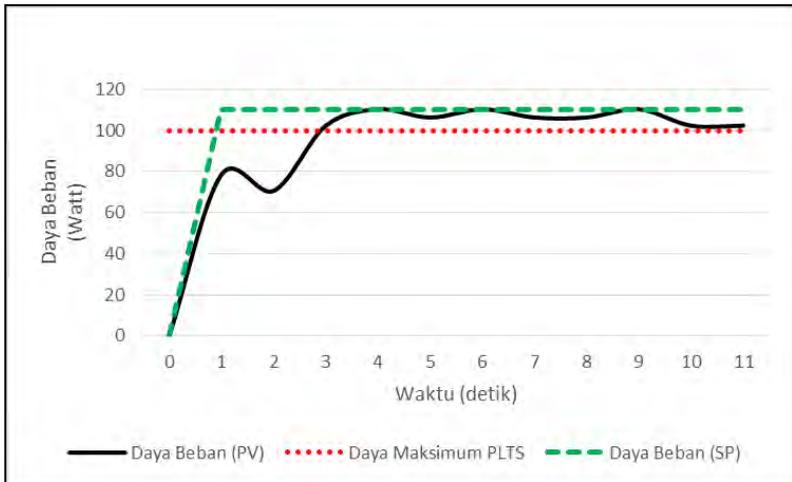
4.1. Pengujian Sensor

Pada tugas akhir sistem kontrol *auto switching* sumber PLN dan PLTS telah dilakukan pengujian sensor arus listrik ACS712 20A. Pengujian sensor dilakukan dengan memberikan beban berupa lampu pijar 65 watt.



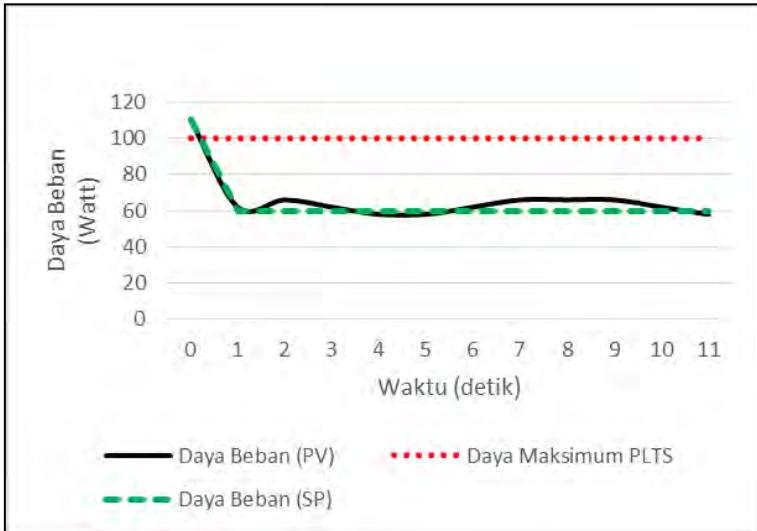
Gambar 4.1 Grafik Respon Pembacaan Daya Beban dengan Sumber dari PLN dan PLTS

Gambar 4.1 menunjukkan respon dari pembacaan sensor arus ACS712 terhadap daya beban yang digunakan dengan menerapkan rumus $P = V \times I$. Dimana daya beban yang terbaca oleh sensor mengalami fluktuatif pada awal pengukuran dan kemudian *steady* seiring berjalannya waktu dengan rata - rata *error* sebesar 0.30% ketika sumber listrik dari PLN, dan *error* sebesar 14.75% ketika sumber listrik dari PLTS.



Gambar 4.2 Grafik Respon Pembacaan Daya Beban Saat *Switching* Sumber PLTS ke PLN

Gambar 4.2 menunjukkan respon dari pembacaan sensor arus ACS712 terhadap daya beban yang digunakan ketika terjadi *switching* sumber listrik dari PLTS ke PLN karena daya beban melebihi batas maksimal beban yang telah ditentukan yaitu 100 Watt. Pembacaan sensor mengalami fluktuatif pada awal terjadinya *switching* dengan rata - rata *error* pembacaan saat terjadinya *switching* PLTS ke PLN sebesar 25.45% dan *error steady state* sebesar -6.30%. Kemudian didapatkan nilai *rise time* sebesar 4 detik dan nilai *settling time* sebesar 5 detik.



Gambar 4.3 Grafik Respon Pembacaan Daya Beban Saat *Switching* Sumber PLN ke PLTS

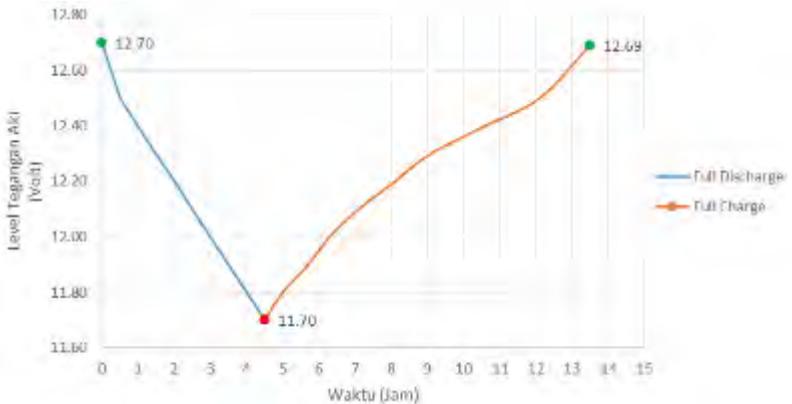
Gambar 4.3 menunjukkan respon dari pembacaan sensor arus ACS712 terhadap daya beban yang digunakan ketika terjadi *switching* sumber listrik dari PLN ke PLTS. Pembacaan sensor mengalami sedikit fluktuatif pada awal terjadinya *switching* dengan rata - rata *error* pembacaan saat terjadinya *switching* PLN ke PLTS sebesar -4.95% dan *error steady state* sebesar 0%. Kemudian didapatkan nilai *rise time* sebesar 3 detik dan nilai *settling time* sebesar 3 detik.

4.2. Pengujian *Auto switching* PLN dan PLTS

Pada tugas akhir sistem kontrol *auto switching* sumber PLN dan PLTS telah dilakukan pengujian kontrol *switching* sumber listrik PLN dan PLTS berdasarkan kapasitas daya *accu* dan daya maksimal beban.

4.2.1. *Auto switching* Berdasarkan Kapasitas Daya Accu

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kapasitas daya aki minimal agar sumber listrik beban *switching* ke PLN, dan kapasitas daya aki maksimal agar sumber listrik beban *switching* ke PLTS.

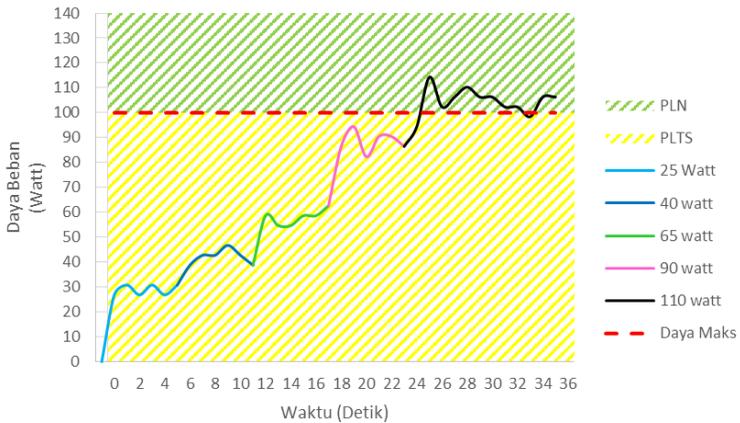


Gambar 4.4 Grafik Level Tegangan Minimal dan Maksimal Aki untuk *Switching* Listrik Sumber Beban

Gambar 4.4 menunjukkan nilai level tegangan aki ketika *auto switching* dari sumber PLTS ke PLN adalah 11.07 V. Hal tersebut menunjukkan bahwa kapasitas daya aki dalam kondisi akan *full discharge* atau sekitar 30% dari nominal kapasitas aki berdasarkan tabel 2.1 *state of charge battery*. Sedangkan nilai level tegangan aki ketika *auto switching* dari sumber PLTS ke PLN adalah 12.69 V.

4.2.2. *Auto switching* Berdasarkan Daya Maksimal Beban

Pengujian ini dilakukan untuk menunjukkan nilai daya maksimal beban yang dapat disuplai oleh PLTS berdasarkan *set point* yang telah ditentukan dalam program yaitu sebesar 100 watt.



Gambar 4.5 Grafik *Auto switching* Sumber Listrik Beban Berdasarkan Daya Maksimal Beban

Gambar 4.5 menunjukkan grafik perubahan *switch* sumber listrik beban dari PLTS ke PLN berdasarkan daya maksimal dari beban rumah. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa pada perubahan daya beban dari 90 watt ke 100 watt, sumber listrik beban sudah berada di zona PLN yang artinya sumber listrik beban tersuplai oleh PLN. Namun, pada detik ke - 34, nilai daya beban menyentuh angka 98,4 watt yang mana nilai tersebut berada pada zona PLTS. Walaupun begitu kondisi *switch* masih berada pada sumber PLN karena manipulasi program yang telah dibuat. Grafik 4.5 di atas diperoleh dengan kondisi kapasitas aki dalam kondisi *full charge*.

4.3. Pembahasan

Agar sistem pengendalian sumber arus dan tegangan listrik rumah dengan *auto switching* sumber PLN dan PLTS dapat berjalan dengan baik berdasarkan kapasitas daya *accu* dan daya maksimal beban, maka perlu dilakukan pengujian sensor arus listrik terlebih dahulu. Sensor arus listrik yang digunakan adalah sensor Allegro *Hall Effect* ACS712 20 A. Pengujian sensor arus

listrik dilakukan untuk mendapatkan nilai daya beban rumah dengan menerapkan rumus $P = V \times I$. Pengujian sensor dilakukan dengan menggunakan beban berupa 2 buah lampu pijar dengan total daya sebesar 65 watt. Pengujian sensor juga dilakukan untuk membandingkan nilai serta respon antara daya beban ketika disuplai oleh PLN, daya beban ketika disuplai oleh PLTS, daya beban ketika *auto switching* sumber listrik, dan daya beban asli (lampu pijar 25 watt dan 40 watt). Dari hasil pengujian sensor, terlihat pada gambar 4.1 yang menunjukkan bahwa ketika sumber beban yang digunakan adalah PLN, pembacaan sensor mengalami fluktuatif dengan rata - rata *error* sebesar 0.30%. Sedangkan ketika sumber beban yang digunakan adalah PLTS, pembacaan sensor mengalami fluktuatif dengan rata - rata *error* sebesar 14.75%. Sehingga pembacaan nilai daya beban lebih akurat ketika sumber listrik yang digunakan dari PLN. Lalu, pada gambar 4.2 yang menunjukkan ketika terjadi *auto switching* sumber listrik beban dari PLTS ke PLN, pembacaan sensor mengalami fluktuatif dengan *error* yang cukup besar di awal pembacaan yaitu sebesar 25.45% dan *error* saat kondisi *steady (error steady state)* sebesar -6.30%. Dari hasil pengujian sensor tersebut dapat disimpulkan bahwa sensor tidak dapat membaca nilai arus dan daya beban secara akurat sesuai dengan nilai daya beban aslinya. Hal tersebut dikarenakan spesifikasi sensor arus ACS712 20A yang hanya mempunyai sensitivitas sebesar 100mV/A mengakibatkan pembacaan nilai adc oleh *microcontroller* ATmega16 tidak begitu sensitif dan akurat terhadap perubahan nilai arus beban. Dapat disimpulkan juga bahwa pembacaan nilai daya beban ketika sumber listrik dari PLTS mempunyai *error* yang jauh lebih besar dari pada pembacaan nilai daya beban ketika sumber listrik dari PLN. Hal tersebut dikarenakan sinyal keluaran dari inverter berbentuk *modified sine wave* yang mana mengakibatkan pembacaan arus beban tidak maksimal.

Agar sistem dapat melakukan *auto switch* sumber listrik ke PLN ataupun PLTS berdasarkan kapasitas daya *accu*, maka diperlukan pengujian level tegangan *accu*. Berdasarkan tabel 2.1 *state of charge battery standard* 12 V, besarnya kapasitas *accu*

dapat dilihat dari level tegangan *accu* tersebut. Dari hasil pengujian level tegangan *accu* 12 V yaitu pada gambar 4.3, didapatkan level tegangan minimal *accu* agar sumber listrik *switch* dari PLTS ke PLN yaitu sebesar 11.70 V. Dan level tegangan maksimal *accu* agar sumber listrik *switch* dari PLN ke PLTS yaitu sebesar 12.69 V. Nilai tegangan minimal *accu* sebesar 11.70 didapatkan dari prinsip kerja *solar charge controller* yaitu memutus arus listrik ke terminal load DC ketika level tegangan *accu* dalam kondisi hampir *full discharge*. Sehingga beban terminal *load* DC yang terhubung dengan *microcontroller* ATmega16 memberikan sinyal *off* ke *driver relay* agar *switch* ke sumber PLTS. Dan berdasarkan tabel 2.1, besarnya kapasitas minimal *accu* 12 V 65 Ah yang digunakan ketika *switch* ke PLN adalah 30%. Lalu, nilai tegangan maksimal *accu* sebesar 12.69 V didapatkan dari prinsip kerja *solar charge controller* yaitu menyambungkan kembali arus listrik ke terminal *load* DC ketika level tegangan *accu* yang sebelumnya dalam kondisi hampir *full discharge* menjadi *full charge*. Sehingga *microcontroller* memberikan sinyal *on* ke *driver relay* agar *switch* ke sumber PLN.

Agar sistem dapat melakukan *auto switch* sumber listrik ke PLN atau PLTS berdasarkan daya maksimal beban, maka dilakukan pengujian daya beban yang bervariasi antara lain yaitu 25 watt, 40 watt, 65 watt, 90 watt, dan 110 watt. Dari hasil pengujian, didapatkan grafik pada gambar 4.4 yang menunjukkan bahwa pada beban 25 watt, 40 watt, 65 watt, dan 90 watt, kondisi sumber listrik beban yang digunakan masih berasal dari PLTS. Namun, ketika beban yang diberikan adalah 110 watt, maka *driver relay* akan secara otomatis *switch* ke sumber PLN karena daya maksimal beban yang telah ditentukan adalah 100 watt. Sehingga, sumber listrik beban akan *switch* ke PLN apabila nilai daya beban lebih dari 100 watt. Ketika melakukan pengujian dengan beban 110 watt, pada detik ke-34 nilai daya beban yang terbaca adalah 98,4 watt akibat fluktuasi pembacaan sensor. Karena daya beban kurang dari 100 watt, maka seharusnya sumber listrik beban *switch* ke PLTS. Akan tetapi kondisi sumber

listrik beban masih berasal dari PLN. Hal tersebut dikarenakan telah dilakukan manipulasi nilai *set point* di dalam program *auto switch* sumber listrik beban yang seharusnya 100 watt menjadi 95 watt.

LAMPIRAN A

SPESIFIKASI SOLAR CHARGE CONTROLLER

三、Functional parameter

Model Category	ST-W 1210	ST-W 1220	ST-W 1230	ST-W 4810	ST-W 4820	ST-W 4830	ST-W 6010	ST-W 6020	ST-W 6030
Adapt to battery voltage	12V/24VBattery			48VBattery			60VBattery		
Voltage identification	12V/24VBattery <small>Battery voltage<17V 12V system Battery voltage>16V 24V system</small>			Univoltage					
Maximum current output	10A	20A	30A	10A	20A	30A	10A	20A	30A
solar panels power	12V (90W) 24V (180W)	12V (180W) 24V (360W)	12V (270W) 24V (540W)	360W	720W	1000W	450W	900W	1250W
Maximum solar Panel Power	Maximum solar panels power does not allow more than the recommended value of 1.2 times, otherwise it will cause damage of solar controller.								
Configuration of battery capacity	12/24V 60AH Above	12/24V 120AH Above	12/24V 180AH Above	60AH Above	120AH Above	180AH Above	60AH Above	120AH Above	180AH Above
	Configuration of sustained relative to continuous load discharge current and time, solar panel power, users need to be at their own system equipped with the appropriate battery capacity.								
Overload protection current	1.2 times the rated current up to 60 seconds, 1.5 times the rated current for 5 seconds to protect.								
Short circuit protection	Short circuit protection								
LDVR Output	12Vsystem 12.5V 24Vsystem 25.0V			50.0V			62.5V		
Battery charging floating charge voltage	12Vsystem 13.9V 24Vsystem 27.8V			55.6V			69.5V		
Battery low tension protection	12Vsystem 10.5V 24Vsystem 21.0V			42.0V			52.5V		
Battery over-voltage protection	12Vsystem 14.7V 24Vsystem 29.4V			58.8V			73.5V		
System standby power consumption	<10MA			<15MA					
USB battery charging output	5V 1000MA double nip								

二、Instructions

6、SW series solar charger has a total of 18 load control configuration mode for the user to choose from.

Pattern number	Pattern name	Description
Load control mode 0	Traditional model	Load only by load switch controlload.
Load control mode 1	Cycle approach	Load on the set of open time open in setting the closing time of shut down,through load switch, users can switch the load at the
Load control mode 2	Pure light-operated switch delay	Load switch only by solar panel voltage sensitive and time controlload.
Load control mode 3	Light-operated switch delay ,Close for 1 hour	Load switch only by solar panel voltage sensitive and time controlload.
Load control mode 4	Light-operated switch delay ,Close for 2 hour	
Load control mode 5	Light-operated switch delay ,Close for 3 hour	
Load control mode 6	Light-operated switch delay ,Close for 4 hour	
Load control mode 7	Light-operated switch delay ,Close for 5 hour	
Load control mode 8	Light-operated switch delay ,Close for 6 hour	
Load control mode 9	Light-operated switch delay ,Close for 7 hour	
Load control mode 10	Light-operated switch delay ,Close for 8 hour	
Load control mode 11	Light-operated switch delay ,Close for 9 hour	
Load control mode 12	Light-operated switch delay ,Close for 10 hour	
Load control mode 13	Light-operated switch delay ,Close for 11 hour	
Load control mode 14	Light-operated switch delay ,Close for 12 hour	
Load control mode 15	Light-operated switch delay ,Close for 13 hour	
Load control mode 16	Light-operated switch delay ,Close for 14 hour	
Load control mode 17	Light-operated switch delay ,Close for 15 hour	

LAMPIRAN B
SPEKIFIKASI PANEL SURYA

SOLARLAND	Polycrystalline Solar Model: SLP030-12
Open circuit voltage(Voc)	21.6V
Optimum operating voltage(Vmp)	17.2V
Short circuit current(Isc)	1.93A
Optimum operating current(Imp)	1.74A
Maximum power at STC(Pm)	30Wp
Standard test condition	1000W/M ² , AM1.5 and 25°C

LAMPIRAN C DATASHEET RELAY

HRS4(H) Relay



HRS4(H) Relay

1. COIL DATA

1-1. Nominal Voltage	3 to 48VDC
1-2. Coil Resistance	Refer to Table 1
1-3. Operate Voltage	Refer to Table 1
1-4. Release Voltage	Refer to Table 1
1-5. Nominal Power Consumption	360 to 450 mW

2. CONTACT DATA

2-1. Contact Arrangement	1 Form A, 1 Form C
2-2. Contact Material	Ag Alloy
2-3. Contact Rating	10A 120VAC/24VDC, 10A/5A 250VAC(1C) 15A 120VAC/24VDC, 10A 250VAC(1A) TV-5
2-4. Max. Switching Voltage	110VDC/240VAC
2-5. Max. Switching Current	15A
2-6. Max. Switching Power	1800VA, 360W
2-7. Contact Resistance(Initial)	≤50mΩ, at 6VDC 1A
2-8. Life Expectancy	
Electrical	100,000 operations at nominal load
Mechanical	10,000,000 operations

3. GENERAL DATA

3-1. Insulation Resistance	Min. 1000MΩ, at 500VDC
3-2. Dielectric Strength	750VAC, 1min between open contacts 1,500VAC, 1min between contacts and coil
3-3. Operate Time	Max. 10ms
3-4. Release Time	Max. 5ms
3-5. Temperature Range	-30 to +85 °C
3-6. Shock Resistance	
Endurance	$1,000\text{m/s}^2$
Misoperation	100m/s ²
3-7. Vibration Resistance	
Endurance	10 to 55Hz, 1.5mm Double Amplitude
Misoperation	10 to 55Hz, 1.5mm Double Amplitude
3-8. Heating	60 ± 2 °C 96hs
3-9. Cold	-40 ± 2 °C 96hs
3-10. Humidity	35% to 85%RH
3-11. Weight	12gr
3-12. Safety Standard	UL NO. E164730 TUV NO. 50036455 CSA NO. LR109368 CQC NO. 02001001299

LAMPIRAN D DATASHEET ATMEGA16

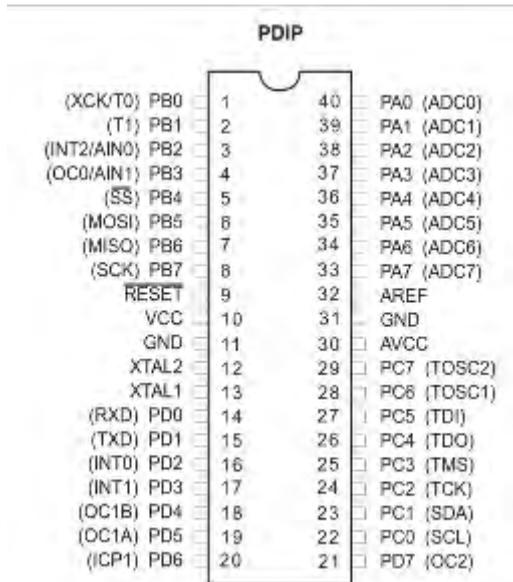


Table 22. Port A Pins Alternate Functions

Port Pin	Alternate Function
PA7	ADC7 (ADC input channel 7)
PA6	ADC6 (ADC input channel 6)
PA5	ADC5 (ADC input channel 5)
PA4	ADC4 (ADC input channel 4)
PA3	ADC3 (ADC input channel 3)
PA2	ADC2 (ADC input channel 2)
PA1	ADC1 (ADC input channel 1)
PA0	ADC0 (ADC input channel 0)

Table 25. Port B Pins Alternate Functions

Port Pin	Alternate Functions
PB7	SCK (SPI Bus Serial Clock)
PB6	MISO (SPI Bus Master Input/Slave Output)
PB5	MOSI (SPI Bus Master Output/Slave Input)
PB4	\overline{SS} (SPI Slave Select Input)
PB3	AIN1 (Analog Comparator Negative Input) OC0 (Timer/Counter0 Output Compare Match Output)
PB2	AIN0 (Analog Comparator Positive Input) INT2 (External Interrupt 2 Input)
PB1	T1 (Timer/Counter1 External Counter Input)
PB0	T0 (Timer/Counter0 External Counter Input) XCK (USART External Clock Input/Output)

Table 28. Port C Pins Alternate Functions

Port Pin	Alternate Function
PC7	TOSC2 (Timer Oscillator Pin 2)
PC6	TOSC1 (Timer Oscillator Pin 1)
PC5	TDI (JTAG Test Data In)
PC4	TDO (JTAG Test Data Out)
PC3	TMS (JTAG Test Mode Select)
PC2	TCK (JTAG Test Clock)
PC1	SDA (Two-wire Serial Bus Data Input/Output Line)
PC0	SCL (Two-wire Serial Bus Clock Line)

Table 31. Port D Pins Alternate Functions

Port Pin	Alternate Function
PD7	OC2 (Timer/Counter2 Output Compare Match Output)
PD6	ICP1 (Timer/Counter1 Input Capture Pin)
PD5	OC1A (Timer/Counter1 Output Compare A Match Output)
PD4	OC1B (Timer/Counter1 Output Compare B Match Output)
PD3	INT1 (External Interrupt 1 Input)
PD2	INT0 (External Interrupt 0 Input)
PD1	TXD (USART Output Pin)
PD0	RXD (USART Input Pin)

LAMPIRAN E DATASHEET ACS712

ACS712

*Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC
with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor*

Description (continued)

the device at up to 5× overcurrent conditions. The terminals of the conductive path are electrically isolated from the signal leads (pins 5 through 8). This allows the ACS712 to be used in applications requiring electrical isolation without the use of opto-isolators or other costly isolation techniques.

The ACS712 is provided in a small, surface mount SOIC8 package. The leadframe is plated with 100% matte tin, which is compatible with standard lead (Pb) free printed circuit board assembly processes. Internally, the device is Pb-free, except for flip-chip high-temperature Pb-based solder balls, currently exempt from RoHS. The device is fully calibrated prior to shipment from the factory.

Selection Guide

Part Number	Packing*	T _A (°C)	Optimized Range, I _P (A)	Sensitivity, Sens (Typ) (mV/A)
ACS712ELCTR-05B-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±5	185
ACS712ELCTR-20A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±20	100
ACS712ELCTR-30A-T	Tape and reel, 3000 pieces/reel	-40 to 85	±30	66

*Contact Allegro for additional packing options.

Absolute Maximum Ratings

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Units
Supply Voltage	V _{CC}		8	V
Reverse Supply Voltage	V _{RCC}		-0.1	V
Output Voltage	V _{OUT}		8	V
Reverse Output Voltage	V _{REOU}		-0.1	V
Output Current Source	I _{OUT(SOURCE)}		3	mA
Output Current Sink	I _{OUT(SINK)}		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I _P	† pulse, 100 ms	100	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T _A	Range E	40 to 85	°C
Maximum Junction Temperature	T _{J(MAX)}		165	°C
Storage Temperature	T _{STG}		65 to 170	°C

Isolation Characteristics

Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Unit
Dielectric Strength Test Voltage*	V _{ISO}	Agency type-tested for 60 seconds per UL standard 60950-1, 1st Edition	2100	VAC
Working Voltage for Basic Isolation	V _{WR(B)}	For basic (single) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	354	VDC or V _{pk}
Working Voltage for Reinforced Isolation	V _{WR(R)}	For reinforced (double) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	184	VDC or V _{pk}

* Allegro does not conduct 60-second testing; it is done only during the UL certification process.

Parameter	Specification
Fire and Electric Shock	CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1-03 UL 60950-1:2003 EN 60950-1:2001

LAMPIRAN F

LISTING PROGRAM PADA ATMEGA16

```
#include <mega16.h>
#include <delay.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#include <alcd.h>

#define ADC_VREF_TYPE 0x00

// Read the AD conversion result
unsigned int read_adc(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
    // Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
    delay_us(10);
    // Start the AD conversion
    ADCSRA|=0x40;
    // Wait for the AD conversion to complete
    while ((ADCSRA & 0x10)==0);
    ADCSRA|=0x10;
    return ADCW;
}

// Declare your global variables here
unsigned int loop;
const int resolusi = 100;
int I_AC,IAC_max,IAC_min;
float hasil,V_RMS,V_PP,I_RMS,V_RMS_2,daya,hasil;

unsigned char disp[10];
```

```

//Mencari nilai Daya Beban
float VPP(){
    IAC_max = 0;
    IAC_min = 1023;
    for(loop=0;loop<1000;loop++){
        I_AC = read_adc(7);
        if(I_AC >= IAC_max) {
            IAC_max = I_AC;
        }
        if(I_AC <= IAC_min){
            IAC_min = I_AC;
        }
        delay_us(4);
    }
    hasil = ((float)IAC_max - (float)IAC_min)/1023*5;

    return hasil;
}

void display_all(){
    lcd_clear();
    lcd_gotoxy(0,0);
    lcd_putsf("Max Load = 100 Watt");
    ftoa(daya,2,disp);
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_putsf("Load    = ");
    lcd_gotoxy(11,1);
    lcd_puts(disp);
    lcd_gotoxy(16,1);
    lcd_putsf("Watt");
    if((PIND.0 == 0)||((PIND.0 == 1 && (daya >= 95.00)))
    {
        lcd_gotoxy(7,2);
        lcd_putsf("Mode : ");
        lcd_gotoxy(4,3);
        lcd_putsf("PLN Source");
    }
}

```

```
    }  
    else if(PIND.0 == 1)  
    {  
        lcd_gotoxy(7,2);  
        lcd_putsf("Mode : ");  
        lcd_gotoxy(4,3);  
        lcd_putsf("PLTS Source");  
    }  
    delay_ms(1000);  
}
```

```
void beep_off(){  
PORTB.7 = 0;  
}
```

```
void beep(){  
PORTB.7 = 1;  
delay_ms(40);  
PORTB.7 = 0;  
}
```

```
void beep2(){  
PORTB.7 = 1;  
delay_ms(40);  
PORTB.7 = 0;  
delay_ms(40);  
PORTB.7 = 1;  
delay_ms(40);  
PORTB.7 = 0;  
delay_ms(40);  
}
```

```
void main(void)  
{  
PORTA=0x00;  
DDRA=0x00;
```

```

PORTB=0x00;
DDRB=0x81;
PORTC=0x00;
DDRC=0x00;
PORTD=0xFF;
DDRD=0x00;

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 93.750 kHz
// ADC Voltage Reference: AREF pin
// ADC Auto Trigger Source: ADC Stopped
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x87;

// Alphanumeric LCD initialization
// RS - PORTC Bit 0
// RD - PORTC Bit 1
// EN - PORTC Bit 2
// D4 - PORTC Bit 4
// D5 - PORTC Bit 5
// D6 - PORTC Bit 6
// D7 - PORTC Bit 7
// Characters/line: 20
lcd_init(20);

while (1)
{
// Place your code here
V_PP = VPP(); //besarnya V peak to peak
V_RMS_2 = ((float)V_PP/2)*((float)V_PP/2)/2;
V_RMS = sqrt((float)V_RMS_2);
I_RMS = (((float)V_RMS*1000)/resolusi)-0.056;
if (I_RMS <= 0.070)
{
I_RMS = 0;
}
}

```

```

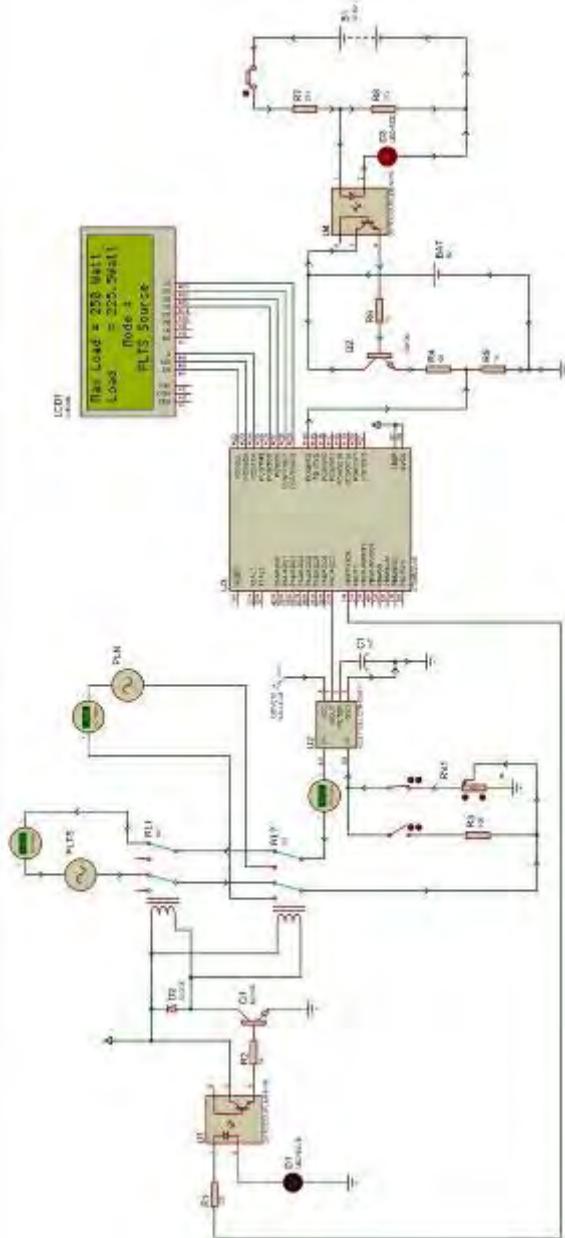
daya = I_RMS*230;
if((PIND.0 == 0)||((PIND.0 == 1 && (daya >= 95.00)))
{
if(PORTB.0==1)
{
beep_off();
}
else
{
beep2();
}
PORTB.0 = 1;
}

else if(PIND.0 == 1){
if(PORTB.0==0)
{
beep_off();
}
else
{
beep();
}
PORTB.0 = 0;
}
display_all();
}
}

```

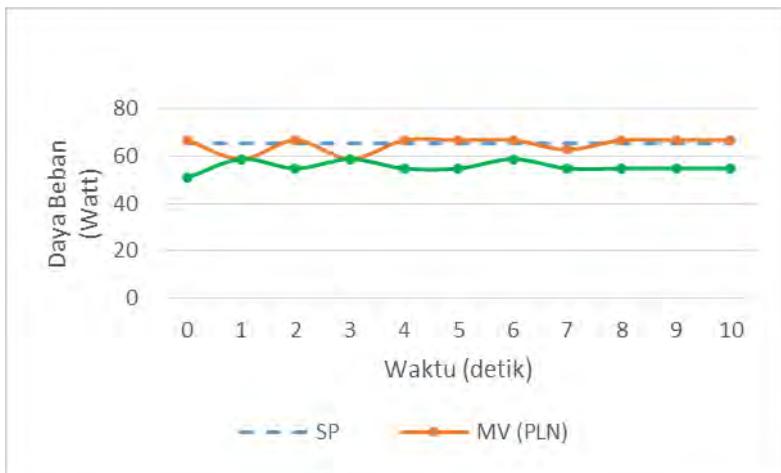

LAMPIRAN G

RANGKAIAN SIMULASI *AUTO SWITCHING* PLN DAN PLTS



LAMPIRAN H PENGUJIAN SENSOR ACS712

Waktu (s)	SP (Watt)	MV (Watt)		Error (%)	
		PLN	PLTS	PLN	PLTS
0	65	66.61	50.71	-2.48%	21.98%
1	65	58.66	58.66	9.75%	9.75%
2	65	66.61	54.69	-2.48%	15.86%
3	65	58.66	58.66	9.75%	9.75%
4	65	66.61	54.69	-2.48%	15.86%
5	65	66.61	54.69	-2.48%	15.86%
6	65	66.61	58.66	-2.48%	9.75%
7	65	62.63	54.69	3.65%	15.86%
8	65	66.61	54.69	-2.48%	15.86%
9	65	66.61	54.69	-2.48%	15.86%
10	65	66.61	54.69	-2.48%	15.86%
Rata - Rata				0.30%	14.75%



LAMPIRAN I PENGUJIAN LEVEL TEGANGAN ACCU

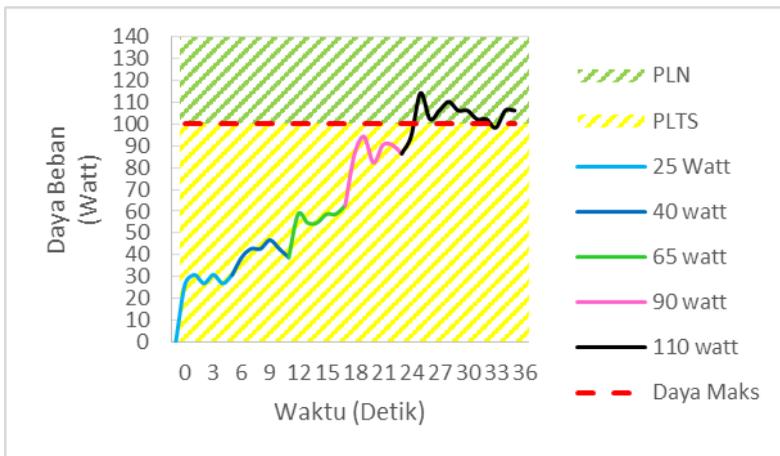
Level Tegangan Aki (Volt)		Waktu (Jam)	
Full Discharge	Full Charge	Full Charge	Full Discharge
12.70	11.70	0	4.50
12.50	11.80	0.5	5.00
12.40	11.90	1	5.70
12.30	12.00	1.5	6.30
12.20	12.10	2	7.10
12.10	12.20	2.5	8.10
12.00	12.30	3	9.10
11.90	12.40	3.5	10.60
11.80	12.50	4	12.10
11.70	12.69	4.5	13.50



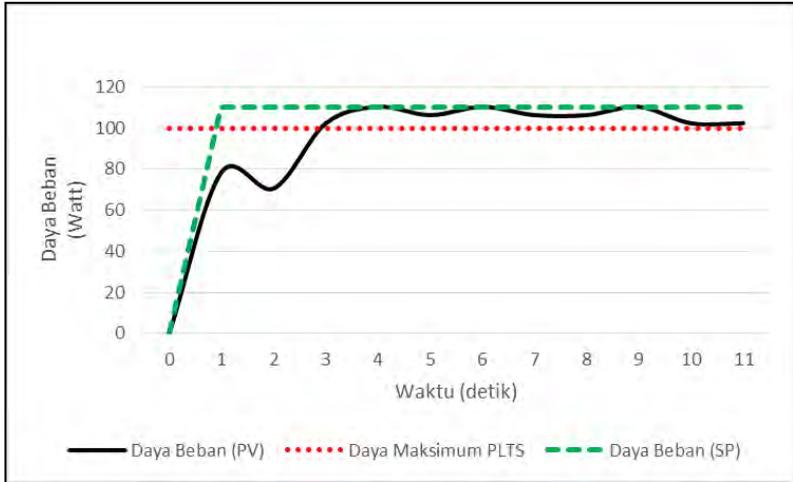
LAMPIRAN J
PENGUJIAN DAYA MAKSIMAL BEBAN

Waktu (s)	Beban (Daya)	Beban terukur (Watt)	Kondisi Switch	Set point Daya Maks (Watt)
0	0	0	PLTS	100
1	25	26.86	PLTS	100
2	25	30.84	PLTS	100
3	25	26.86	PLTS	100
4	25	30.84	PLTS	100
5	25	26.86	PLTS	100
6	25	30.84	PLTS	100
7	40	38.79	PLTS	100
8	40	42.76	PLTS	100
9	40	42.76	PLTS	100
10	40	46.74	PLTS	100
11	40	42.76	PLTS	100
12	40	38.79	PLTS	100
13	65	58.66	PLTS	100
14	65	54.69	PLTS	100
15	65	54.69	PLTS	100
16	65	58.66	PLTS	100
17	65	58.66	PLTS	100
18	65	62.66	PLTS	100
19	90	86.48	PLTS	100
20	90	94.43	PLTS	100
21	90	82.31	PLTS	100
22	90	90.46	PLTS	100

23	90	90.46	PLTS	100
24	90	86.48	PLTS	100
25	110	94.43	PLTS	100
26	110	114.3	PLN	100
27	110	102.3	PLN	100
28	110	106.3	PLN	100
29	110	110.3	PLN	100
30	110	106.3	PLN	100
31	110	106.3	PLN	100
32	110	102.3	PLN	100
33	110	102.3	PLN	100
34	110	98.4	PLN	100
35	110	106.3	PLN	100
36	110	106.3	PLN	100

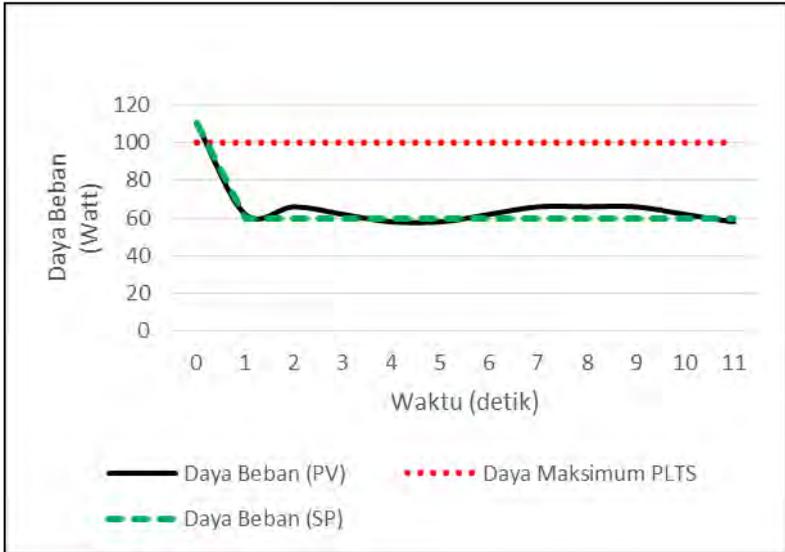


LAMPIRAN K PENGUJIAN SENSOR ACS 712 SAAT SWITCHING PLTS KE PLN



Time	Daya Beban (SP)	Daya Maksimum PLTS	Daya Beban (PV)	Error	Rise Time (detik)	Settling Time (detik)	Error Steady State
0	0	100	0	0.00%	3	5	-6.30%
1	110	100	78.53	21.47%			
2	110	100	70.58	29.42%			
3	110	100	102.3	-2.30%			
4	110	100	110.3	-10.30%			
5	110	100	106.3	-6.30%			
6	110	100	110.3	-10.30%			
7	110	100	106.3	-6.30%			
8	110	100	106.3	-6.30%			
9	110	100	110.3	-10.30%			
10	110	100	102.3	-2.30%			
11	110	100	102.3	-2.30%			

LAMPIRAN L
PENGUJIAN SENSOR ACS 712
SAAT SWITCHING PLN KE PLTS



Time	Daya Beban (SP)	Daya Maksimum PLTS	Daya Beban (PV)	Error	Rising Time (detik)	Settling Time (detik)	Error Steady State
0	110	100	110.3	-0.30%	3	3	-2.00%
1	60	100	62	-2.00%			
2	60	100	66	-6.00%			
3	60	100	62	-2.00%			
4	60	100	58	2.00%			
5	60	100	58	2.00%			
6	60	100	62	-2.00%			
7	60	100	66	-6.00%			
8	60	100	66	-6.00%			
9	60	100	66	-6.00%			
10	60	100	62	-2.00%			
11	60	100	58	2.00%			

BAB V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan rancang bangun dan analisa data yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Sistem pengendalian ini dapat berjalan dengan menggunakan sensor arus ACS712 20 A untuk mengukur nilai arus beban, sehingga didapatkan nilai daya beban rumah sebagai *set point* untuk melakukan *switching* sumber listrik PLN ke PLTS ataupun dari sumber listrik PLTS ke PLN.
2. Respon pembacaan daya beban rumah memiliki rata - rata *error steady state* sebesar -6.30%, nilai *rise time* sebesar 4 detik, dan nilai *settling time* sebesar 5 detik ketika sumber listrik beban rumah *switching* dari PLTS ke PLN. Sedangkan ketika sumber listrik beban rumah *switching* dari PLN ke PLTS, maka respon pembacaan daya beban rumah memiliki rata - rata *error steady state* sebesar -4.95%, nilai *rise time* sebesar 3 detik, dan nilai *settling time* sebesar 3 detik.

5.2. Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya, antara lain :

1. Pengujian sensor arus ACS712 20A sebaiknya dilakukan menggunakan ADC eksternal atau *microcontroller* yang memiliki ADC dengan resolusi tinggi yaitu 12 bit atau 16 bit agar pembacaan sensor memiliki tingkat ketelitian yang tinggi dan nilai *error* yang rendah.
2. Sebaiknya jenis sensor arus yang digunakan adalah sensor arus ACS712 5A karena memiliki resolusi sebesar 185 mV/A untuk meningkatkan ketelitian pengukuran nilai dari daya beban.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adhi R. 2008. Melihat Prinsip Kerja Sel Surya Lebih Dekat. Austrian : AIT Austrian Institute of Technology
- [2] Rashid, H. 2001. Power Electronic Handbook. Canada : Academic Press
- [3] James P. Dunlop, P.E. 2009. Batteries and Charge Controller In Stand - Alone Photovoltaic Systems fundamentals and applications.
- [4] United State Department of the Interior. 1998. Storage Battery Maintenance and Principles. Colorado.
- [5] MIT Electric Vehicle Team. 2008. A Guide to Understanding Battery Specifications.
- [6] Athur, Zulfakar. 2003. Sistem Tenaga Listrik Tenaga Hybrid (PLTH) yang Dibuat di Kedubes Austrian.

BIODATA PENULIS



Nama penulis Muhammad Rifqi Hikmawan dilahirkan di Surabaya pada tanggal 20 April 1995 dari ayah yang bernama Suparman dan ibu yang bernama Sri Wahyu Herin Prihatiningsih. Saat ini penulis tinggal di Sedayu 4 No. 33 Surabaya – Jawa Timur. Pada tahun 2007, penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasar di SD Muhammadiyah 11 Surabaya, kemudian pada tahun 2010 penulis berhasil menyelesaikan pendidikan tingkat menengah pertama di SMP Negeri 5 Surabaya. Tahun 2010 juga penulis berhasil masuk di salah satu SMA negeri di Surabaya yaitu SMA Negeri 8 Surabaya dan lulus tahun 2013. Pada 2013 tersebut setelah menyelesaikan studi tingkat menengah atasnya, penulis melanjutkan pendidikan di salah satu PTN terbaik yaitu Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya pada Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri. Pada bulan Juli 2016 ini, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN SUMBER ARUS DAN TEGANGAN LISTRIK RUMAH DENGAN AUTO SWITCHING SUMBER LISTRIK PLN DAN PLTS BERDASARKAN KAPASITAS DAYA ACCU SERTA DAYA MAKSIMAL BEBAN BERBASIS MICROCONTROLLER ATMEGA16”**. Bagi pembaca yang memiliki kritik atau saran dapat menghubungi penulis melalui akun email di muhammadrifqihikmawan@gmail.com.