



TUGAS AKHIR - TF 145565

# RANCANG BANGUN SISTEM MANAJEMEN BATERAI PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA16

AULIA MUTIARA AMINULLAH  
NRP. 2414 031 028

Dosen Pembimbing  
Detak Yan Pratama S.T., M.Sc  
NIP. 19840101 201212 1 002

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK INSTRUMENTASI  
DEPARTEMEN TEKNIK INSTRUMENTASI  
FAKULTAS VOKASI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017



**TUGAS AKHIR - TF145565**

**RANCANG BANGUN SISTEM MANAJEMEN  
BATERAI PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA  
SURYA BERBASIS MIKROKONTROLER  
ATMEGA16**

**Aulia Mutiara Aminullah**  
NRP. 2414 031 028

Dosen Pembimbing  
Detak Yan Pratama, S.T. M.Sc.

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK INSTRUMENTASI  
Departemen Teknik Instrumentasi  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



**FINAL PROJECT - TF145565**

**DESIGN SYSTEM OF BATTERY MANAGEMENT  
ON SOLAR POWER PLANT BASED ON  
MICROCONTROLLER ATMEGA16**

*Aulia Mutiara Aminullah*  
NRP. 2414 031 028

*Advisor Lecturer*  
Detak Yan Pratama, S.T. M.Sc.

*DIPLOMA OF INSTRUMENTATION ENGINEERING*  
*Department Of Instrumentation Engineering*  
*Faculty of Vokasi*  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017

**RANCANG BANGUN SISTEM MANAJEMEN BATERAI  
PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA  
BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA 16**

**TUGAS AKHIR**

**Oleh :**

**Aulia Mutiara Aminullah  
NRP. 2414 031 028**

**Surabaya, 31 Juli 2017  
Mengetahui / Menyetujui**

**Dosen Pembimbing**



**Detak Yan Pratama S.T., M.Sc  
NIP. 19840101 201212 1 002**

**Kepala Departemen  
Teknik Instrumentasi FV - ITS**



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

**RANCANG BANGUN SISTEM MANAJEMEN BATERAI  
PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA  
BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA16**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
pada  
Program Studi D3 Teknik Instrumensi  
Departemen Teknik Instrumentasi  
Fakultas Vokasi  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

**AULIA MUTIARA AMINULLAH**  
NRP. 2414 031 028

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Detak Yan Pratama S.T., M.Sc. .... (Pembimbing)
2. Dr. Ir. Totok Soehartanto,DEA .... (Ketua Tim Penguji)
3. Ir. Tutug Dhanardono,M.T ..... (Penguji I)
4. Herry Sufyan Hadi,S.T, M.T ..... (Penguji II)

**SURABAYA**  
**31 Juli 2017**

# RANCANG BANGUN SISTEM MANAJEMEN BATERAI PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA16

Nama Mahasiswa : Aulia Mutiara Aminullah  
NRP : 2414 031 028  
Program Studi : D3-Metrologi dan Instrumentasi  
Jurusan : Departemen Teknik Instrumentasi  
FV-ITS  
Dosen Pembimbing : Detak Yan Pratama S.T., M.Sc.

## Abstrak

Baterai memiliki peran penting dalam perkembangan kebutuhan energi. Performa baterai yang baik, akan mendukung perangkat yang ditunjangnya. Proses *charge* dan *discharge* yang tidak tepat dapat menyebabkan performa baterai menurun. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem manajemen baterai pada PLTS sehingga baterai terhindar dari penyebab kerusakan yang sering terjadi yaitu pengisian atau penggunaan baterai yang tidak terkontrol. Hal dasar pada suatu Sistem Manajemen Baterai (*Battery Management System*, BMS) adalah menghindari pengisian dan pemakaian yang berlebih pada baterai. Berdasarkan beberapa pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa BMS berfungsi dengan baik karena pengisian otomatis berhenti ketika tegangan baterai lebih besar dengan tegangan tegangan output rangkaian *charge control*. Begitupun ketika tegangan baterai mencapai 12,4 Volt, *relay* akan aktif memutus arus dari baterai ke beban. Ketika proses tegangan pengecasan melebihi 14,7 V maka *relay* akan memutuskan arus dari panel surya ke baterai. Proses *charging* pada PLTS yang telah dibuat mampu mencapai tegangan 13,5 V dengan lama pengecasan  $\pm$  21 jam dengan waktu pengecasan sekitar pukul , sedangkan proses *discharging* dengan beban maksimal 1 A mampu mencapai tegangan 12,6 V membutuhkan waktu 10 jam dari range tegangan 13,2 V sampai 12,6 V.

**Kata kunci:** *Battery Management System, Charging, Discharging*

**DESIGN SYSTEM OF BATTERY MANAGEMENT ON  
SOLAR POWER PLANT BASED ON MICROCONTROLLER  
ATMEGA16**

**Name** : *Aulia Mutiara Aminullah*  
**NRP** : *2414 031 028*  
**Study of Program** : *D3-Metrology dan Instrumentation*  
**Department** : *Department of Instrumentation  
Engineering FV-ITS*  
**Advisor Lecturer** : *Detak Yan Pratama S.T., M.Sc.*

***Abstract***

*Batteries have an important role in the development of energy needs. Good battery performance, will support the device it supports. Improper charge and discharge processes can cause decreased battery performance. Therefore, a battery management system is required in the PLTS so that batteries avoid the cause of frequent damage that is charging or the use of uncontrolled batteries. The basic thing in a Battery Management System (BMS) is to avoid overcharging and discharging the battery. Based on some tests performed show that BMS works well because the automatic charging stops when the battery voltage is greater with the voltage output voltage of the control circuit. Likewise when the battery voltage reaches 12.4 Volt, the relay will actively disconnect the current from the battery to the load. When the charging voltage process exceeds 14.7 V then the relay will disconnect the current from the solar panel to the battery. The charging process on PLTS has been made capable of reaching a voltage of 13.5 V with a length of charging  $\pm$  21 hours with the time of charging around the clock, while the discharging process with a maximum load of 1 A can reach 12.6 V voltage takes 10 hours from the voltage range 13,2 V to 12.6 V.*

***Kata kunci:*** *Battery Management System, Charging, Discharging*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya serta shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad SAW sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**RANCANG BANGUN SISTEM MANAJEMEN BATERAI PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA16**”. Penulis telah banyak mendapatkan bantuan dari berbagai pihak dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Purwadi Agus Darwinto, MSc selaku Kepala Program Studi DIII Metrologi dan Instrumentasi.
2. Bapak Detak Yan Pratama, S.T, M.Sc selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberikan motivasi, bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Lizda Johar Mawarani, S.T., M.T. selaku Dosen Wali penulis.
4. Ibu Ir Roni Dwi Noriyati M.Sc. selaku kepala Laboratorium Pengukuran Fisis yang telah memberikan sarana dan prasarana guna menunjang pelaksanaan Tugas Akhir ini.
5. Bapak dan Ibu dosen Teknik Fisika yang telah memberikan bimbingan, ilmu dan arahan selama masa perkuliahan di Teknik Fisika ITS.
6. Seluruh Staf Jurusan Teknik Fisika yang telah membantu penulis dalam hal administrasi.
7. Keluarga penulis yang telah memberikan dukungan dan doa.
8. Choirul Mufit selaku teman dan *partner* Tugas Akhir, yang sangat luar biasa memberikan dorongan dan semangat, serta tidak kenal lelah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
9. Teman-teman seperjuangan dalam mengerjakan Tugas Akhir
10. Serta semua orang yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.



Penulis menyadari bahwa penulisan laporan Tugas Akhir ini tidaklah sempurna. Oleh karena itu sangat diharapkan kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sehingga mencapai sesuatu yang lebih baik lagi. Penulis juga berharap semoga laporan ini dapat menambah wawasan yang bermanfaat bagi pembacanya.

Surabaya,31 Juli 2017

Penulis.

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b>	<b>i</b>
<b><i>TITLE OF PAGE</i></b>	<b>iii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN I</b>	<b>v</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN II</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>ix</b>
<b><i>ABSTRACT</i></b>	<b>xi</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xxi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang	1
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Tujuan	2
1.5 Batasan Masalah	3
1.6 Sistematika Laporan	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya	5
2.2 Charger Controller	6
2.3 Sistem Manajemen Baterai / <i>BMS</i>	7
2.4 <i>State of Charge (SOC)</i> dan <i>Depth of Discharge (DOD)</i>	10
2.5 Baterai	12
2.6 Sensor	14
2.7 Mikrokontroler AVR ATmega16	16
2.8 Liquid Crystal Display (LCD)	19
2.9 Push Button	22
2.10 Modul <i>Relay 2 Channel</i>	22

<b>BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT</b>	
3.1    Gambaran Umum Tugas Akhir	25
3.2 <i>Flowchart</i> Perancangan Alat	42
3.3    Keterangan <i>Flowchart</i> Pengerjaan Tugas Akhir	43
<b>BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1    Analisa Data	55
4.2    Pembahasan	72
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1    Kesimpulan	75
5.2    Saran	75
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	77
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Skema <i>Solar Home System</i>	6
<b>Gambar 2.2</b>	<i>Charging mode solar charge controller</i>	7
<b>Gambar 2.3</b>	Kurva discharging	8
<b>Gambar 2.4</b>	Diagram suatu sistem dengan menerapkan BMS	9
<b>Gambar 2.5</b>	Diagram suatu sistem tanpa menerapkan BMS	9
<b>Gambar 2.6</b>	Baterai pada kondisi <i>discharge</i>	13
<b>Gambar 2.7</b>	Baterai pada kondisi <i>charge</i>	14
<b>Gambar 2.8</b>	Rangkaian pembagi tegangan	15
<b>Gambar 2.9</b>	Modul sensor ACS712 20A	16
<b>Gambar 2.10</b>	Blok diagram ATmega16	18
<b>Gambar 2.11</b>	Konfigurasi PIN ATmega16 SMD	18
<b>Gambar 2.12</b>	Konfigurasi PIN ATmega16 PDIP	19
<b>Gambar 2.13</b>	Minimum Sistem Atmega16	19
<b>Gambar 2.14</b>	LCD Character 16x2	20
<b>Gambar 2.15</b>	Kolom dan Baris Karakter pada LCD 16x2	20
<b>Gambar 2.16</b>	Simbol dan Bentuk Saklar <i>Push Button</i>	22
<b>Gambar 2.17</b>	Modul <i>Relay 2 Channel</i>	23
<b>Gambar 3.1</b>	Alur <i>solar home system</i> dan penempatan sistem manajemen baterai	25
<b>Gambar 3.2</b>	Diagram blok sistem manajemen baterai	26
<b>Gambar 3.3</b>	Diagram blok monitoring level baterai	27
<b>Gambar 3.4</b>	Flowchart monitoring level baterai	28
<b>Gambar 3.5</b>	Rangkaian mekanisme charging	29
<b>Gambar 3.6</b>	Diagram blok mekanisme monitoring charging	30
<b>Gambar 3.7</b>	Rangkaian mekanisme monitoring charging	31
<b>Gambar 3.8</b>	Diagram blok mekanisme <i>monitoring charging</i>	31

<b>Gambar 3.9</b>	<i>Flowchart</i> mekanisme monitoring <i>charging</i>	32
<b>Gambar 3.10</b>	Rangkaian proses pengendalian <i>charging</i>	33
<b>Gambar 3.11</b>	Diagram blok proses pengendalian <i>charging</i>	34
<b>Gambar 3.12</b>	<i>Flowchart</i> proses pengendalian <i>charging</i>	34
<b>Gambar 3.13</b>	Rangkaian mekanisme <i>discharging</i>	35
<b>Gambar 3.14</b>	Diagram blok mekanisme <i>discharging</i>	36
<b>Gambar 3.15</b>	Rangkaian mekanisme monitoring <i>discharging</i>	37
<b>Gambar 3.16</b>	Diagram blok mekanisme monitoring <i>discharging</i>	38
<b>Gambar 3.17</b>	<i>Flowchart</i> mekanisme monitoring <i>discharging</i>	38
<b>Gambar 3.18</b>	Rangkaian proses pengendalian <i>discharging</i>	39
<b>Gambar 3.19</b>	Diagram blok proses pengendalian <i>discharging</i>	40
<b>Gambar 3.20</b>	<i>Flowchart</i> proses pengendalian <i>discharging</i>	41
<b>Gambar 3.13</b>	<i>Flowchart</i> pengerjaan tugas akhir	43
<b>Gambar 3.14</b>	Sistem Minimum Atmega16	45
<b>Gambar 3.15</b>	Elemen <i>Sensing</i>	48
<b>Gambar 3.16</b>	Rangkaian <i>Charge/Discharge</i>	49
<b>Gambar 3.17</b>	Output regulator	50
<b>Gambar 3.18</b>	Modul <i>Step-Down</i> LM2596	50
<b>Gambar 3.19</b>	Rangkaian LCD dan pengatur kontras	51
<b>Gambar 3.20</b>	Rancangan LED	52
<b>Gambar 3.21</b>	<i>Push button</i>	52
<b>Gambar 3.22</b>	<i>Listing program</i> pada <i>software</i> CV AVR	53
<b>Gambar 4.1</b>	Model skematik proses <i>solar home system</i> –DC	55
<b>Gambar 4.2</b>	<i>Mini plant solar home system</i>	56
<b>Gambar 4.3</b>	Pemasangan rangkaian keseluruhan pada sistem manajemen baterai	57

<b>Gambar 4.4</b>	<i>Panel box</i>	58
<b>Gambar 4.5</b>	Grafik pengujian arus dari pembacaan alat dan pembacaan standar	59
<b>Gambar 4.6</b>	Histerisis sensor arus	60
<b>Gambar 4.7</b>	Grafik pengujian tegangan baterai dari pembacaan alat dan pembacaan standar	61
<b>Gambar 4.8</b>	Histerisis sensor tegangan baterai	62
<b>Gambar 4.9</b>	Grafik pengujian tegangan load dari pembacaan alat dan pembacaan standar	63
<b>Gambar 4.10</b>	Histerisis sensor tegangan load	64
<b>Gambar 4.11</b>	Sistem terjadi <i>overcharge</i>	66
<b>Gambar 4.12</b>	Sistem terjadi <i>overdisvharge</i>	66
<b>Gambar 4.13</b>	Tampilan menu kapasitas baterai	67
<b>Gambar 4.14</b>	Tampilan menu <i>load</i>	67
<b>Gambar 4.15</b>	LED kuning aktif	68
<b>Gambar 4.16</b>	LED hijau aktif	68
<b>Gambar 4.17</b>	LED merah aktif	69
<b>Gambar 4.18</b>	Grafik pengujian discharging	70
<b>Gambar 4.19</b>	Grafik pengujian tegangan load dari pembacaan alat dan pembacaan standar	71
<b>Gambar 4.20</b>	Grafik pengujian charging	71







## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b>	Konfigurasi Pin LCD 16x2	21
<b>Tabel 3.1</b>	Penggunaan Port Mikrokontroler	44

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Energi listrik merupakan energi yang sangat dibutuhkan oleh manusia dalam melakukan aktifitas sehari-hari, energi listrik merupakan suatu bagian yang penting dalam menunjang kehidupan manusia. Listrik saat ini boleh dikata sebagai salah satu kebutuhan primer masyarakat, termasuk di pelosok pedesaan. Energi listrik selain dapat meningkatkan kualitas hidup, juga dapat mempertinggi produktivitas usaha yang dilakukan di manapun. Indonesia merupakan negara yang banyak memiliki pulau serta pegunungan dimana disebagian daerah-daerah tersebut merupakan daerah yang terpencil dan tidak mendapat pasokan energi listrik yang cukup maka dipandang perlu untuk mengembangkan atau memanfaatkan sumber-sumber yang ada untuk dijadikan alternatif penyediaan energi yang memiliki kemampuan untuk memasok energi listrik yang diantaranya adalah dengan pemanfaatan sel surya guna pemenuhan kebutuhan energi listrik. Sel surya merupakan piranti yang dapat mengkonversikan cahaya matahari menjadi energi listrik. Mengingat ketersediaanya cahaya matahari sepanjang tahun, maka sangatlah tepat jika energi cahaya matahari ini dimanfaatkan sebagai penyedia energi listrik terutama untuk daerah-daerah yang belum terjangkau aliran listrik. Pemanfaatan energi terbarukan khususnya energi surya mempunyai prospek yang sangat baik di Indonesia, sehingga mulai dikembangkan diseluruh pelosok negeri dengan melakukan penelitian-penelitian serta pengujian pembangkit listrik tenaga surya guna meningkatkan kinerjanya.<sup>[1]</sup>

Dalam pemanfaatannya ada beberapa hal yang perlu diperhatikan guna pengoptimalan energi yang akan dikonversikan, diantaranya adalah jenis *photovoltaic* yang digunakan, kapasitas baterai dan jenis *charger control* yang diterapkan. Tetapi lamanya masa pakai dari baterai merupakan masalah yang sering terjadi dikarenakan kurang terkontrolnya pengisian ataupun penggunaan baterai. Untuk menghindari permasalahan tersebut dapat dilakukan dengan cara menggunakan baterai seefisien dan seaman mungkin. Karena keperluan

penggunaan baterai secara aman tersebut maka dibuatlah sebuah sistem manajemen baterai (*Battery Management System* / BMS). BMS berfungsi mengatur pemakaian baterai pada area sehat baterai, mengontrol lalu lintas arus pada baterai dan memberi informasi kepada operator manusia agar melakukan tindakan yang perlu seperti, menghentikan pemakaian baterai atau mengisi baterai, agar keamanan operator dan kondisi sehat baterai terjaga. Sehingga diharapkan baterai dapat lebih awet. Untuk itu di harapkan dengan dibuatnya sistem ini dapat menjadi salah satu alternatif sebagai manajemen baterai pada pembangkit listrik tenaga surya. Oleh karena itu dibuat tugas akhir ini dengan judul “RANCANG BANGUN SISTEM MANAJEMEN BATERAI PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA16”

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, maka rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana cara merancang sistem manajemen baterai (*BMS*) pada pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) ?
2. Bagaimana cara sistem manajemen baterai (*BMS*) menjaga kondisi baterai dalam kondisi aman ?
3. Bagaimana cara kerja *BMS* menyediakan informasi untuk mngetahui level kapasitas baterai ?

## 1.3 Tujuan

Tujuan utama dari rancang bangun alat ini adalah untuk memenuhi mata kuliah tugas akhir sebagai syarat kelulusan dari program studi diploma 3 metrologi dan instrumentasi, serta untuk memberikan solusi pada rumusan masalah yaitu :

1. Menghasilkan sistem manajemen baterai (*BMS*) pada pembangkit listrik tenaga surya (PLTS)
2. Mengetahui kemampuan sistem manajemen baterai (*BMS*) untuk menjaga baterai dalam kondisi aman
3. Menyediakan informasi untuk mengetahui level kapasitas baterai.

#### **1.4 Batasan Masalah**

Untuk memfokuskan penyelesaian masalah pada penelitian tugas akhir ini, maka batasan masalah yang diangkat adalah sebagai berikut :

1. Spesifikasi baterai yang digunakan adalah 12 volt 45 Ah
2. Beban yang dihubungkan memiliki spesifikasi tegangan DC
3. Aspek yang dipertimbangkan dalam desain *BMS* adalah arus, tegangan, daya dari load dan kapasitas baterai.
4. Beban yang digunakan pada *discharging* adalah lampu LED 12 V 9 Watt dan port USB

#### **1.5 Sistematika Laporan**

Sistematika laporan yang digunakan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

##### **BAB I. Pendahuluan**

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika laporan.

##### **BAB II. Tinjauan Pustaka**

Bab ini berisi teori-teori dan alat yang digunakan dalam Rancang Bangun Sistem Manajemen Baterai Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Mikrokontroler Atmega16.

##### **BAB III. Perancangan dan Pembuatan Alat**

Bab ini berisi tentang langkah – langkah dalam pengerjaan Rancang Bangun Sistem Manajemen Baterai Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Mikrokontroler Atmega16 .

##### **BAB IV. Pengujian Alat dan Analisis Sistem**

Bab ini berisi tentang pengujian dan analisis sistem dari Rancang Bangun Sistem Manajemen Baterai Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Mikrokontroler Atmega16.

**BAB V. Penutup**

Bab ini berisi kesimpulan yang berasal dari kesimpulan dan saran sebagai penunjang pengembangan penelitian kedepannya

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Surya**

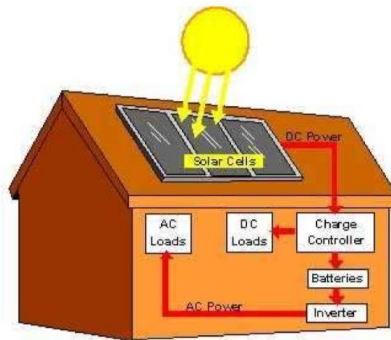
Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan jenis pembangkit energi listrik alternatif yang dapat mengkonversi energi cahaya matahari menjadi energi listrik. Cahaya matahari merupakan salah satu bentuk energi dari sumber daya alam. Sumber daya alam matahari ini sudah banyak digunakan untuk memasok daya listrik di satelit komunikasi melalui sel surya. Sel surya ini dapat menghasilkan energi listrik dalam jumlah yang tidak terbatas langsung diambil dari matahari, tanpa ada bagian yang berputar dan tidak memerlukan bahan bakar.<sup>[1]</sup> Sehingga sistem sel surya sering dikatakan bersih dan ramah lingkungan. 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.<sup>[1]</sup>

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*.<sup>[1]</sup>



**Gambar 2.1** Skema *Solar Home System*<sup>[1]</sup>

Gambar 2.1 merupakan salah satu contoh skema proses *solar home system*, radiasi cahaya matahari akan dikonversikan oleh panel surya menjadi energi listrik, setelah itu *charge control* akan meregulasi tegangan dari panel surya ke baterai sehingga energi listrik tersebut tersimpan didalam baterai. Untuk beban tegangan DC eneri dari baterai bisa langsung digunakan sedangkan untuk beban tegangan AC diperlukan inverter untuk merubah tegangan DC menjadi tegangan AC.

## 2.2 Charger Controller

Pada dasarnya *carger* adalah suatu alat yang digunakann sebagai pengisi ulang baterai atau tempat penyimpanan energiilainnya dengan melaawan arus listriknya.<sup>[2]</sup> Seiringg dengan kemajuan teknologi maka ditambahkan pengatur/*controller* pada charger tersebut. Kegunaan dari *charger controller* adalah untuk mengatur energi yang masuk ke dalam baterai mencegah dari *overcharging* apabila baterai telah penuh, *overvoltage*, dan hal-hal lain yang dapat mengurangi umur baterai.

### Cara Kerja Charge Controller

Solar charge controller, adalah komponen penting dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Solar charge controller berfungsi untuk :

- Charging mode: Mengisi baterai (kapan baterai diisi, menjaga pengisian kalau baterai penuh).<sup>[2]</sup>
- Operation mode: Penggunaan baterai ke beban (pelayanan baterai ke beban diputus kalau baterai sudah mulai 'kosong').<sup>[2]</sup>

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 - 14.7 Volt) dan arus diambil secara maksimum dari panel surya / *Solar cell*. Pada saat baterai sudah pada tegangan *setup (bulk)* dimulailah fase *absorption*.<sup>[10]</sup>

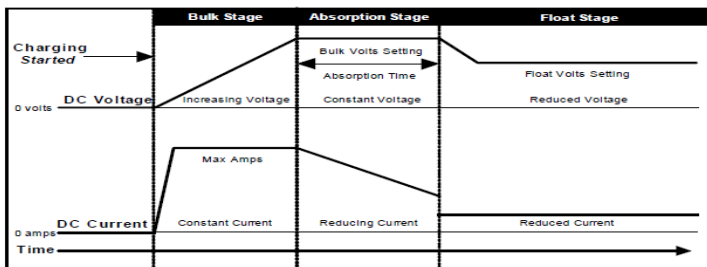
b. Fase *absorption*

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.<sup>[10]</sup>

c. Fase *float*

Baterai akan dijaga pada tegangan *float setting* (umumnya 13.2 - 13.5 Volt). Beban yang terhubung ke baterai dapat menggunakan arus maksimum dari panel surya / *Solar cell* pada *stage* ini.<sup>[10]</sup>

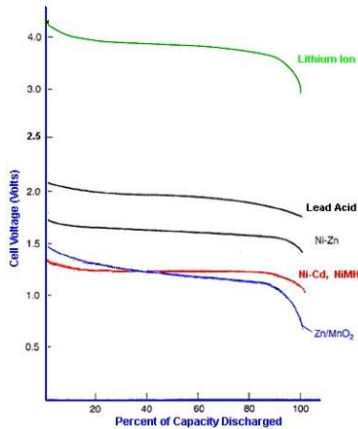
Berikut ini merupakan grafik proses *charging Solar charge controller* yang dapat dilihat pada gambar 2.2



**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. Berikut ini merupakan grafik proses *discharging* yang dapat dilihat pada gambar 2.3



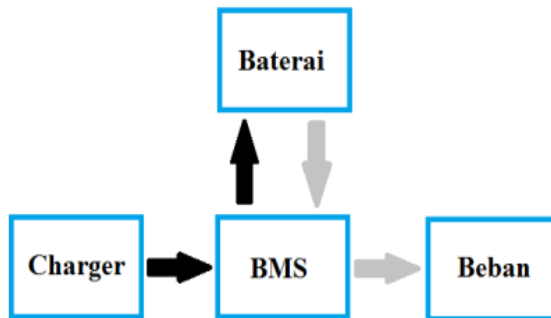
**Gambar 2.3** Kurva discharging

### 2.3 Sistem Manajemen Baterai / BMS

Sistem Manajemen Baterai (*Battery Management System* atau biasa disingkat “*BMS*”) adalah perangkat elektronik yang mengelola pengisian ulang baterai, serta memantau keadaan baterai, melaporkan data baterai, melindungi baterai<sup>[3]</sup> Kemampuan untuk memonitor parameter yang ada di baterai, misalnya mendeteksi tegangan pada baterai, dan lain-lain. Kemampuan untuk mendeteksi level energi (SOC) pada baterai sangat menentukan optimalnya pengoperasian sistem *solar charge*. Selain itu dengan mengetahui SOC kita bisa menentukan kapan baterai harus discharging, dan kapan harus berhenti mencharging. Dengan charging maupun discharging yang tepat maka baterai dapat berumur lebih lama karena reaksi kimiawi yang tidak dapat balik bisa dihindari. Kemampuan untuk memutuskan dan menyambung baterai dari beban dan dari charger jika terjadi keadaan yang luar biasa secara otomatis

(*Automatic switching capability*).<sup>[3]</sup> Dengan kemampuan ini diharapkan baterai akan berada dalam mode pengoperasian yang aman sepanjang waktu. Kejadian luar biasa yang akan memicu pemutusan otomatis misalnya keadaan sudah terisi penuh (*fully charged*), keadaan sudah SOC hampir nol (*almost fully discharged*), terbeban lebih yang menyebabkan *overcurrent* atau *overheated* dan lain-lain.<sup>[4]</sup>

Berikut adalah perbedaan sistem yang menggunakan BMS dan tidak.<sup>[3]</sup>



**Gambar 2.4** Diagram suatu sistem dengan menerapkan BMS<sup>[3]</sup>

Gambar 2.4 merupakan salah satu contoh skema proses pengecasan baterai apabila menerapkan BMS. BMS akan berlaku sebagai pusat kontrol lalu lintas arus yang keluar atau masuk dari baterai



**Gambar 2.5** Diagram suatu sistem tanpa menerapkan BMS<sup>[3]</sup>

Gambar 2.5 merupakan salah satu contoh skema proses pengecasan baterai yang tidak menerapkan BMS. Pengecasan baterai tidak ada pengkontronlan arus yang keluar masuk baterai. Hal tersebut akan membuat baterai cepat rusak.

#### **2.4 *State of Charge (SOC)* dan *Depth of Discharge (DOD)***

*State of Charge* adalah rasio kapasitas energi yang tersedia dengan kapasitas energi maksimum. Nilai *State of Charge* dinyatakan dalam rentang nilai 0 – 1, dimana nilai 0 menyatakan baterai dalam keadaan kosong tanpa ada kapasitas energi tersimpan, sedangkan nilai 1 adalah keadaan baterai ketika kapasitas energi tersimpan secara penuh. *State of Charge* dapat juga dinyatakan dengan besaran persentase 0% - 100 %. DOD merupakan nilai yang menunjukkan besarnya arus listrik yang telah digunakan, dihitung dalam persen. DOD merupakan kebalikan dari SOC.<sup>[10]</sup> SOC merupakan salah satu parameter penting yang dibutuhkan untuk memastikan pengosongan dan pengisian baterai yang aman. SOC memberikan keadaan baterai saat ini dan memungkinkan baterai untuk diisi dan dikosongkan secara aman pada tingkat yang sesuai untuk peningkatan daya tahan baterai. Dengan demikian, SOC membantu dalam pengelolaan baterai. Namun, mengukur SOC tidak secara langsung, karena melibatkan pengukuran tegangan baterai, suhu, temperatur, dan informasi lain yang berkaitan dengan baterai. Estimasi SOC yang akurat mencegah kerusakan baterai atau percepatan umur baterai dengan menghindari *overcharge* dan *overdicharge*. *Overcharge* adalah proses pengisian energi ke baterai yang melebihi waktu atau kapasitasnya. *Overdischarge* adalah titik dimana tegangan baterai di bawah titik kritisnya. Kedua hal ini dapat merusak baterai dan berbahaya. *Overcharge* menyebabkan percepatan dari korosi pada plat positif baterai, konsumsi air yang berlebihan, dan dalam berbagai kasus, merusak temperatur dalam baterai.<sup>[10]</sup> Baterai mungkin terlalu panas dan

elektrolit akan menggelembung. Beberapa arus pengisian terbuang sebagai panas bahkan pada tingkat pengisian yang benar. *Overcharge* yang berulang-ulang menyebabkan depresi tegangan, yang menyebabkan pembentukan kristal kecil elektrolit di plat. Hal ini bisa menyumbat plat, meningkatkan resistansi, dan menurunkan tegangan dari beberapa sel-sel individual dalam baterai. Penurunan tegangan tersebut menyebabkan baterai secara keseluruhan melakukan pengosongan secara cepat dan tegangan baterai secara keseluruhan tiba-tiba menurun. Umumnya *overdischarge* bisa membuat kenaikan tekanan dalam sel dan reversibilitas dari aktivitas material di bagian positif dan negatif akan rusak.

#### 2.4.1 Metode Estimasi SOC Berdasarkan Tegangan (*Open Circuit Voltage*)

Open Circuit Voltage (OCV) merupakan metode yang digunakan untuk melakukan estimasi SOC dari hubungan linier tegangan terhadap SOC dari baterai.<sup>[10]</sup> Metode OCV merupakan metode yang akurat dan sederhana, hanya saja pengukuran SoC dapat dilakukan setelah proses difusi dalam baterai selesai (rest periode). Metode OCV Mengacu pada datasheet dimana tegangan maksimal baterai menggambarkan SoC 100% dan tegangan cut-off menggambarkan SoC 0%. Berikut merupakan persamaan dari metode *open circuit voltage* adalah :

$$V_{oc}(t) = a1 \times \text{SOC}(t) \% + a0 \quad (2.1)$$

$$a1 = V \text{ maksimal} - V \text{ cut off voltage} \quad (2.2)$$

$$\text{SOC}(t) = \frac{V_{oc}(t) - a0}{a1} \times 100\% \quad (2.3)$$

Dimana :

$V_{oc}(t)$  = Tegangan yang terukur

$a0$  = Tegangan cut off voltage

$\alpha 1$  = Tegangan total yang diperoleh dari  $\alpha 0$  dan  $V_{oc}(t)$  saat SOC 100%  
 SOC(t) = Level kapasitas baterai yang terukur dalam bentuk presentase

Berikut merupakan persamaan dari daya yang tersisa pada baterai :

$$P = V \times I \quad (2.4)$$

P = Daya

V = Tegangan

I = Arus

$$P \text{ baterai} = ((V_{oc}(t) - \alpha 0) * Ah) - P \text{ out} \quad (2.5)$$

P baterai = Daya yang tersisa pada baterai

P out = Daya yang keluar menuju beban / daya load

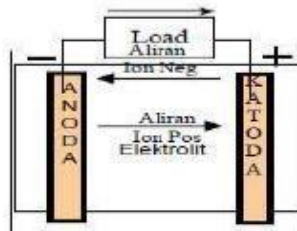
Ah = Ampere hour

## 2.5 Baterai

Baterai atau accumulator adalah sebuah sel listrik dimana di dalamnya berlangsung proses elektrokimia yang *reversible* (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. *Reversible* dapat diartikan dalam baterai terjadi proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia.<sup>[5]</sup> Pengisian kembali baterai dengan cara regenerasi dari elektroda – elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah (polaritas) yang berlawanan di dalam sel. Dikenal dua jenis elemen yang merupakan sumber arus searah (DC) dari proses kimiawi, yaitu elemen primer dan elemen sekunder. Elemen primer terdiri dari elemen basah dan elemen kering. Reaksi kimia pada elemen primer yang menyebabkan elektron mengalir dari elektroda negatif (katoda) ke elektroda positif (anoda) tidak dapat dibalik arahnya.<sup>[5]</sup> Maka jika muatannya habis, maka elemen primer tidak dapat dimuati kembali dan memerlukan penggantian bahan pereaksinya (elemen kering). Sehingga dilihat dari sisi ekonomis

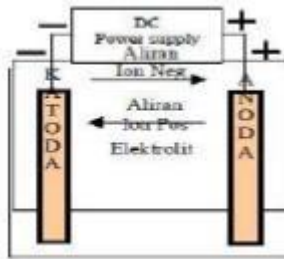
elemen primer dapat dikatakan cukup boros. Contoh elemen primer adalah batu baterai (dry cells).

Elemen sekunder dalam pemakaiannya harus diberi muatan terlebih dahulu sebelum digunakan, yaitu dengan cara mengalirkan arus listrik (secara umum dikenal dengan istilah 'disetrum'). Akan tetapi, tidak seperti elemen primer, elemen sekunder dapat dimuati kembali berulang kali. Elemen sekunder ini lebih dikenal dengan aki. Dalam sebuah aki berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (bolak-balik) dengan efisiensi yang tinggi. Yang dimaksud dengan proses elektrokimia reversibel yaitu di dalam aki saat dipakai berlangsung proses pengubahan kimia menjadi tenaga listrik (*discharging*). Sedangkan saat diisi atau dimuati, terjadi proses tenaga listrik menjadi tenaga kimia (*charging*).<sup>[5]</sup> Prinsip kerja baterai yaitu:



**Gambar 2.6** Baterai pada kondisi *discharge*<sup>[5]</sup>

Pada gambar 2.6 merupakan salah satu contoh proses discharge pada sel berlangsung. Bila sel dihubungkan dengan beban maka elektron mengalir dari anoda melalui beban ke katoda, kemudian ion-ion negatif mengalir ke anoda dan ion-ion positif mengalir ke katoda.<sup>[5]</sup>



**Gambar 2.7** Baterai pada kondisi *charge*<sup>[5]</sup>

Pada gambar 2.7 merupakan salah satu contoh proses pengisian menurut skema gambar dibawah ini adalah bila sel dihubungkan dengan sumber pengecasan maka elektroda positif menjadi anoda dan elektroda negatif menjadi katoda dan proses kimia yang terjadi sebagai berikut:

- Aliran elektron menjadi terbalik, mengalir dari anoda melalui power supply ke katoda.
- Ion-ion negatif mengalir dari katoda ke anoda.
- Ion-ion positif mengalir dari anoda ke katoda.<sup>[5]</sup>

## 2.6 Sensor

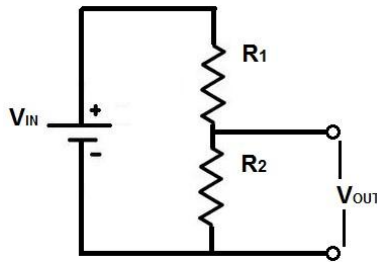
Sensor adalah sebuah alat yang digunakan untuk merubah suatu besaran fisik menjadi besaran listrik sehingga dapat dianalisa dengan rangkaian listrik tertentu.<sup>[5]</sup> Sensor mempunyai banyak jenis tergantung kegunaannya. Sensor merupakan bagian dari *transducer* yang merasakan adanya perubahan kapasitas energi yang ditangkap dan dirubah menjadi sinyal listrik.

### 2.6.1 Sensor Tegangan

Sensor tegangan adalah suatu alat yang mengukur tegangan pada alat elektronik. Sensor tegangan umumnya berupa sebuah rangkaian pembagi tegangan atau yang biasa disebut *voltage divider*.<sup>[6]</sup> Pada rangkaian pembagi tegangan ini terdiri dari dua buah resistor yang disusun secara seri dengan posisi tegangan keluaran berada diantara kedua resistor. Dengan model matematis rangkaian pembagi tegangan sebagai berikut :

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_2 + R_1} \cdot V_{in} \quad (2.6)$$

Dengan menggunakan model matematis tersebut dan rangkaian pada gambar 2.8 tegangan pada baterai akan di konversikan ke dalam tegangan yang dapat di baca mikrokontroler yaitu nol sampai lima volt. Lalu tegangan diterjemahkan menjadi satuan digital melalui mikrokontroler agar dapat kita atur lebih lanjut.



**Gambar 2.8** Rangkaian pembagi tegangan<sup>[5]</sup>

### 2.6.2 Modul Sensor Arus ACS 712 20A

ACS712 menyediakan solusi ekonomis dan tepat untuk pengukuran arus AC atau DC di dunia industri, komersial, dan sistem komunikasi. Perangkat terdiri dari rangkaian sensor efek-hall yang linier, *low-offset*, dan presisi. Saat arus mengalir di jalur tembaga pada bagian pin 1-4, maka rangkaian sensor efek-hall akan mendeteksinya dan mengubahnya menjadi tegangan dan outputnya pada pin 7. Sensor ACS712 ini pada saat tidak ada arus tembaga pada bagian pin 1-4, maka rangkaian sensor efek-hall akan mendeteksinya dan mengubahnya menjadi tegangan dan outputnya pada pin 7.<sup>[5]</sup> Sensor ACS712 ini pada saat tidak ada arus yang terdeteksi, maka keluaran sensor adalah 2,5 V. Dan saat arus mengalir dari IP+ ke IP-, maka keluaran akan >2,5V. Sedangkan ketika arus listrik mengalir terbalik dari IP- ke IP+, maka keluaran akan < 2,5 V. Untuk bentuk fisik dari sensor arus ACS712 20A dapat dilihat pada gambar 2.9. Berikut ini adalah karakteristik dari sensor suhu ACS712



- Menggunakan sensor arus listrik terkalibrasi produk Allegro MicroSystems, Inc., ACS712-20A, sebagai komponen utama.
- Spesifikasi sensor ACS712-20A-T:  
Masukan (input) menggunakan dua pasang terminal power hitam yang mampu menahan arus listrik yang besar, sehingga mudah dalam instalasi.  
Keluaran (output) menggunakan tiga terminal power hijau.
- Maksimal pengukuran: 20 A.
- Sensitivitas keluaran: 100 mV/A (analog).
- Tegangan keluaran proporsional terhadap arus masukan (input) AC ataupun DC.
- Tegangan offset keluaran yang sangat stabil.
- Hysterisis akibat medan magnet mendekati nol.
- Rasio keluaran sesuai tegangan sumber.
- Tegangan sumber: 4.5VDC – 5.5VDC.



**Gambar 2.9** Modul sensor ACS712 20A<sup>[5]</sup>

## 2.7 Mikrokontroler AVR ATmega16

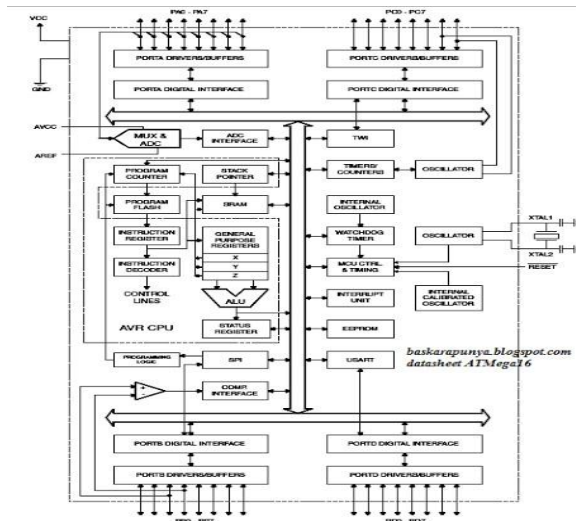
Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer lengkap dalam satu chip. Mikrokontroler lebih dari sekedar sebuah mikroprosesor karena sudah terdapat atau berisikan ROM (*Read-Only Memory*), RAM (*Read-Write Memory*), beberapa port masukan maupun keluaran, dan beberapa peripheral seperti pencacah/pewaktu, ADC (*Analog to Digital converter*), DAC (*Digital to Analog converter*) dan serial komunikasi.<sup>[8]</sup> Salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan saat ini yaitu

mikrokontroler AVR. AVR adalah mikrokontroler RISC (*Reduce Instruction Set Compute*) 8 bit berdasarkan arsitektur Harvard. Mikrokontroler ATmega 16 memiliki arsitektur Harvard, yaitu memisahkan memori untuk kode program dan memori untuk data sehingga dapat memaksimalkan unjuk kerja dan paralelisme. Instruksi - instruksi dalam memori program dieksekusi dalam satu alur tunggal, dimana pada saat satu instruksi dikerjakan instruksi berikutnya sudah diambil (*pre – fetched*) dari memori program. Konsep inilah yang memungkinkan instruksi – instruksi dapat dieksekusi dalam setiap satu siklus *clock*. 32 x 8 bit *register* serba guna digunakan untuk mendukung operasi pada *Aritmetic Logic Unit* (ALU) yang dapat dilakukan dalam satu siklus.<sup>[8]</sup> Enam dari *register* serba guna dapat digunakan sebagai tiga buah *register point* 16 bit pada mode pengalamatan tak langsung untuk mengambil data pada ruang memori data.

Secara garis besar mikrokontroler ATmega16 terdiri dari :<sup>[8]</sup>

1. Arsitektur RISC dengan throughput mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16Mhz.
2. Memiliki kapasitas Flash memori 16Kbyte, EEPROM 512 Byte, dan SRAM 1Kbyte
3. Saluran I/O 32 buah, yaitu Port A, Port B, Port C, dan Port D.
4. CPU yang terdiri dari 32 buah register.
5. User interupsi internal dan eksternal
6. Port antarmuka SPI dan Port USART sebagai komunikasi serial
7. Fitur Peripheral :
  - a. Dua buah 8-bit timer/counter dengan prescaler terpisah dan mode compare.
  - b. Satu buah 16-bit timer/counter dengan prescaler terpisah, mode compare, dan mode capture
  - c. Real time counter dengan osilator tersendiri
  - d. Empat kanal PWM dan Antarmuka komparator analog
  - e. 8 kanal, 10 bit ADC
  - f. Byte-oriented Two-wire Serial Interface

g. Watchdog timer dengan osilator internal

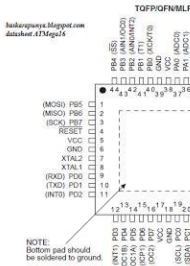


Gambar 2.10 Blok diagram ATmega16<sup>[8]</sup>

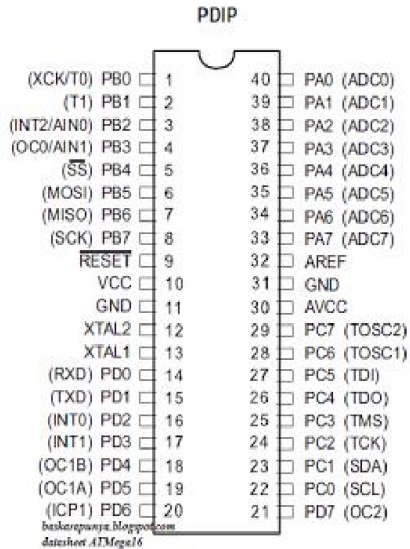
Gambar 2.10 merupakan gambaran secara garis besar arsitektur mikrokontroler Atmega16.

2.7.1 Konfigurasi Pin ATmega16

Dari gambar 2.9 dan gambar 2.10 tersebut dapat terlihat ATmega16 memiliki 8 Pin untuk masing-masing Port A, Port B, Port C, dan Port D.<sup>[8]</sup>

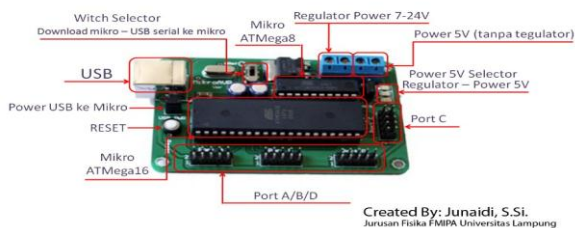


Gambar 2.11 Konfigurasi PIN ATmega16 SMD<sup>[8]</sup>



**Gambar 2.12** Konfigurasi PIN ATmega16 PDIP<sup>[8]</sup>

Gambar 2.12 dan gambar 2.13 merupakan konfigurasi PIN Atmega16. Pada sistem ini yang digunakan adalah mikronkontroler atmega16 PDIP.

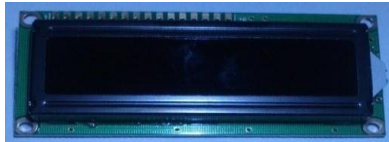


**Gambar 2.13** Minimum Sistem Atmega16<sup>[9]</sup>

## 2.8 Liquid Crystal Display (LCD)

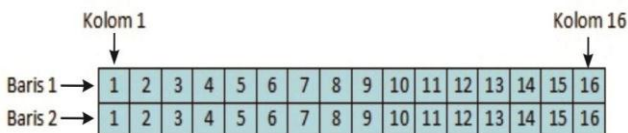
Liquid Crystal Display (LCD) merupakan salah satu komponen display elektronik yang berfungsi menampilkan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik.<sup>[9]</sup> LCD dibuat dengan teknologi CMOS *logic* yang bekerja dengan cara tidak

menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap front-lit atau mentransmisikan cahaya dari back-lit.



**Gambar 2.14** LCD Character 16x2<sup>[9]</sup>

Jenis LCD yang umum digunakan yaitu LCD karakter dan LCD Grafik. LCD karakter adalah LCD yang hanya bisa menampilkan karakter, khususnya karakter ASCII seperti karakter yang terdapat pada *keyboard* komputer. Sedangkan LCD grafik adalah LCD yang tidak terbatas tampilannya, bahkan dapat menampilkan foto.<sup>[9]</sup> LCD grafik inilah yang nantinya berkembang menjadi LCD yang biasa dilihat pada layar komputer. LCD karakter yang beredar dipasaran umumnya dituliskan dalam bilangan matriks dari jumlah karakter yang dapat dituliskan dalam LCD tersebut, yaitu jumlah kolom dikalikan dengan jumlah baris. Sebagai contoh LCD 16x2 memiliki 16 kolom dan 2 baris, jadi total karakter yang dapat dituliskan berjumlah 32 karakter.<sup>[9]</sup> Bentuk fisik dari LCD karakter 16x2 dapat dilihat pada gambar 2.14. Konfigurasi LCD dapat dilihat pada gambar 2.15 di bawah ini



**Gambar 2.15** Kolom dan Baris Karakter pada LCD 16x2<sup>[9]</sup>

Untuk dapat mengendalikan LCD harus memiliki koneksi yang benar dengan mengetahui konfigurasi pin – pin pada modul LCD seperti yang ditampilkan pada table 2.1 di bawah ini.

**Tabel 2.1** Konfigurasi Pin LCD 16x2

Nomor Pin	Pin	Keterangan
1	VSS	GND
2	VDD	5V
3	V <sub>o</sub>	Kontras
4	RS	Register Select
5	R/W	Read/Write
6	EN	Enable
7	DB0	Data 0
8	DB1	Data 1
9	DB2	Data 2
10	DB3	Data 3
11	DB4	Data 4
12	DB5	Data 5
13	DB6	Data 6
14	DB7	Data 7

Pada modul LCD juga terdapat pin yang digunakan sebagai kontrol atau masukan data diantaranya adalah :

1. Pin Data (DB0 - DB7) : merupakan jalur untuk memberikan data karakter yang ingin ditampilkan pada LCD. Pin ini dapat dihubungkan dengan bus data dari rangkaian lain seperti mikrokontroler dengan lebar data 8 bit.
2. Pin RS (*Register Select*) : berfungsi sebagai indikator atau penentu jenis data yang masuk, apakah merupakan data atau perintah. Logika low menunjukkan ada perintah yang masuk seperti clear screen dan posisi kursor, sedangkan logika high menunjukkan data text yang akan ditampilkan pada LCD.
3. Pin R/W (*Read/Write*) : berfungsi sebagai instruksi pada modul LCD. Jika berlogika low maka modul akan menulis

data sedangkan jika high maka modul akan membaca data. Pada aplikasi umum pin R/W dihubungkan dengan logika low atau dihubungkan langsung ke pin GND.

4. Pin EN (*Enable*) : digunakan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan LCD.
5. Pin Vo (*Contrast*) : berfungsi untuk mengatur kecerahan tampilan (kontras) pada LCD.<sup>[9]</sup>

## 2.9 Push Button

Saklar merupakan komponen elektronika yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutuskan dua jalur atau lebih dalam suatu rangkaian elektronik.<sup>[9]</sup> Salah satu jenis saklar adalah *push button/push on* yaitu saklar yang hanya akan menghubungkan jalur pada saat ditekan dan saat tombolnya tidak ditekan maka saklar akan memutus jalur. Simbol dan bentuk dari saklar push button atau push on ditunjukkan pada gambar 2.14 di bawah ini.



**Gambar 2.16** Simbol dan Bentuk Saklar *Push Button*

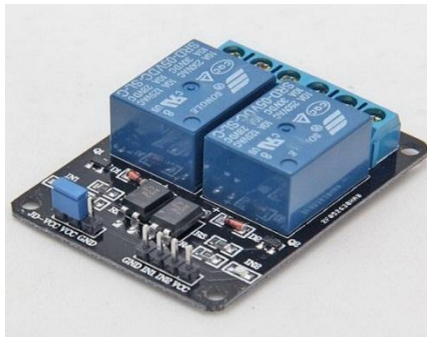
Salah satu contoh penggunaan saklar *push button* adalah pada *keyboard* komputer, *keypad handphone*, matrik *keypad*, dan tombol interaktif pada sebagian alat elektronik. Gambar 2.16 merupakan contoh beberapa *push button* yang sering digunakan pada plant. Sebelah kiri merupakan simbol dari *push button*.

## 2.10 Modul Relay 2 Channel

*Relay* merupakan komponen yang berfungsi sebagai saklar dalam berbagai macam sistem kontrol.<sup>[9]</sup> Keunggulan *relay* adalah dapat mengontrol proses *switching* dari jarak jauh. Hal ini dimungkinkan karena penyaklaran *relay* bukan bersifat

langsung, namun menggunakan koil atau biasa disebut dengan *Contact Relay* (CR) yang menggunakan sifat elektromagnetis untuk menggerakkan saklar. Relay dapat digunakan untuk proses *switching* tegangan AC maupun DC.<sup>[9]</sup> Modul relay yang digunakan pada alat ini memiliki spesifikasi sebagai berikut :

1. Memiliki 2 *Channel Relay* dengan masukan 5 volt DC dan arus 15 – 20 mA.
2. Dapat digunakan pada tegangan AC (250V dan 10A) serta DC (30V dan 10A).
3. *LED Indicator Relay Status*.
4. Dapat dikontrol langsung oleh mikrokontroler tanpa memerlukan driver penguat lagi.
5. Memiliki saklar *Normally Open* (NO) dan *Normally Close* (NC) pada setiap channel.<sup>[9]</sup>



**Gambar 2.17** Modul *Relay 2 Channel*<sup>[9]</sup>

Gambar 2.17 merupakan salah satu contoh bentuk fisik modul *relay 2 channel*.

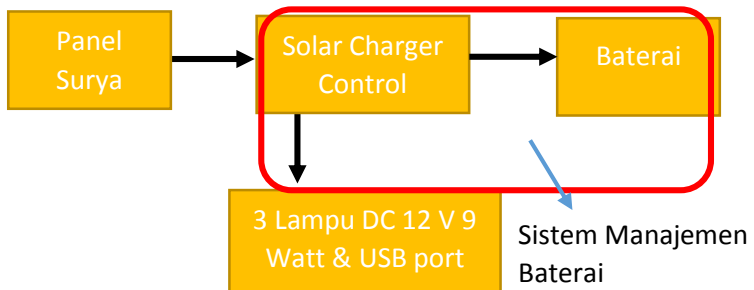


*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

### 3.1. Gambaran Umum Tugas Akhir

Rancang bangun miniplant *solar home system* pada tugas akhir ini terdapat beberapa komponen utama seperti solar panel , solar charge control, baterai. Beban yang digunakan pada miniplant ini adalah 3 lampu DC 12 V 9 Watt & USB port. Berikut pada gambar 3.1 merupakan alur sistem dari *solar home system* yang telah dibuat.

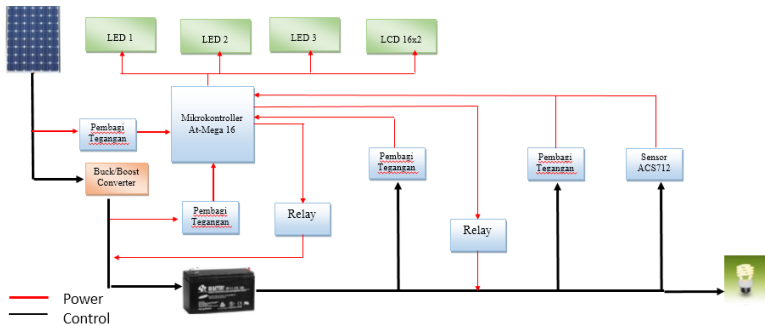


**Gambar 3.1** Alur *solar home system* dan penempatan sistem manajemen baterai

Pada gambar 3.1 merupakan diagram blok alur *solar home system*. Awalnya panel surya yang terkena energi cahaya dari sinar matahari kemudian akan merubah menjadi energi listrik. Kemudian energi yang telah dikonversi disimpan dalam baterai. Solar charger control pada *solar home system* digunakan sebagai regulator dan manajemen baterai. *Solar charge control* tersambung dengan panel surya, baterai dan juga beban resistif.

Pada tugas akhir kali ini sistem manajemen baterai pada *solar home system* menjadi pokok bahasan yang dinalisa. Rancang bangun sistem manajemen baterai ni dirangkai untuk mengontrol penggunaan baterai pada sistem pembangkit listrik tenaga surya. Tujuan atau kriteria dari sistem manajemen baterai ini yaitu memonitoring level baterai, daya load, tegangan masukan panel surya, tegangan masukan baterai dan mencegah adanya *overcharging* dan *overdischarging* pada baterai. Proses

*charge/discharge* ini dikontrol oleh relay, apabila terdapat arus yang masuk ke baterai dari panel surya maka relay untuk *charge* akan aktif, sedangkan relay untuk *discharge* akan aktif ketika tegangan baterai berkisar antara 12,4 V sampai 13,5 V. Besaran daya hasil perhitungan *output regulator*, tegangan baterai, tegangan panel surya dan tegangan masukan baterai dari panel surya akan dikirimkan ke mikrokontroler untuk ditampilkan pada LCD. *Push button* digunakan untuk memilih menu tampilan pada LCD diantaranya tampilan tegangan sumber dari panel dan tegangan pengecasan, tampilan kapasitas baterai dan daya pada baterai, dan tampilan daya yang dipakai oleh beban.



**Gambar 3.2** Diagram blok sistem manajemen baterai

Pada gambar 3.2 merupakan gambar diagram blok dari sistem manajemen baterai pada *solar home system*. Energi yang tersimpan pada baterai dapat diketahui dari pembacaan sensor tegangan. Sedangkan tegangan dan arus yang menuju beban akan dideteksi oleh sensor tegangan dan sensor ACS712. Apabila terjadi *overcharger* dan *overdischarging* maka relay akan berperan sebagai kontrol pemutus arus pada saat *charging* dan *discharging*.

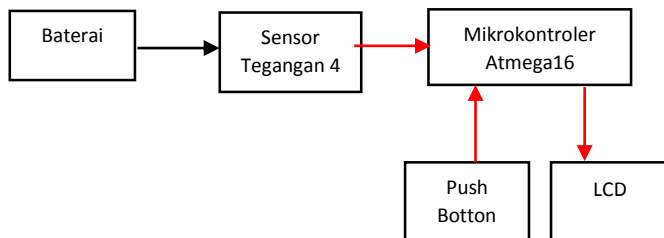
Sistem ini terdiri dari beberapa bagian diantaranya :

1. *Relay* berfungsi untuk mengatur proses *charge/discharge* switching pada baterai.
2. Baterai sebagai tempat menyimpan daya yang dihasilkan oleh sumber.
3. Sensor tegangan berfungsi sebagai pendeteksi tegangan

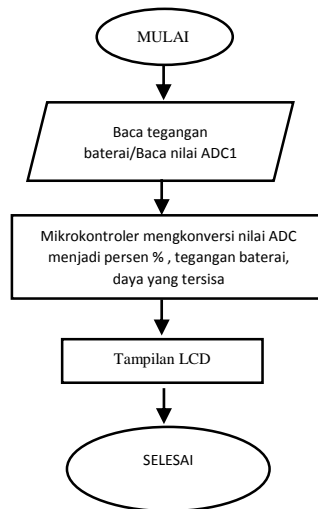
- baterai dan tegangan load.
4. Sensor ACS712 berfungsi sebagai pendeteksi arus yang keluar menuju beban.
  5. *Output Regulator* berfungsi untuk mengkonidisikan yang dibutuhkan oleh beban, juga melakukan perhitungan daya yang digunakan oleh beban.
  6. Mikrokontroler berfungsi untuk memproses sistem kerja alat.
  7. *Button* sebagai masukan untuk mengatur proses kerja sistem.
  8. LCD sebagai penampil.
  9. LED sebagai indikator keadaan proses sistem.
  10. Beban berupa beban tiga buah lampu LED 12 V 9 Watt dan port USB dengan keluaran tegangan 5 V.

### 3.1.1 Mekanisme Monitoring Level Baterai

Pada sistem manajemen baterai monitoring level baterai merupakan hal penting yang harus diterapkan. Mekanisme tersebut dapat dilihat pada gambar 3.3.



**Gambar 3.3** Diagram blok monitoring level baterai



**Gambar 3.4** Flowchart monitoring level baterai

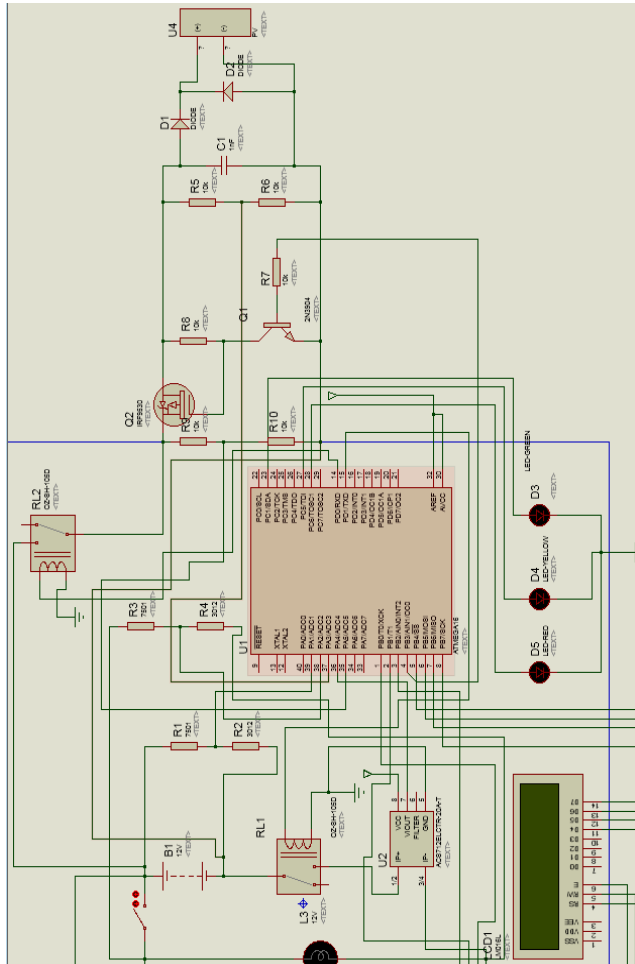
Pada gambar 3.3 dan gambar 3.4 merupakan mekanisme monitoring level baterai. Sensor tegangan mendeteksi tegangan pada baterai kemudian diteruskan menuju mikrokontroler atmega16 untuk memproses nilai tegangan yang dideteksi. Tegangan baterai di-*sensing* oleh ADC1 untuk kemudian dikonversikan dalam bentuk persen dan kemudian ditampilkan pada LCD. Tidak hanya persentase level baterai yang ditampilkan namun tegangan baterai dan daya yang tersisa pada baterai juga ditampilkan pada menu BATT. Menu BATT akan muncul ketika tombol kedua ditekan. Konversi level baterai menjadi persen menggunakan persamaan 2.3 yang telah terlampir pada bab II. Sedangkan untuk daya yang tersisa pada baterai didapatkan dari persamaan 2.4 yang juga terlampir pada bab II.

### 3.1.2 Mekanisme *Charging/Discharging* pada Sistem Manajemen Baterai

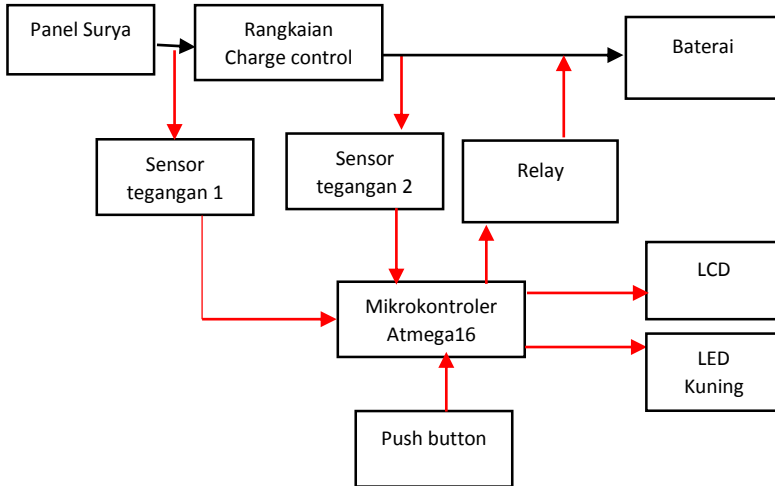
Pada sistem manajemen baterai proses *charge* dan *discharge* merupakan hal yang perlu diperhatikan hal tersebut

juga perlu dimonitoring untuk mengetahui tegangan yang masuk menuju baterai atau tegangan *charge* dan tegangan keluaran baterai atau tegangan *discharge*. Proses charge/discharge dikontrol menggunakan relay.

A. Mekanisme *charge* dapat dilihat pada gambar 3.5



Gambar 3.5 Rangkaian mekanisme charging

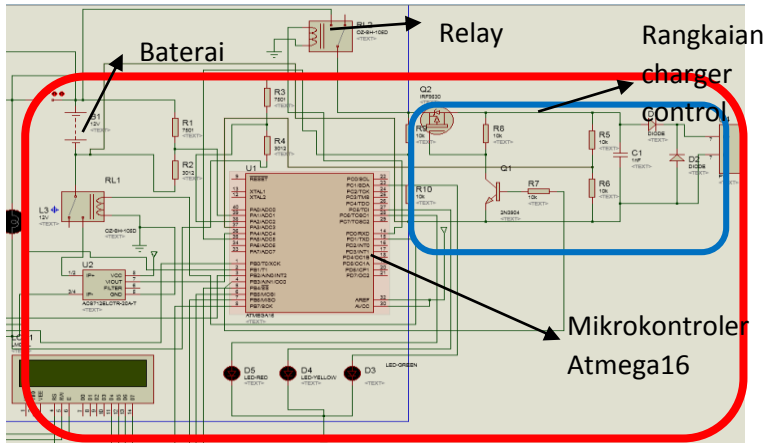


**Gambar 3.6** Diagram blok mekanisme charging

Pada gambar 3.5 dan gambar 3.6 merupakan rangkaian dan skematik alur mekanisme proses *charging*. Saat energi cahaya dari matahari mengenai panel surya, panel surya akan mengkonversi energi cahaya menjadi energi listrik kemudian tegangan yang dihasilkan oleh panel surya akan diregulasi oleh rangkaian charge control sehingga tegangan keluaran panel surya dapat digunakan sebagai tegangan pengisian baterai. Tegangan pengecasan yaitu sekitar 14,4 V – 14,7 V. Kemudian energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya disimpan oleh baterai. Sensor tegangan pada sistem ini menggunakan prinsip pembagi tegangan, sensor ini terpasang pada keluaran panel surya dan keluaran rangkaian charge control. Output dari rangkaian charge control akan terhubung dengan NO relay. Relay dalam sistem ini sebagai pengontrol proses pengecasan. Saat pengecasan terjadi output charger control akan terhubung dengan NC yang akan diteruskan menuju baterai.

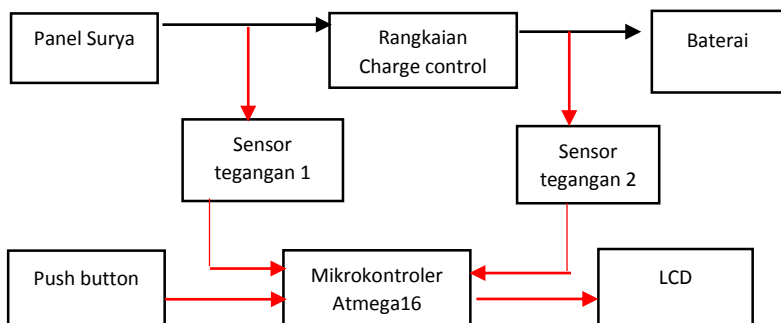
Pada proses charge ada dua hal yang harus dilakukan yaitu memonitoring tegangan masukan dari panel surya dan tegangan keluaran dari rangkaian charge control serta mengontrol proses pengecasan agar tidak terjadi *overcharge*. Dalam sistem yang dirancang terdapat LED kuning yang

berfungsi sebagai indikator berlangsungnya proses *charging*. LED kuning akan menyala ketika proses *charging* sedang berlangsung. Berikut merupakan diagram blok mekanisme monitoring proses *charging*



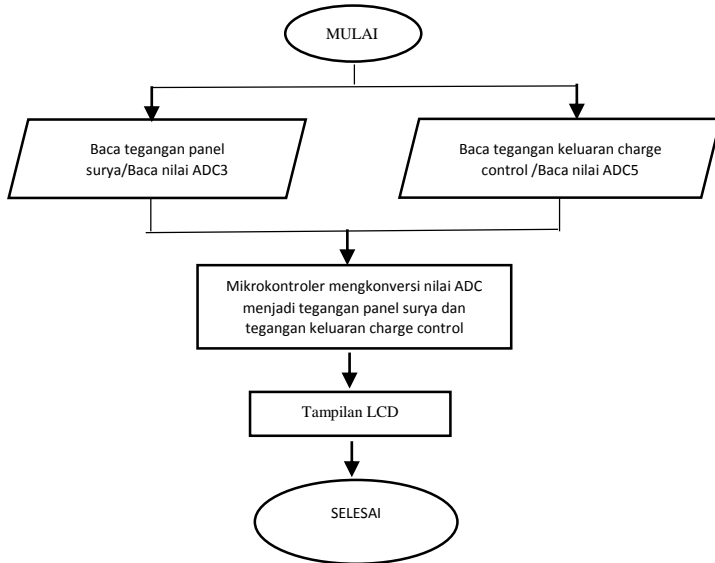
**Gambar 3.7** Rangkaian mekanisme monitoring charging

Pada gambar 3.7 yang didalam lingkup garis merah merupakan rangkaian monitoring, Sensor tegangan yang menggunakan prinsip pembagi tegangan terpasang pada keluaran charger control akan mensensing tegangan , dilanjutkan menuju mikrokontroler untuk memproses nilai tegangan tersebut tampil dalam LCD.



**Gambar 3.8** Diagram blok mekanisme *monitoring charging*



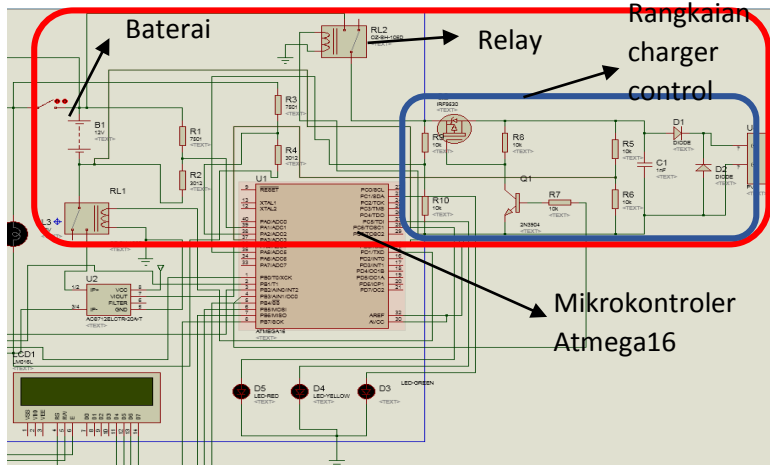


**Gambar 3.9** *Flowchart* mekanisme monitoring charging

Pada gambar 3.8 dan gambar 3.9 merupakan mekanisme monitoring proses *charging*. Sensor tegangan 1 akan mendeteksi tegangan keluaran panel surya yaitu sekitar 15V-21V. Tegangan keluaran panel surya disensing oleh ADC3, nilai adc yang tersensing kemudian diproses oleh mikrokontroler untuk dikonversikan menjadi nilai tegangan dan kemudian ditampilkan pada LCD. Sedangkan sensor tegangan 2 digunakan untuk mendeteksi tegangan keluaran dari rangkaian charge control yaitu sekitar 14 V-14,7 V. Tegangan keluaran rangkaian charge control akan disensing oleh ADC5, setelah nilai adc akan diproses oleh mikrokontroler untuk dikonversikan menjadi nilai tegangan sebenarnya dan kemudian akan ditampilkan pada LCD. Nilai tegangan keduanya akan ditampilkan pada menu SORC, dimana pada menu tersebut akan menampilkan tiga nilai tegangan yaitu nilai tegangan dari panel surya, tegangan dari rangkaian charge control, dan persen baterai saat *charging* .

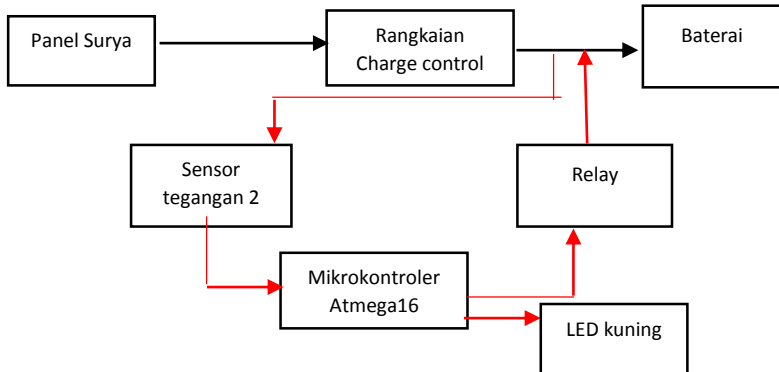
Pengontrolan pada proses charging juga diperlukan agar tidak terjadi adanya *overcharge*. Tegangan pengisian dijaga

agar tidak melebihi dari batas maksimal tegangan pengecasan yaitu 14,7 V. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada blok diagram pengendalian prose charging beserta *flowchart*nya.

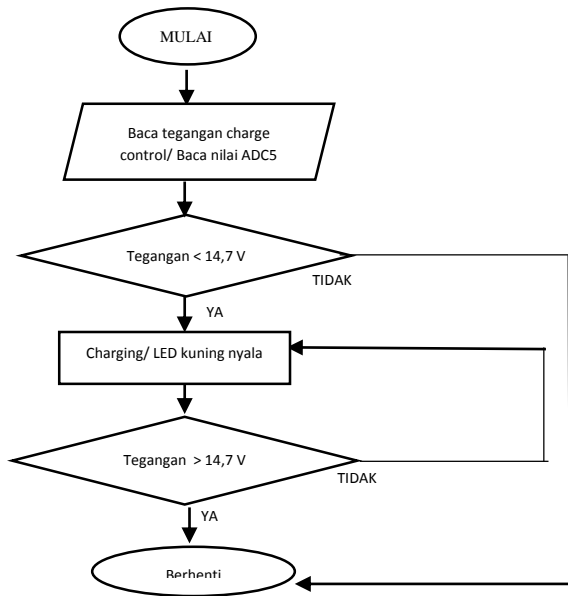


**Gambar 3.10** Rangkaian proses pengendalian *charging*

Pada gambar 3.10 dalam lingkup garis merah merupakan rangkaian pengendalian *charging*. Pengendalian ini digunakan untuk mengontrol proses *charging* dan *overcharge*. Output dari rangkaian charger control yang akan disalurkan menuju baterai tersambung dengan relay, relay akan tersambung ketika tegangan pengecasan melebihi tegangan baterai. Ketika tegangan output charger control tersensing melebihi dari 14,7 V maka relay akan memutuskan aliran pengecasan. Pemrosesan pengendalian diatur oleh mikrokontroler.



**Gambar 3.11** Diagram blok proses pengendalian *charging*

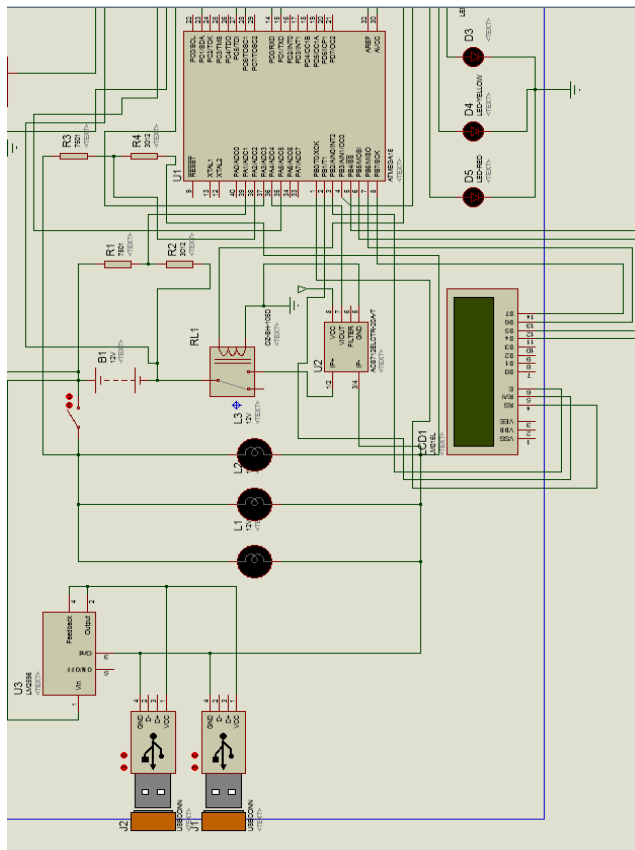


**Gambar 3.12** Flowchart proses pengendalian *charging*

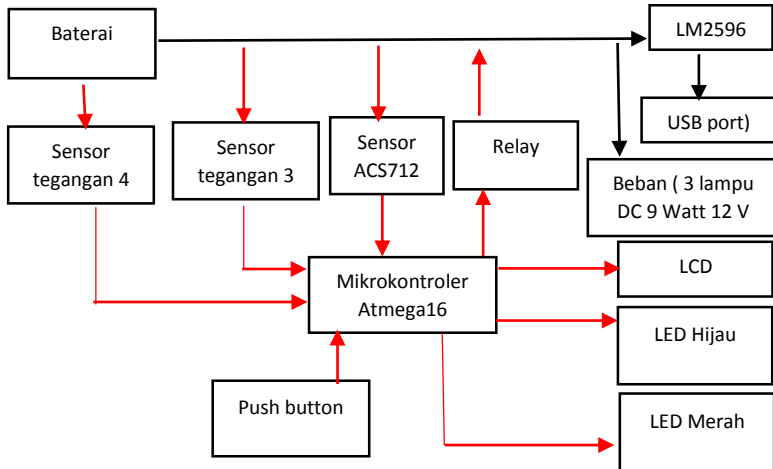
Pada gambar 3.11 dan 3.12 merupakan mekanisme proses pengendalian pada *charging*. Sensor tegangan 2 akan mendeteksi tegangan pada keluaran rangkaian charge control / tegangan pengecasan. Keadaan relay tersambung dengan NO

dimana ketika tegangan melebihi dari 14,7 V tidak terjadi proses charging / tidak ada arus yang mengalir menuju baterai dari panel surya. Apabila tegangan yang tersensing melebihi 14,7 V maka mikrokontroler akan memproses perintah pada relay untuk memutuskan arus yang mengalir pada baterai. Sehingga proses pengecasan berhenti. Apabila tegangan keluaran charge control masih berkisar dibawah 14,7 V relay akan tersambung dengan NC sehingga proses charging masih berlanjut dan LED kuning akan menyala.

B. Mekanisme *discharge* dapat dilihat pada gambar 3.13



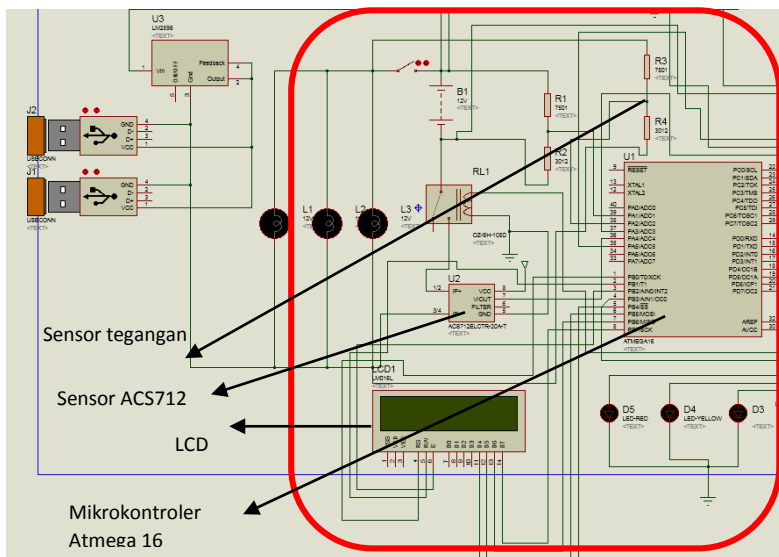
**Gambar 3.13** Rangkaian mekanisme *discharging*



**Gambar 3.14** Diagram blok mekanisme *discharging*

Pada gambar 3.13 dan gambar 3.14 merupakan rangkaian dan diagram blok alur mekanisme proses *discharging*. Setelah melalui proses *charging*, energi listrik yang telah dihasilkan oleh panel surya kemudian disimpan didalam baterai 12 V 45 Ah . Energi listrik yang tersimpan pada baterai akan digunakan untuk kebutuhan alat elektronika yang ada dirumah. Karena pada miniplat solar home sistem yang dirancang tidak terdapat inverter (perubah tegangan DC menjadi tegangan AC) sehingga alat elektronika yang digunakan hanya yang membutuhkan aliran listrik tegangan DC. Dalam miniplant yang dirancang beban yang digunakan adalah lampu DC 12 V 9 Watt dan USB port dengan keluaran tegangan 5 V. Sebagaimana dengan beban yang digunakan yaitu USB port maka dibutuhkan modul LM2596 sebagai regulator, dimana tegangan baterai 12 V akan diregulasi menjadi 5 V. Sama halnya dengan proses *charge* pada proses *discharge* ada dua hal yang harus dilakukan yaitu memonitoring dan mengontrol sistem. Monitoring dilakukan pada tegangan yang menuju beban (tegangan load), arus yang menuju beban (arus load), daya load yang didapat dari perhitungan tegangan load dikalikan dengan arus load, perhitungan tersebut sama halnya dengan persamaan 2.4. Sedangkan metode pengendalian

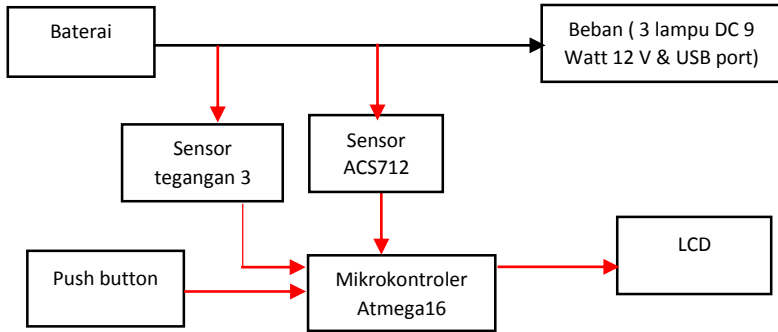
digunakan untuk mengontrol proses pengosongan baterai / *discharging* agar tidak terjadi *overdischarge*. Dalam sistem *discharging* yang dirancang terdapat LED hijau dan LED merah yang berfungsi sebagai indikator berlangsungnya proses *discharging*. LED hijau akan menyala ketika proses *discharging* sedang berlangsung. LED merah akan menyala ketika tegangan baterai mendekati 12,4. Sebagai pertanda bahwa proses *discharging* akan berakhir. Menu LOAD akan muncul ketika *push* botton 3 ditekan. Berikut merupakan diagram blok mekanisme monitoring proses *discharging*.



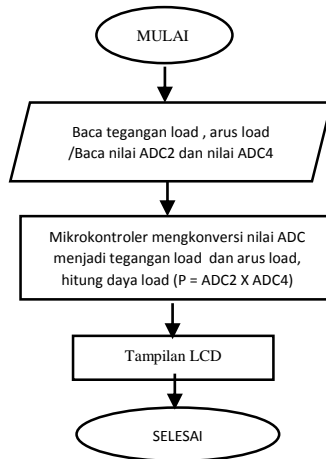
**Gambar 3.15** Rangkaian mekanisme monitoring *discharging*

Pada gambar 3.15 yang masuk dalam lingkup garis merah merupakan rangkaian monitoring *discharging*. Dari sistem ini yang termonitoring adalah tegangan load, arus load. Sensor tegangan yang dipakai menggunakan prinsip pembagi tegangan. Sensor tersebut tersambung dengan sumber dari relay. Relay pada sistem *discharging* terhubung dengan load/ beban ketika relay tersambung dengan NC. Sehingga dapat diketahui tegangan saat proses *discharge* dilakukan. Sensor ACS712 Terhubung dengan

keluaran relay. Nilai dari sensor akan diproses oleh mikrokontroler dan ditampilkan pada LCD.



**Gambar 3.16** Diagram blok mekanisme monitoring *discharging*

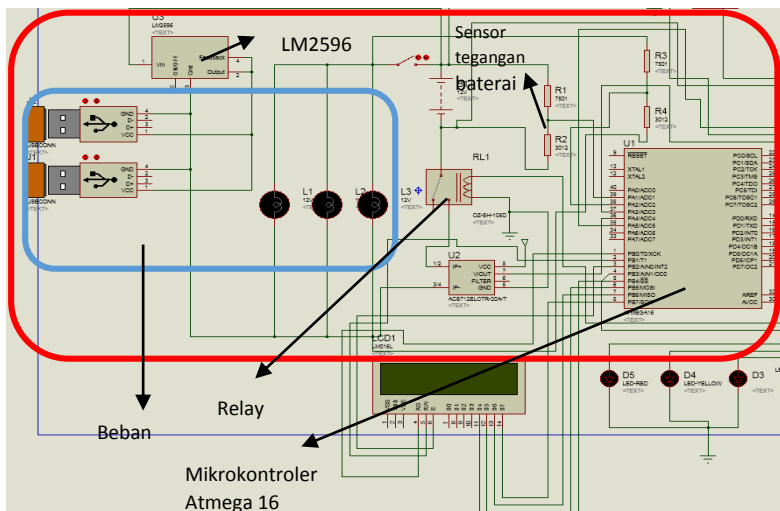


**Gambar 3.17** Flowchart mekanisme monitoring *discharging*

Pada gambar 3.16 dan gambar 3.17 merupakan mekanisme monitoring proses *discharging*. Sensor tegangan 3 akan mendeteksi tegangan yang menuju beban / tegangan load. Tegangan load disensing oleh ADC2, nilai adc yang tersensing kemudian diproses oleh mikrokontroler untuk dikonversikan menjadi nilai tegangan sebenarnya, sedangkan arus load disensing

oleh ADC4, nilai ADC yang tersensing kemudian diproses oleh mikrokontroler untuk dikonversi menjadi nilai arus yang sebenarnya, setelah didapatkan nilai tegangan load dan arus load, dapat diketahui daya load dengan menerapkan perhitungan persamaan 2.4. Kemudian nilai tegangan load, arus load dan daya load ditampilkan pada LCD. Ketiga nilai tersebut akan ditampilkan pada menu LOAD. Menu load akan tampil ketika *push botoon* ketiga ditekan.

Pengendalian pada proses *discharging* juga diperlukan agar tidak terjadi adanya *overdischarge*. Tegangan baterai dijaga agar tidak melebihi dari batas minimum cut off voltage yaitu 12,4 V. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada blok diagram pengendalian proses *discharging* beserta *flowchart*nya.

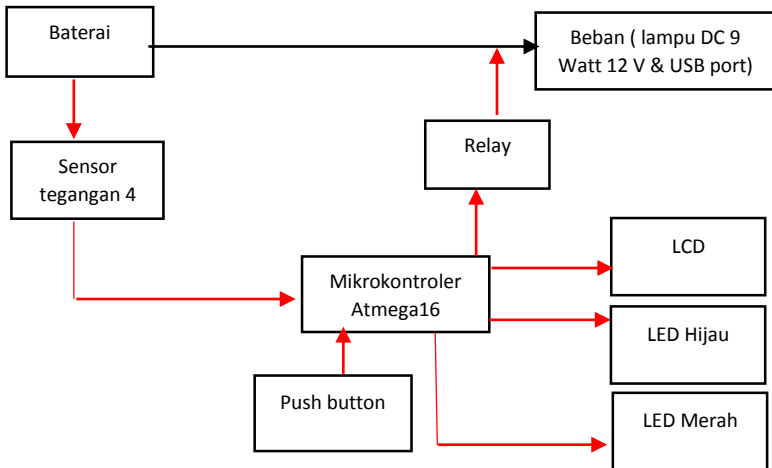


**Gambar 3.18** Rangkaian proses pengendalian *discharging*

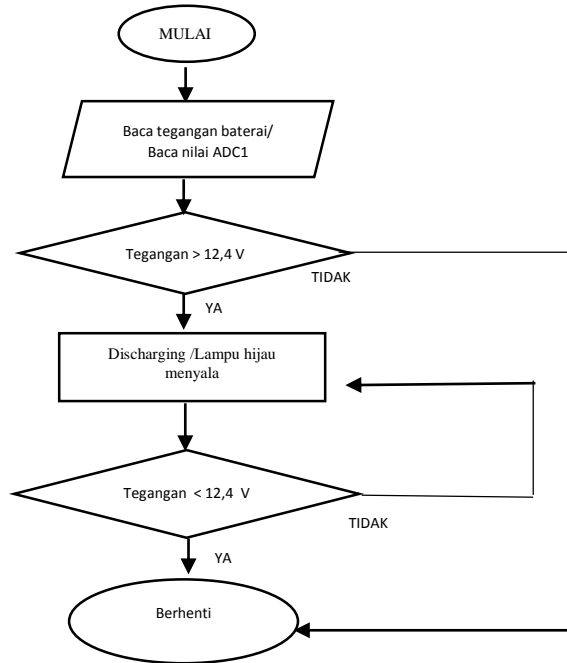
Pada gambar 3.18 dalam lingkup garis merah merupakan rangkaian proses pengendalian *discharging*. Rangkaian ini yang mengontrol jalannya proses *discharging* dan pengendalian untuk *overdischarge*. Awalnya sensor tegangan baterai akan mensensing tegangan baterai. Setelah terdeteksi mikrokontroler akan mengirimkan perintah untuk relay. Saat



keadaan tegangan baterai diatas 12,4 V maka output dari baterai akan terhubung dengan NC sehingga dilanjutkan menuju beban. Apabila tegangan kurang dari 12,4 V relay akan tersambung dengan NO sehingga memutuskan aliran arus ke beban . karena kondisi sistem dalam keadaan *overdischarge*.



**Gambar 3.19** Diagram blok proses pengontrolan *discharging*

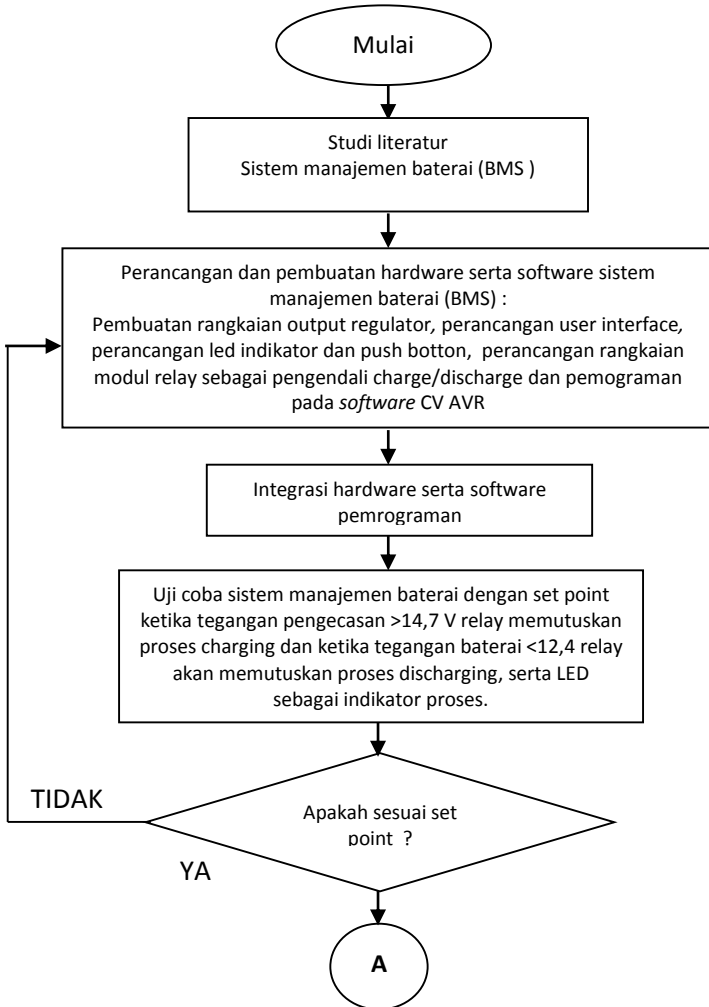


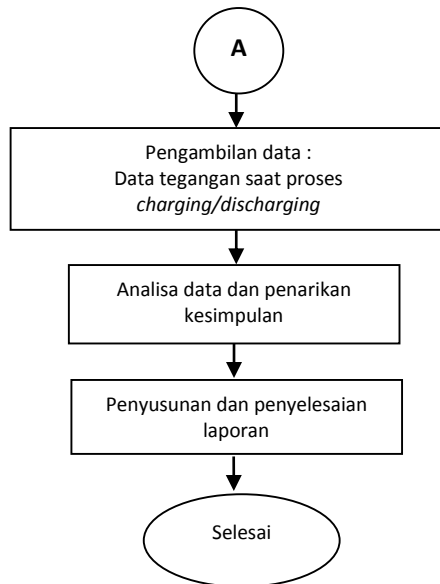
**Gambar 3.20** Flowchart proses pengendalian *discharging*

Pada gambar 3.19 dan 3.20 merupakan mekanisme proses pengendalian pada *discharging*. Sensor tegangan 1 akan mendeteksi tegangan pada baterai. Relay awalnya terhubung dengan NO, Apabila tegangan yang tersensing kurang dari 12,4 V maka mikrokontroler akan memproses perintah pada relay sehingga relay terhubung dengan NO untuk memutuskan arus yang mengalir dari baterai menuju beban. Sehingga proses *discharging* berhenti dan LED merah menyala. Keadaan relay terhubung dengan NC apabila tegangan baterai berkisar diatas 12,4 V sehingga proses *discharging* masih berlanjut dan LED hijau akan menyala

### 3.2. Flowchart Perancangan Alat

Langkah-langkah perancangan alat ini digambarkan dalam *flowchart* penelitian yang dapat dilihat pada gambar 3.17 di bawah ini.





**Gambar 3.21** *Flowchart* pengerjaan tugas akhir

### 3.3 Keterangan *Flowchart* Pengerjaan Tugas Akhir

#### 3.3.1 Studi Sistem Kontrol Pengecasan

Mempelajari literatur dari penelitian – penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya mengenai sistem manajemen baterai (BMS) pada pembangkit listrik tenaga surya terutama pada *Solar Home System*. Selain belajar sistem pada perancangan alat, juga mencari literatur – literatur yang berkaitan dengan elemen-elemen yang digunakan dalam pembuatan alat sistem control *charge/discharge* , misalnya *datasheet* komponen dan karakteristik mikrokontroller.

#### 3.3.2 Perancangan dan Pembuatan *Hardware* serta *Software* Sistem Manajemen Baterai

Pada perancangan dan pembuatan *hardware* serta *software* terdapat beberapa tahap, yaitu :

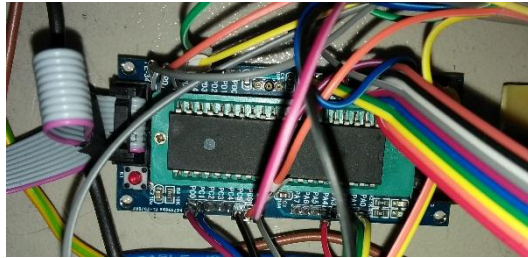
##### A. Perancangan Rangkaian Sistem Minimum Atmega16

Rangkaian sistem minimum berfungsi sebagai I/O untuk mengolah data dari input/output regulator, baterai dan *push button*. Mikrokontroler memerlukan sistem minimum yang terdiri dari rangkaian eksternal yaitu rangkaian reset dan rangkaian osilator. Penggunaan port pada mikrokontroler disesuaikan dengan kebutuhan alat. Port yang digunakan yaitu PortA, PortB, PortC, dan PortD. Port A digunakan sebagai ADC untuk mengukur masukan dari sensor tegangan dan sensor arus. PortB digunakan sebagai pengatur *interface* pada LCD. PortC digunakan untuk mengatur proses *switching* pada *relay* sekaligus *port* keluaran ke led indikator. PortD digunakan sebagai port masukan dari *push button*. Penggunaan Port I/O dapat dilihat pada tabel 3.1.

**Tabel 3.1** Penggunaan Port Mikrokontroler

No	Nama Port	Keterangan
1	PortA.1	ADC 1 (Battery)
2	PortA.1	ADC 2 (Voltage)
3	PortA.5	ADC 5 (Current)
7	PortB.0	Pin RS
8	PortB.1	Pin RD
9	PortB.2	Pin EN
10	PortB.3	-
11	PortB.4	Pin DB4
12	PortB.5	Pin DB5
13	PortB.6	Pin DB6
14	PortB.7	Pin DB7
15	PortC.0	Relay 1 (Source)
16	PortC.1	Relay 2 (Load)
17	PortC.7	LED Merah
18	PortC.6	LED Kuning

19	PortD.2	LED Hijau
20	PortD.5	Button “Menu Source”
21	PortD.6	Button “Baterai”
22	PortD.7	Button “Menu Load”



**Gambar 3.22** Sistem Minimum Atmega16

Gambar 3.22 merupakan sistem minimum Atmega16 yang digunakan pada sistem *solar home system-DC* yang dirancang oleh penulis. Kabel jumper sebagai penghubung antara konfigurasi PIN pada mikrokontroler dengan elemen sensing, relay, lcd, dan rangkaian regulator charger control.

## **B. Perancangan Elemen *Sensing* / Kalibrasi**

Dalam tahap ini dilakukan perancangan elemen *sensing*, dengan menyusun rangkaian *sensing* serta pembuatan elemen *sensing*. Setelah elemen *sensing* dirancang maka dilakukan uji sensor untuk mengetahui apakah keluaran dari sensor sudah sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Untuk sensor arus menggunakan sensor ACS712 5A. Sedangkan untuk rangkaian sensor tegangan menggunakan sistem pembagi tegangan. Dalam pengujian sensor atau kalibrasi dilakukan dengan bantuan regulator DC.

Dalam melakukan pengujian alat dan kalibrasi sensor, adapun beberapa tahapan perhitungan. Berikut beberapa persamaan yang digunakan :

- Karakteristik statik
  - Sensitivitas  

$$\text{sensitivitas} = \frac{\Delta O}{\Delta I} \dots\dots\dots(3.1)$$

- Non-linieritas  

$$(N(I)) = O(I) - (KI + a) \dots\dots\dots(3.2)$$

*Non – linieritas* maksimum per unit  

$$\frac{N}{O_{max} - O_{min}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.3)$$

*a (zero bias)* =  $O_{min} - KI_{min} \dots\dots\dots(3.4)$

- Histerisis :  

$$H(I) = O(I)_{\uparrow} - O(I)_{\downarrow}, \hat{H} = H(I)_{max}$$

$$\% \text{ maksimum histerisis} = \frac{\hat{H}}{O_{max} - O_{min}} \times 100\% \dots\dots\dots(3.5)$$

- Akurasi  

$$A = 1 - \left| \frac{Y_n - X_n}{Y_n} \right| \times 100\% \dots\dots\dots(3.6)$$

Dengan :  
 $Y_n$  = Pembacaan Standar  
 $X_n$  = Pembacaan Alat

- Kesalahan(Error)  

$$e = 1 - A \dots\dots\dots(3.7)$$

- Kalibrasi Sensor Arus
  - Nilai Ketidakpastian tipe A:  
 Standar deviasi :  

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum(y_i - \bar{y})^2}}{n-1} \dots\dots\dots(3.8)$$

$U_{a1}$  adalah ketidakpastian standar

Ketidakpastian standar dihitung dengan rumus:

$$U_{a1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots(3.9)$$

$U_{a2}$  adalah ketidakpastian regresi

Ketidakpastian regresi dihitung dengan rumus:

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n-2}} \dots \dots \dots (3.10)$$

Dimana :

SSR (*Sum Square Residual*) =  $\sum SR$  (*Square Residual*)

$$SR = (Y - Y_{reg})^2$$

$Y_i$  (Nilai koreksi) =

Pemb. standar ( $t_i$ ) - Pemb. alat ( $x_i$ ).....(3.11)

$$Y_{reg} = a + (b \times t_i) \dots \dots \dots (3.12)$$

$$a = \bar{y}_i + (b \times \bar{t}_i) \dots \dots \dots (3.13)$$

$$b = \frac{n \cdot \sum t_i y_i - \sum y_i \cdot \sum t_i}{n \cdot \sum t_i^2 - (\sum t_i)^2} \dots \dots \dots (3.14)$$

$t_i$  = Pemb. standar

$y_i$  = Nilai koreksi,  $n$  = Jumlah data

▪ Nilai ketidakpastian tipe B

Pada ketidakpastian tipe B ini terdapat 2 parameter ketidakpastian, yaitu ketidakpastian Resolusi ( $U_{B1}$ ) dan ketidakpastian alat standar *multimeter* ( $U_{B2}$ ). Berikut ini adalah perhitungan ketidakpastian tipe B :

$$U_{B1} = \frac{\frac{1}{2} \times \text{Resolusi}}{\sqrt{3}} \dots \dots \dots (3.15)$$

$$U_{B2} = \frac{a}{k} \dots \dots \dots (3.16)$$

▪ Nilai ketidakpastian kombinasi  $U_c$  :

$U_c$  adalah nilai ketidakpastian kombinasi



$$U_c = \sqrt{U_{A1}^2 + U_{A2}^2 + U_{B1}^2 + U_{B2}^2} \dots\dots(3.17)$$

Dengan kondisi V atau derajat kebebasan dari kedua tipe ketidakpastian, sebagai berikut :

V = n-1, sehingga :

V3 = 50; V4 = 50 (berdasarkan table T)

Dengan nilai Veff (Nilai derajat kebebasan efektif) sebagai berikut :

$$V_{eff} = \frac{(U_c)^4}{\sum(U_i)^4/V_i} \dots\dots\dots(3.18)$$

Oleh karena itu, hasil nilai ketidakpastian diperluang sebesar :

$$U_{exp} = k \times U_c \dots\dots\dots(3.19)$$



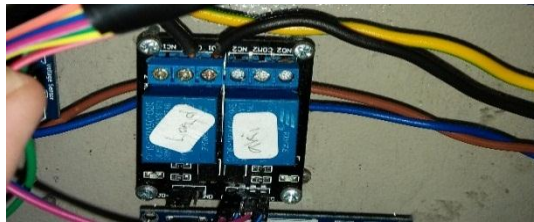
**Gambar 3.23** Elemen *sensing*

Pada gambar 3.23 merupakan elemen sensing yang digunakan pada *mini plant solar home system-DC* dimana terdapat dua sensor tegangan yang tersambung pada baterai dan load serta satu sensor arus ACS712 20A.

### C. Perancangan Rangkaian *Charge/Discharge*

Rangkaian *charge/discharge* dapat dikatakan rangkaian terpenting dari alat ini. Proses otomatisasi pengisian dan pemakaian baterai dikontrol dari sini. *charge/dscharge* terdiri dari rangkaian modul *relay*

dan satu rangkaian lagi dengan beberapa *port* yang dihubungkan dengan rangkaian lain seperti *input/output regulator* dan baterai. Penjelasan pada proses *charge* dan proses *discharge* dilakukan oleh modul *relay*. *Relay* dikontrol langsung dari mikrokontroler, saat mikro memberikan masukan “0” atau logika rendah maka Port COM akan terhubung dengan Port NO, sedangkan saat mikrokontroler memberikan masukan “1” maka relay akan terhubung ke Port NC. Proses pengukuran tegangan pada baterai dilakukan oleh ADC mikrokontroler melalui Port A.1.



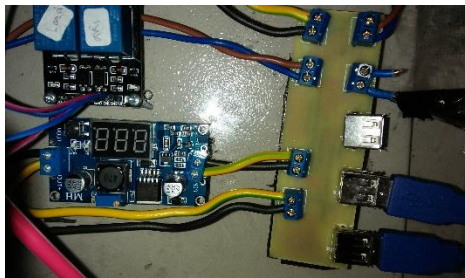
**Gambar 3.24** Rangkaian *charge/discharge*

Pada gambar 3.24 merupakan rangkaian *charge/discharge* pada sistem manajemen baterai, dimana terdapat dua relay. Relay pertama digunakan untuk mengkondisikan proses *charging* sedangkan relay kedua digunakan untuk mengkondisikan proses *discharging*.

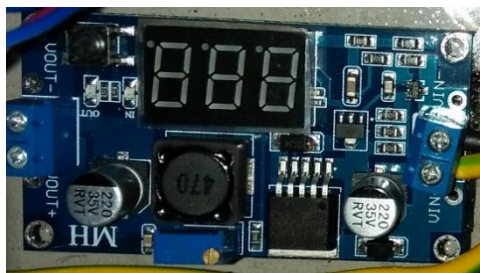
#### **D. Perancangan Rangkaian Output Regulator**

*Output regulator* merupakan bagian akhir yang mengatur penggunaan daya yang terdapat pada baterai. Rangkaian ini termasuk digunakan saat proses *discharging* berlangsung. Daya dari baterai akan diregulasi terlebih dahulu oleh *output regulator* dan disesuaikan dengan kebutuhan beban. Rangkaian output regulator akan memiliki 3 keluaran yang bervariasi. Output pertama dan kedua ditujukan untuk mengisi baterai *handpone* dan *powerbank*, sedangkan

pada output ketiga untuk kebutuhan lampu 12VDC. Modul step-down LM2596 digunakan untuk menurunkan tegangan dari aki menjadi 5 V, dimana tegangan tersebut digunakan pada output pertama dan kedua. Tegangan minimal pada *output D* adalah 12 V sedangkan arus keluarannya merupakan arus maksimal pada baterai, ditambah dengan arus yang dihasilkan oleh sumber secara langsung tanpa diregulasi terlebih dahulu.



**Gambar 3.25** Output regulator



**Gambar 3.26** Modul *Step-Down* LM2596

Pada gambar 3.25 merupakan rangkaian output regulator. Pada rangkaian tersebut tersambung dengan sensor tegangan, relay dua, load seperti (lampu LED 12 V 9 Watt) dan port USB, dan modul *step-down* LM2596 (gambar 3.26) yang tersambung dengan rangkaian output regulator keluaran dari

modul *step down* LM2596 akan digunakan pada inputan port USB.

### E. Perancangan User Interface

LCD memegang peranan penting karena digunakan untuk menampilkan data yang terdapat pada keseluruhan alat ini. Data tersebut berupa hasil monitoring pada beberapa bagian alat ini seperti daya yang dihasilkan sumber, status pengisian baterai, status kapasitas baterai, hingga daya keluaran yang digunakan beban. LCD juga menampilkan menu-menu yang dapat dipilih oleh *user* untuk dapat dieksekusi oleh alat.



**Gambar 3.27** Rangkaian LCD dan pengatur kontras

Pada gambar 3.27 merupakan rangkaian LCD dan pengatur kontras LCD. Rangkaian tersebut tersambung dengan kabel jumper yang menuju mikrokontroler pada PORT B.

### F. Perancangan LED indikator dan *Push Button*

LED digunakan untuk menyatakan proses yang sedang terjadi pada alat. Setiap led memiliki pernyataan yang berbeda – beda. Warna kuning menunjukkan proses charging sedang berlangsung. Led warna hijau menunjukkan proses discharging

atau penggunaan daya oleh beban. Led warna merah hanya menyala jika baterai mencapai kapasitas 70%.



**Gambar 3.28** Rancangan LED

Gambar 3.28 merupakan rancangan LED tampak depan. Lampu LED kecil yang digunakan memiliki tegangan sebesar 3V.

*Push button* digunakan untuk memberikan perintah tertentu pada mikrokontroler. *Push button* dirangkai dengan resistor *pull-down* sehingga pada saat kondisi tidak ditekan maka akan memberikan logika *low* pada pin mikrokontroler, sedangkan pada saat *push button* ditekan maka dia akan memberikan logika *high* pada pin mikrokontroler. *Push button* yang digunakan pada sistem ini dapat dilihat pada gambar 3.29. *Push button* terpasang pada depan pintu panel box.



**Gambar 3.29** *Push button*

### G. Perancangan Software

Dalam tahap ini melakukan perancangan *Software* mikrokontroler, perancangan software menggunakan program CV AVR dengan bahasa pemrograman C. Dengan menyusun koding pada mikrokontroler atmega 16 yang mendapat sinyal data dari sensor dan



program akan ditampilkan melalui LCD. Diluar dari keempat menu diatas terdapat tampilan “*home display*”. LED akan menyala sesuai dengan instruksi yang telah ditentukan serta relay yang akan aktif sebagai kontrol charge/discharge. Jika dari masing-masing *element* masih belum dapat mengeluarkan keluaran sesuai tujuan, maka proses pemrograman dan integrasi antara *software* dan *hardware* perlu diulang.

### **3.3.5 Pengambilan Data**

Dalam tahap ini dapat dilakukan perbandingan antara daya keluaran pada saat proses discharge dan kapasitas baterai pada saat berlangsungnya proses discharge.

### **3.3.6 Analisis Data dan Penarikan Kesimpulan**

Pada tahap terakhir dibuat analisa data sesuai yang dihasilkan dari pembuatan sistem manajemen baterai. Setelah analisa data didapat maka dilakukan penarikan kesimpulan dari semua elemen yang berhubungan dengan sistem manajemen baterai yang mempengaruhi hasil dari data tersebut.

## BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisa Data

Pada Tugas Rancang Bangun Sistem Manajemen Baterai Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Mikrokontroler Atmega16 ini akan dilakukan pengujian alat serta pengambilan data menggunakan komunikasi nirkabel dilakukan sebagai berikut ini.

#### 4.1.1 Hasil Rancang Bangun



**Gambar 4.1** Model skematik proses *solar home system DC*

- Panel surya merubah energi cahaya dari radiasi matahari rsinar matahari menjadi energi listrik dengan memanfaatkan efek fotovoltaik. Proses tersebut dapat



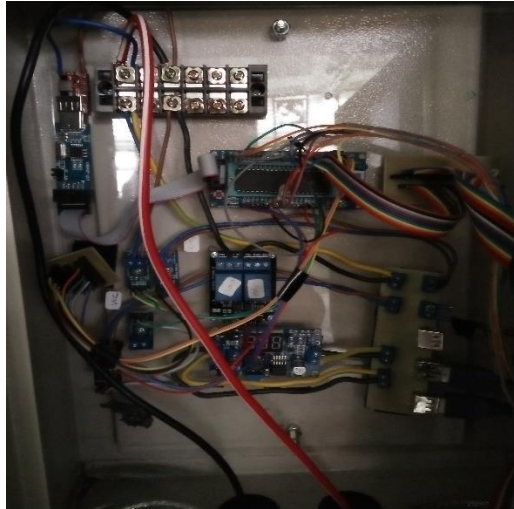
berlangsung meski dalam keadaan cuaca berawan/hujan dengan penurunan efisiensi konversi energi listrik.

- Charge control kemudian meregulasi tegangan dari panel surya yang akan menuju baterai.
- Sistem manajemen baterai kemudian mengkondisikan proses *charging/discharging* agar tidak terjadi kelebihan proses tersebut.
- Tegangan baterai yang akan digunakan *discharging* tersambung dengan beban (tiga lampu LED 12 V 9 watt dan USB port).

Berikut ini merupakan hasil perancangan rangkaian sistem manajemen baterai pada *solar home system* serta mini plant solar home system.



**Gambar 4.2** *Mini plant solar home system*



**Gambar 4.3** Pemasangan rangkaian keseluruhan pada sistem manajemen baterai.

Gambar 4.3 memperlihatkan rangkaian alat secara keseluruhan. Power supply digunakan sebagai tegangan penggerak mikrokontroler, sumber tegangan dari power supply diperoleh dari baterai. Proses *switching* pada *relay* dikontrol langsung oleh mikrokontroler. *Relay* akan “menyalurkan” daya dari rangkaian *charge/discharge* ke baterai setelah mendapat perintah dari mikrokontroler. *Port Normally Close* (NC) pada *relay* menghubungkan baterai dengan beban, sehingga daya yang terdapat pada baterai dapat langsung digunakan oleh beban. Sedangkan *Port Normally Open* (NO) terhubung ke rangkaian *charge/discharge* untuk proses pengisian baterai. Sedangkan baterai terhubung ke *Port Command* (COM). Rangkaian output regulator menerima pasokan daya dari baterai penyimpanan yang proses penyalurannya dikontrol oleh rangkaian *charge/discharge*. Terdapat dua jenis keluaran yaitu 2 port usb dengan keluaran yang telah teregulasi oleh modul step down dan port yang tidak teregulasi. Port tersebut nantinya akan digunakan untuk meletakkan *dummy load*.



**Gambar 4.4** *Panel box*

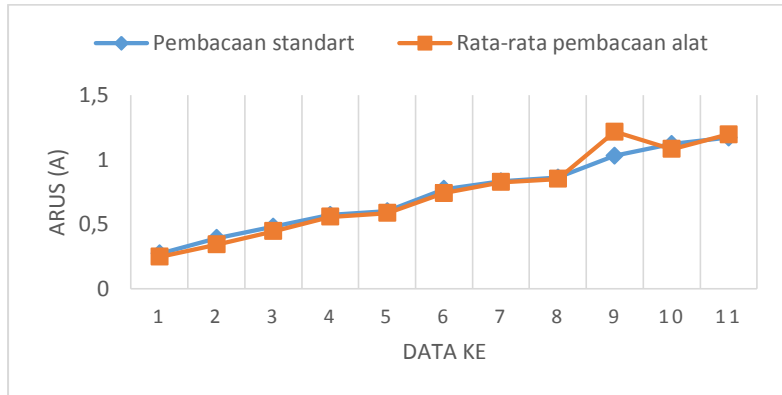
Pada gambar 4.4 atau *interface* terdapat lcd untuk menampilkan menu serta parameter kondisi sumber, baterai, beban, tegangan dan arus *buck boost converter*. LED digunakan sebagai indikator proses *charging*, *discharging* dan *warning* (indikasi baterai butuh pengecekan). Bagian muka atau depan terdapat *port* usb dengan tegangan keluaran 5 V. Kedua *port* ini memang diperuntukkan untuk mengisi baterai 5V, sedangkan pada bagian kanan *mini plant* terpasang tiga lampu pijar 9 watt 12 VDC. *Push Button* digunakan untuk mengoperasikan menu yang ingin diketahui yaitu tombol “*sumber*”, “*kapasitas baterai*”, “*load*”, dan Setiap operasi yang dilakukan akan tertampil pada LCD.

#### **4.1.2 Alat Ukur**

Setelah dilakukan perancangan alat, dilakukan pengujian sensor untuk mencari data arus dan tegangan pada sistem manajemen baterai. Kemudian data yang dihasilkan akan dibandingkan dengan nilai standarnya sehingga dari data tersebut dapat ditentukan karakteristik statiknya.

### A. Pengujian Sensor Arus

Pengujian arus pada ACS712 dilakukan pada 10 titik pengukuran dengan kenaikan setiap titik sebesar 0.5 Ampere hingga 4.4 Ampere.



**Gambar 4.5** Grafik pengujian arus dari pembacaan alat dan pembacaan standars

Gambar 4.5 merupakan grafik yang didapat berdasarkan tabel C.1 pada lampiran C. grafik ini berfungsi untuk mengetahui perbandingan pembacaan alat dan pembacaan standart.

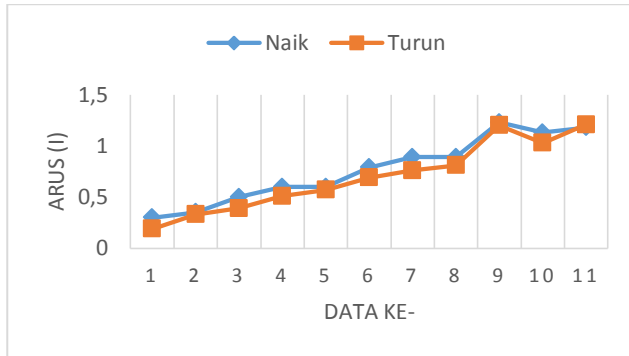
### B. Data Spesifikasi Sensor Arus

Berdasarkan data yang telah didapatkan dari pengujian spesifikasi alat melalui data karakteristik statik, menghasilkan data sebagai berikut :

- a. Range : 0,27 A – 1,17 A
- b. Span : 0,9 A
- c. Resolusi : 0,01
- d. Non linieritas maksimum : 21,2 %
- e. Histerisis maksimum : 3,4 %
- f. Akurasi : 98,5 %
- g. Kesalahan : 0.015

Berikut ini hasil perhitungan nilai karakteristik statik alat ukur arus berdasarkan data pada tabel C.2 pada lampiran.

Dari histerisis tersebut dapat dijadikan grafik. Berikut ini merupakan grafik dari pengukuran naik dan turun tersebut.



**Gambar 4.6** Histerisis sensor arus

Setelah mengetahui karakteristik statik dari alat ukur arus, langkah selanjutnya adalah kalibrasi alat ukur. Yang digunakan sebagai kalibrator adalah multimeter digital. Berikut ini merupakan hasil pengukuran kalibrasi untuk mencari nilai ketidakpastian alat ukur.

Sehingga menghasilkan nilai :

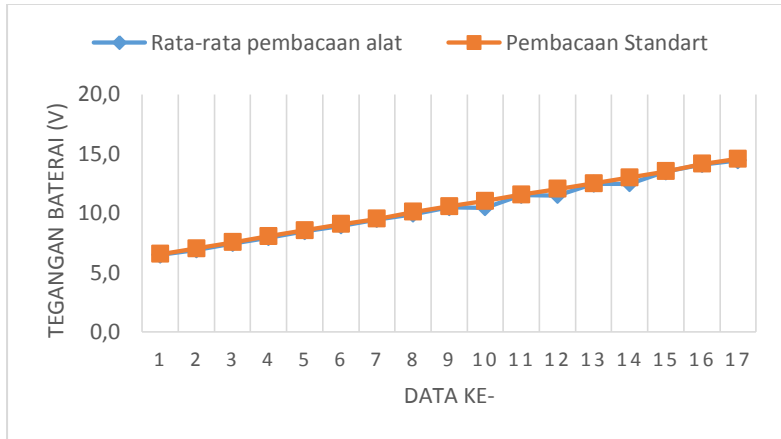
- a.  $U_{a1}$  : 0,0038
- b.  $U_{a2}$  : 0,39
- c.  $U_{b1}$  : 0,0028
- d.  $U_{b2}$  : 0,0049
- e.  $U_c$  : 0,04
- f.  $U_{\text{veff}}$  : 17
- g.  $U_{\text{exp}}$  : 0.081

Berikut ini hasil perhitungan nilai karakteristik statik alat ukur arus berdasarkan data pada tabel C.3 pada lampiran C

Sehingga berdasarkan perhitungan ketidakpastian diperluas diatas, menghasilkan nilai ketidakpastian alat sebesar  $\pm 0,081$ . Nilai ketidakpastian tersebut akan menjadi acuan untuk pembacaan alat ukur selama alat ukur tersebut digunakan.

### C. Pengujian Sensor Tegangan Baterai

Pengujian tegangan dilakukan pada 17 titik pengukuran dengan kenaikan setiap tegangan kurang lebih berkisar 0.5 V.



**Gambar 4.7** Grafik pengujian tegangan baterai dari pembacaan alat dan pembacaan standart

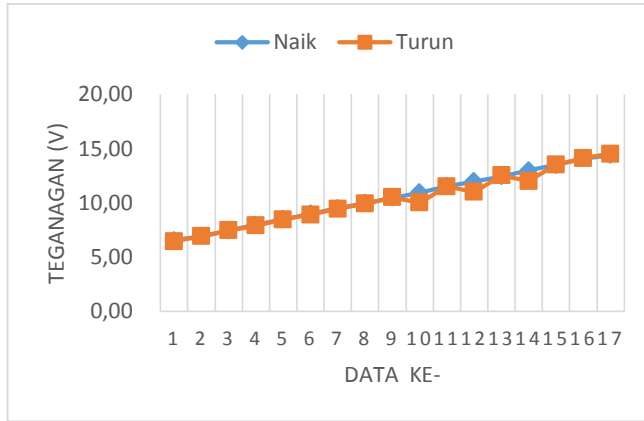
Pada gambar 4.7 merupakan grafik yang didapat dari tabel D.1.pada lampiran D, grafik ini berfungsi untuk mengetahui perbandingan pembacaan alat dan pembacaan standart.

### D. Data Spesifikasi Sensor Tegangan Baterai

Berdasarkan data yang telah didapatkan dari pengujian spesifikasi alat melalui data karakteristik statik, menghasilkan data sebagai berikut :

- a. Range : 6,56 V – 14,56 V
- b. Span : 8 V
- c. Resolusi : 0,01
- d. Non linieritas : 1,74 %
- e. Histerisis : 1,66 %
- f. Akurasi : 86 %
- g. Kesalahan : 0,14

Berikut ini hasil perhitungan nilai karakteristik statik alat ukur tegangan berdasarkan data pada tabel D.2 pada lampiran D. Dari histerisis tersebut dapat dijadikan grafik. Berikut ini merupakan grafik dari pengukuran naik dan turun tersebut.



**Gambar 4.8** Histerisis sensor tegangan baterai

Setelah mengetahui karakteristik statik dari alat ukur tegangan, langkah selanjutnya adalah kalibrasi alat ukur. Yang digunakan sebagai kalibrator adalah multimeter digital. Berikut ini merupakan hasil pengukuran kalibrasi untuk mencari nilai ketidakpastian alat ukur.

Sehingga menghasilkan nilai :

- a.  $U_{a1}$  : 0,037
- b.  $U_{a2}$  : 0,032
- c.  $U_{b1}$  : 0,0028
- d.  $U_{b2}$  : 0,0049
- e.  $U_c$  : 0,04
- f.  $U_{\text{eff}}$  : 32
- g.  $U_{\text{exp}}$  : 0.101

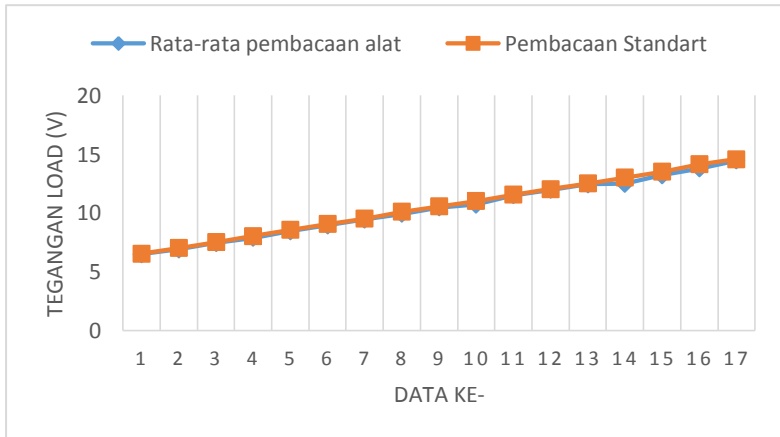
Berikut ini hasil perhitungan nilai karakteristik statik alat ukur arus berdasarkan data pada tabel D.3 pada lampiran D

Sehingga berdasarkan perhitungan ketidakpastian diperluas diatas, menghasilkan nilai ketidakpastian alat sebesar  $\pm 0,101$ .

Nilai ketidakpastian tersebut akan menjadi acuan untuk pembacaan alat ukur selama alat ukur tersebut digunakan.

### E. Pengujian Sensor Tegangan Load

Pengujian tegangan dilakukan pada 17 titik pengukuran dengan kenaikan setiap tegangan kurang lebih berkisar 0.5 V.



**Gambar 4.9** Grafik pengujian tegangan load dari pembacaan alat dan pembacaan standart

Pada gambar 4.9 merupakan grafik yang didapat dari tabel E.1 pada lampiran E, grafik ini berfungsi untuk mengetahui perbandingan pembacaan alat dan pembacaan standart

### F. Data Spesifikasi Sensor Tegangan Load

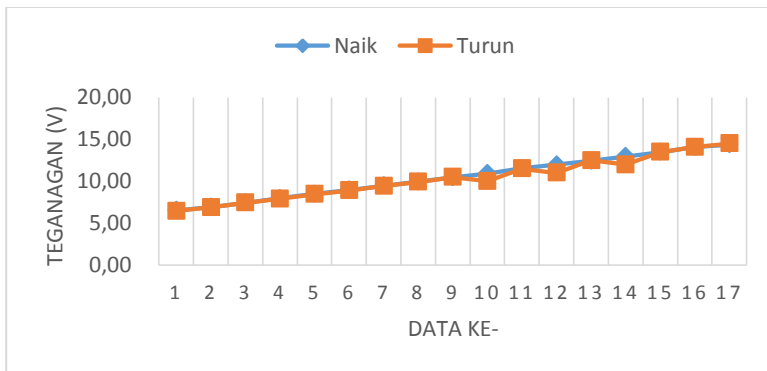
Berdasarkan data yang telah didapatkan dari pengujian spesifikasi alat melalui data karakteristik statik, menghasilkan data sebagai berikut :

- a. Range : 6,56 V – 14,56 V
- b. Span : 8 V
- c. Resolusi : 0,01
- a. Non linieritas : 1,10 %
- b. Histerisis : 1,26 %



- c. Akurasi : 87 %  
 d. Kesalahan : 0,13

Berikut ini hasil perhitungan nilai karakteristik statik alat ukur tegangan load berdasarkan data pada tabel E.2 pada lampiran E. Dari histerisis tersebut dapat dijadikan grafik. Berikut ini merupakan grafik dari pengukuran naik dan turun tersebut.



**Gambar 4.10** Histerisis sensor tegangan load

Setelah mengetahui karakteristik statik dari alat ukur tegangan, langkah selanjutnya adalah kalibrasi alat ukur. Yang digunakan sebagai kalibrator adalah multimeter digital. Berikut ini merupakan hasil pengukuran kalibrasi untuk mencari nilai ketidakpastian alat ukur.

Sehingga menghasilkan nilai :

- a.  $U_{a1}$  : 0,038  
 b.  $U_{a2}$  : 0,033  
 c.  $U_{b1}$  : 0,0028  
 d.  $U_{b2}$  : 0,0049  
 e.  $U_c$  : 0,05158  
 f.  $U_{eff}$  : 32  
 g.  $U_{exp}$  : 0.105

Berikut ini hasil perhitungan nilai karakteristik statik alat ukur arus berdasarkan data pada tabel E.3 pada lampiran E.

Sehingga berdasarkan perhitungan ketidakpastian diperluas diatas, menghasilkan nilai ketidakpastian alat sebesar  $\pm 0,105$ . Nilai ketidakpastian tersebut akan menjadi acuan untuk pembacaan alat ukur selama alat ukur tersebut digunakan

#### **4.1.3 Pengujian Sistem Keseluruhan**

Setelah dilakukan perancangan alat, dilakukan pengujian alat untuk mencari data daya pada saat *discharge* dan kapasitas baterai pada saat proses *discharge* dilakukan . Kemudian data yang dihasilkan akan dibandingkan sehingga dari data tersebut dapat ditentukan karakteristik statis dan dinamis nya.

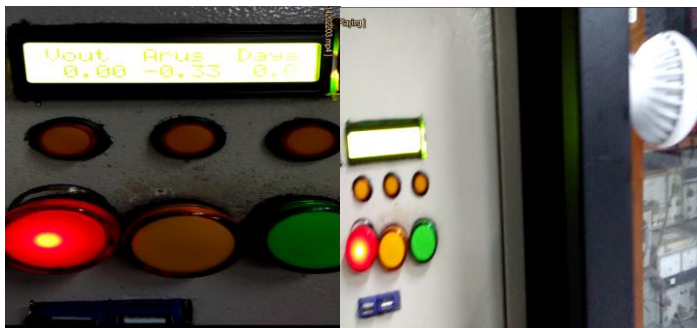
##### **A. Rangkaian Charge/Discharge**

Pada saat baterai terjadi proses pengecasan relay 1 akan on untuk menyalurkan tegangan dari panel surya ke baterai. Sebelum mejuju baterai tegangan dari panel surya perlu diregulasi sesuai dengan tegangan baterai. Saat tegangan pengecasan melebihi 14,7 V maka mikrokontroler akan merespon hal tersebut dengan mematikan *relay* 1 yang digunakan sebagai penghubung panel surya dan baterai Relay 2 akan terhubung dengan load apabila tegangan melebihi dari 12,43 V sehingga sistem bisa melakukan *discharging*. Kemudian saat kapasitas baterai kurang dari 12,43 V maka mikrokontroler akan merespon hal tersebut dengan mematikan *relay* 2 yang digunakan sebagai pemutus baterai dan *load*.



**Gambar 4.11** Sistem terjadi *overcharge*

Pada gambar 4.11 merupakan bukti berjalannya sistem manajemen untuk pengontrolan agar tidak *overcharge*. Ketika tegangan pengecasan melebihi 14,7 V maka relay akan memutuskan sambungan arus dari panel surya menuju baterai. Sehingga tegangan panel surya menjadi sekitar 20 V- 21V. Tegangan tersebut merupakan tegangan panel surya sendiri tanpa disalurkan ke beban (baterai).



**Gambar 4.12** Sistem terjadi *overdischarge*

Pada gambar 4.12 merupakan bukti berjalannya sistem manajemen untuk pengontrolan agar tidak *overdischarge*. Ketika tegangan baterai mencapai kurang dari 12,4 V maka

relay akan memutuskan aliran arus dari baterai menuju beban. Sehingga proses *discharging* tidak dapat dilakukan.

## B. Tampilan Menu

Menu dikontrol oleh masukan dari *user* terhadap tombol. Jika *user* menekan tombol, maka tombol akan memberikan masukan pada *Port D* mikrokontroler untuk kemudian diterjemahkan menjadi instruksi tertentu.

Saat tombol 2 ditekan, LCD akan menampilkan kapasitas baterai dalam presentase, tegangan baterai, dan daya yang tersisa. Tampilan kapasitas baterai tersebut dapat dilihat pada gambar 4.13.



**Gambar 4.13** Tampilan menu kapasitas baterai

Saat tombol 3 ditekan, LCD akan menampilkan tegangan, arus dan daya dari baterai ke load. Tampilan tersebut dapat dilihat pada gambar 4.14



**Gambar 4.14** Tampilan menu *load*

## C. LED Indikator

Lampu berwarna kuning akan menyala pada saat proses *charging*, lampu hijau akan menyala pada saat proses

*discharging* sedangkan lampu merah akan menyala pada saat kapasitas baterai sekitar 70%, menandakan bahwa proses *discharging* akan segera berakhir dan dibutuhkan proses *charging* untuk mengecas baterai kembali.



**Gambar 4.15** LED kuning aktif

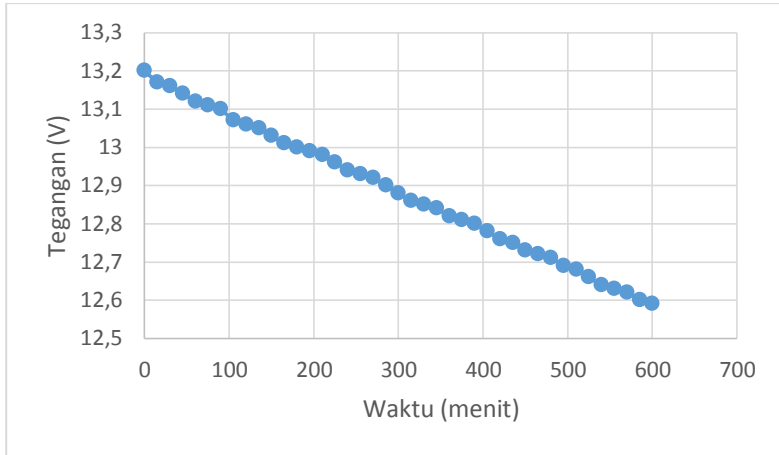


**Gambar 4.16** LED hijau aktif



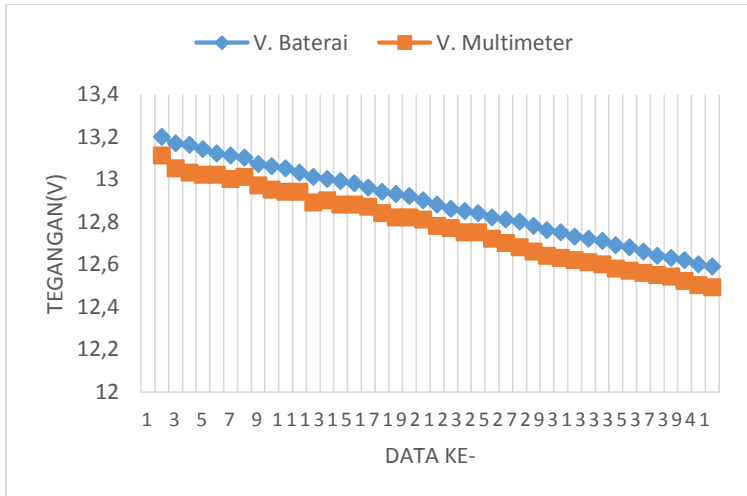
**Gambar 4.17** LED merah aktif

Pengujian disimulasikan dengan menggunakan dua buah port usb dengan tegangan keluaran 5 V untuk arus tergantung pada kapasitas baterai handphone itu sendiri dan tiga lampu pijar DC 9 watt 12V. Daya yang dihasilkan oleh load tersebut digunakan sebagai data pengujian sistem manajemen baterai. Pengujian dilakukan dengan mengkondisikan tegangan keluaran *voltage regulator* dan beban yang digunakan sama dengan beban pada pengujian *solar cell* yaitu 3 buah lampu LED DC yang dirangkai secara paralel. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah output regulator telah bekerja sesuai dengan perancangan awal atau belum. Data pengujian merupakan data tegangan baterai dan waktu saat *discharging* dan *charging* ditunjukkan pada tabel di bawah ini.



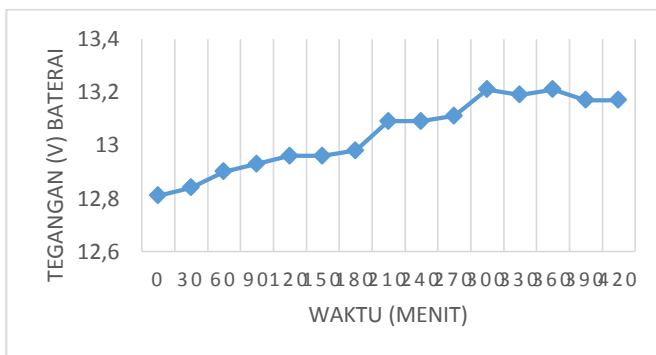
**Gambar 4.18** Grafik pengujian discharging

Pada tabel F.1 pada lampiran F merupakan hasil pengujian sistem manajemen baterai menggunakan beban tiga buah lampu LED DC 12 volt 9 watt dan charge *handpone* untuk mengetahui respon *output* selama  $\pm 15$  menit. Tegangan *input* berasal dari aki 12 V 45 Ah , dengan  $V_{load}$  dan  $I_{load}$  berkisar sebesar  $\pm 12$  V dan  $\pm 0,8$  A. Selama dalam waktu pengujian alat, terjadi penurunan tegangan sebesar  $\pm 0,1$  V. Untuk arus keluaran konstan sebesar  $\pm 0,8$  A. Sesuai dengan data tegangan *output* yang selalu mengalami penurunan maka sistem *discharging* sedang berlangsung. Daya yang dihasilkan selalu mengalami penurunan terhadap waktu. Sehingga didapat grafik respon *output* tegangan dengan beban terhadap waktu ketika *discharging* seperti pada gambar 4.18



**Gambar 4.19** Grafik perbandingan tegangan baterai pembacaan alat dan tegangan baterai multimeter

Pada tabel F.2 pada lampiran F merupakan hasil pengujian validasi antara data tegangan baterai pembacaan alat dengan tegangan baterai menggunakan multimeter dengan tingkat kecermatan sebesar 0,1 V. Sehingga didapat grafik perbandingan tegangan baterai pembacaan alat dan tegangan baterai menggunakan multimeter seperti pada gambar 4.19



**Gambar 4.20** Grafik pengujian charging



Pada tabel F.3 pada lampiran F merupakan hasil pengujian sistem manajemen baterai ketika proses *charging* untuk mengetahui respon *output* selama  $\pm 30$  menit. Selama dalam waktu pengujian alat, terjadi kenaikan tegangan sebesar  $\pm 0,1$  volt selama 1 jam. Untuk arus keluaran maksimal sebesar  $\pm 2,7$  A pada nilai peak to peak sebesar . Sesuai dengan data tegangan *output* yang selalu mengalami kenaikan maka sistem *charging* sedang berlangsung. Daya yang dihasilkan selalu mengalami kenaikan terhadap waktu. Sehingga didapat grafik respon *output* tegangan dengan beban terhadap waktu ketika *charging* seperti pada gambar 4.20

## 4.2 Pembahasan

Dari semua pengujian yang telah dilakukan yaitu pengujian proses *discharging*, pengujian proses *charging* pada *miniplant* PLTS. Dimulai dari pembahasan untuk pengujian pertama tentang rangkaian *charge/discharge*. Peran penting dalam proses pengendalian sistem ini adalah relay. Relay 2 akan memutuskan arus listrik ketika *overdischarge* dan relay 1 akan memutuskan arus listrik ketika *overcharge*. Hal tersebut dapat diketahui ketika kapasitas daya aki dalam kondisi akan *full discharge* atau sekitar tegangan 12,43 V. Sedangkan nilai level tegangan aki ketika *auto cut off* dari sumber PLTS adalah  $>14,7$  V, karena tegangan pengecasan tidak boleh melebihi dari 14,7 V . Sedangkan ketika daya aki dalam kondisi akan *full charging* ketika level tegangan mencapai 13,5 V. Tabel F.1 pada lampiran menunjukkan hasil pengujian proses *discharging* untuk mengetahui respon *output* selama  $\pm 15$  menit. Selama dalam pengujian terjadi penurunan tegangan sebesar 0,1 V dan arus keluaran sebesar  $\pm 0,8$  A. Kondisi tersebut terus mengalami penurunan sehingga proses *charging* sudah dapat berlangsung. Daya yang dihasilkan selalu mengalami penurunan terhadap waktu. Tabel F.3 pada lampiran menunjukkan hasil pengujian proses *charging* untuk mengetahui respon *output* selama 7 jam. Selama dalam pengujian terjadi kenaikan 0,36 V. Kondisi tersebut terus mengalami kenaikan sehingga proses *charging* sudah dapat berlangsung. Daya yang dihasilkan selalu mengalami kenaikan terhadap waktu. Untuk

pengujian kedua membahas tentang pembacaan tegangan baterai pada *miniplant* dengan tegangan baterai menggunakan multimeter. Berdasarkan data pada tabel F.2 pada lampiran menunjukkan pembacaan alat memiliki rentan *error* dengan nilai sebesar 0,1 V. Pada pengujian lampu indikator dapat diketahui dengan memonitoring tegangan baterai. Lampu merah akan menyala sebelum tegangan *full discharging* sekitar 12,43 V. Lampu hijau menyala ketika prose *discharging*. Lampu kuning menyala ketika proses *charging* terjadi.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan perancangan alat dan hasil penelitian rancang bangun *solar charge controller* pada *mini plant* PLTS dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu :

1. Rancang bangun sistem manajemen baterai pada PLTS telah dibuat dengan baik.
2. Sistem manajemen baterai pada PLTS mampu menjaga kondisi dalam keadaan aman, *auto cut off* pada proses *charge* terjadi ketika tegangan pengecasan lebih dari 14,7 V dan *auto cut off* pada proses *discharging* terjadi ketika tegangan  $\leq 12,43$  V.
3. Sistem manajemen baterai mampu menyediakan informasi level baterai dalam bentuk presentase, tegangan baterai, dan kapasitas daya yang tersisa.
4. Proses *charging* pada PLTS yang telah dibuat mampu mencapai kenaikan sekitar 10% atau sebesar 0,36 V dengan lama pengecasan 7 jam, sedangkan proses *discharging* dengan beban maksimal 1 A mampu mencapai tegangan 12,43 V membutuhkan waktu 10 jam dari range tegangan 13,2 V sampai 12,4 V.
5. Rentan eror yang didapat dari pembacaan tegangan baterai pada tampilan dengan tegangan real open circuit sekitar 0,1.

#### **5.2 Saran**

Adapun saran perancangan alat dan hasil penelitian rancang bangun *solar charge controller* pada *mini plant* PLTS ini adalah sebagai berikut :

1. Sebaiknya dalam pengambilan data level baterai dilakukan beberapa metode lagi serta diperinci lagi analisa datanya, agar dapat diketahui metode yang baik untuk mengetahui level baterai sehingga mendapat hasil pembacaan yang optimal.

2. Sebaiknya mengetahui terlebih dahulu kisaran beban yang dipakai sehingga dapat diketahui *cut off voltage* baterai yang digunakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Rashid, H. 2001. Power Electronic Handbook. Canada : Academic Press
- [2] Zulaedhi, Faizal. 2011. RANCANG BANGUN CHARGE CONTROLLER PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA. Depok. Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro.
- [3] Wijaksana, Henri. 2010. Rancang Bangun Sistem Kelistrikan dan Sistem Manajemen Baterai Pada Kendaraan Listrik. Bandung : Sistem Komputer, UNIKOM
- [4] Anonim. 2013. Battery Management System, UGMMagatika. Diakses 3 Desember 2013  
<https://ugmmagatika.wordpress.com/2013/12/03/battery-management-system/>
- [5] Segara P, Bayu. DESAIN DAN IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING DAN MANAJEMEN BATERAI MOBIL LISTRIK. Bandung : Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom.
- [6] Kho, Dicson . 2016. Rumus dan Rangkaian Pembagi Tegangan (Voltage Divider). TeknikElektronika. Diakses 6 Mei 2016 <http://teknikelektronika.com/rumus-rangkaian-pembagi-tegangan-voltage-divider-resistor/>
- [7] Zakaria. 2014. PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT *MONITORING* BIAYA TAGIHAN LISTRIK *PORTABLE* PADA PERALATAN LISTRIK. Malang : Teknik Elektro, Universitas Brawijaya
- [8] Terilia, Swary. 2014. Otomasi Buka Tutup Gorden Serta *On/Off* Lampu Dengan Input Cahaya Dan Remote Control. Palembang : Teknik Komputer. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- [9] Aditya, Michael. 2015. Kontrol Pengisian baterai Otomatis Pada Sistem Pembangkit Listrik Alternatif. Yogyakarta : Teknik Elektro. Universitas Sanata Dharma
- [10] Bayu, Anggita. 2017. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI ALAT UKUR STATE OF CHARGE SISTEM PENGAWASAN PADA BATERAI LEAD ACID

MENGGUNAKAN METODE OPEN CIRCUIT VOLTAGE.

Bandung : Teknik Fisika, Fakultas Teknik Elektro, Universitas  
Telkom.

# LAMPIRAN A

## (Datasheet)

- **Datasheet ACS 712-20A**



**ACS712**

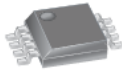
*Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC  
with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor*

### Features and Benefits

- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the new FILTER pin
- 5  $\mu$ s output rise time in response to step input current
- 80 kHz bandwidth
- Total output error 1.5% at  $T_c = 25^\circ\text{C}$
- Small footprint, low-profile SOIC8 package
- 1.2 m $\Omega$  internal conductor resistance
- 2.1 kVRMS minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 5-8
- 5.0 V, single supply operation
- 66 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to AC or DC currents
- Factory-trimmed for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratiometric output from supply voltage



Package: 8 Lead SOIC (suffix LC)



Approximate Scale 1:1



### Description

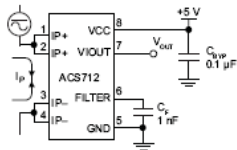
The Allegro™ ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switch-mode power supplies, and overcurrent fault protection. The device is not intended for automotive applications.

The device consists of a precise, low-offset, linear Hall circuit with a copper conduction path located near the surface of the die. Applied current flowing through this copper conduction path generates a magnetic field which the Hall IC converts into a proportional voltage. Device accuracy is optimized through the close proximity of the magnetic signal to the Hall transducer. A precise, proportional voltage is provided by the low-offset, chopper-stabilized BiCMOS Hall IC, which is programmed for accuracy after packaging.

The output of the device has a positive slope ( $>V_{IOUT(Q)}$ ) when an increasing current flows through the primary copper conduction path (from pins 1 and 2, to pins 3 and 4), which is the path used for current sampling. The internal resistance of this conductive path is 1.2 m $\Omega$  typical, providing low power loss. The thickness of the copper conductor allows survival of

*Continued on the next page...*

### Typical Application



Application 1. The ACS712 outputs an analog signal,  $V_{IOUT}$ , that varies linearly with the uni- or bi-directional AC or DC primary sampled current,  $I_p$ , within the range specified.  $C_f$  is recommended for noise management, with values that depend on the application.



# 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 5x 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 <sub>A</sub> (°C)	Optimized Range, I <sub>P</sub> (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 <sub>CC</sub>		8	V
Reverse Supply Voltage	V <sub>RCC</sub>		-0.1	V
Output Voltage	V <sub>IOUT</sub>		8	V
Reverse Output Voltage	V <sub>RIOU</sub> T		-0.1	V
Output Current Source	I <sub>IOUT(SOURCE)</sub>		3	mA
Output Current Sink	I <sub>IOUT(SINK)</sub>		10	mA
Overcurrent Transient Tolerance	I <sub>P</sub>	1 pulse, 100 ms	100	A
Nominal Operating Ambient Temperature	T <sub>A</sub>	Range E	-40 to 85	°C
Maximum Junction Temperature	T <sub>J(MAX)</sub>		165	°C
Storage Temperature	T <sub>stg</sub>		-65 to 170	°C

### Isolation Characteristics

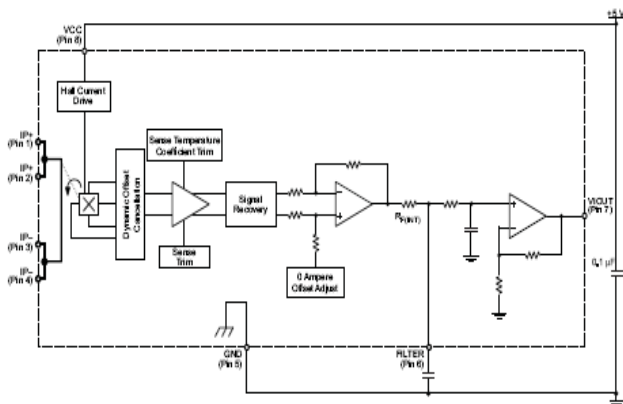
Characteristic	Symbol	Notes	Rating	Unit
Dielectric Strength Test Voltage*	V <sub>ISO</sub>	Agency type-tested for 60 seconds per UL standard 60950-1, 1st Edition	2100	VAC
Working Voltage for Basic Isolation	V <sub>WFSI</sub>	For basic (single) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	354	VDC or V <sub>pk</sub>
Working Voltage for Reinforced Isolation	V <sub>WFR</sub>	For reinforced (double) isolation per UL standard 60950-1, 1st Edition	184	VDC or V <sub>pk</sub>

\* 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



Functional Block Diagram



Pin-out Diagram



Terminal List Table

Number	Name	Description
1 and 2	IP+	Terminals for current being sampled; fused internally
3 and 4	IP-	Terminals for current being sampled; fused internally
5	GND	Signal ground terminal
6	VCC	Device power supply terminal
7	VIOUT	Analog output signal
8	FILTER	Terminal for external capacitor that sets bandwidth

x05B PERFORMANCE CHARACTERISTICS<sup>1</sup>  $T_A = -40^{\circ}\text{C}$  to  $85^{\circ}\text{C}$ ,  $C_F = 1\text{ nF}$ , and  $V_{CC} = 5\text{ V}$ , unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	$I_P$		-5	-	5	A
Sensitivity	Sens	Over full range of $I_P$ , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	180	185	190	mV/A
Noise	$V_{\text{NOISE(PP)}}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ , 185 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47\text{ nF}$ , $C_{\text{OUT}} = \text{open}$ , 2 kHz bandwidth	-	21	-	mV
Zero Current Output Slope	$\Delta V_{\text{OUT}(0)}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to $25^{\circ}\text{C}$	-	-0.26	-	mV/°C
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to $150^{\circ}\text{C}$	-	-0.08	-	mV/°C
Sensitivity Slope	$\Delta\text{Sens}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to $25^{\circ}\text{C}$	-	0.054	-	mV/A/°C
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to $150^{\circ}\text{C}$	-	-0.008	-	mV/A/°C
Total Output Error <sup>2</sup>	$E_{\text{TOT}}$	$I_P = \pm 5\text{ A}$ , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	$\pm 1.5$	-	%

<sup>1</sup>Device may be operated at higher primary current levels,  $I_P$ , and ambient temperatures,  $T_A$ , provided that the Maximum Junction Temperature,  $T_{J(\text{max})}$ , is not exceeded.

<sup>2</sup>Percentage of  $I_P$  with  $I_P = 5\text{ A}$ . Output filtered.

x20A PERFORMANCE CHARACTERISTICS<sup>1</sup>  $T_A = -40^{\circ}\text{C}$  to  $85^{\circ}\text{C}$ ,  $C_F = 1\text{ nF}$ , and  $V_{CC} = 5\text{ V}$ , unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	$I_P$		-20	-	20	A
Sensitivity	Sens	Over full range of $I_P$ , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	96	100	104	mV/A
Noise	$V_{\text{NOISE(PP)}}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ , 100 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47\text{ nF}$ , $C_{\text{OUT}} = \text{open}$ , 2 kHz bandwidth	-	11	-	mV
Zero Current Output Slope	$\Delta V_{\text{OUT}(0)}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to $25^{\circ}\text{C}$	-	-0.34	-	mV/°C
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to $150^{\circ}\text{C}$	-	-0.07	-	mV/°C
Sensitivity Slope	$\Delta\text{Sens}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to $25^{\circ}\text{C}$	-	0.017	-	mV/A/°C
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to $150^{\circ}\text{C}$	-	-0.004	-	mV/A/°C
Total Output Error <sup>2</sup>	$E_{\text{TOT}}$	$I_P = \pm 20\text{ A}$ , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	$\pm 1.5$	-	%

<sup>1</sup>Device may be operated at higher primary current levels,  $I_P$ , and ambient temperatures,  $T_A$ , provided that the Maximum Junction Temperature,  $T_{J(\text{max})}$ , is not exceeded.

<sup>2</sup>Percentage of  $I_P$  with  $I_P = 20\text{ A}$ . Output filtered.

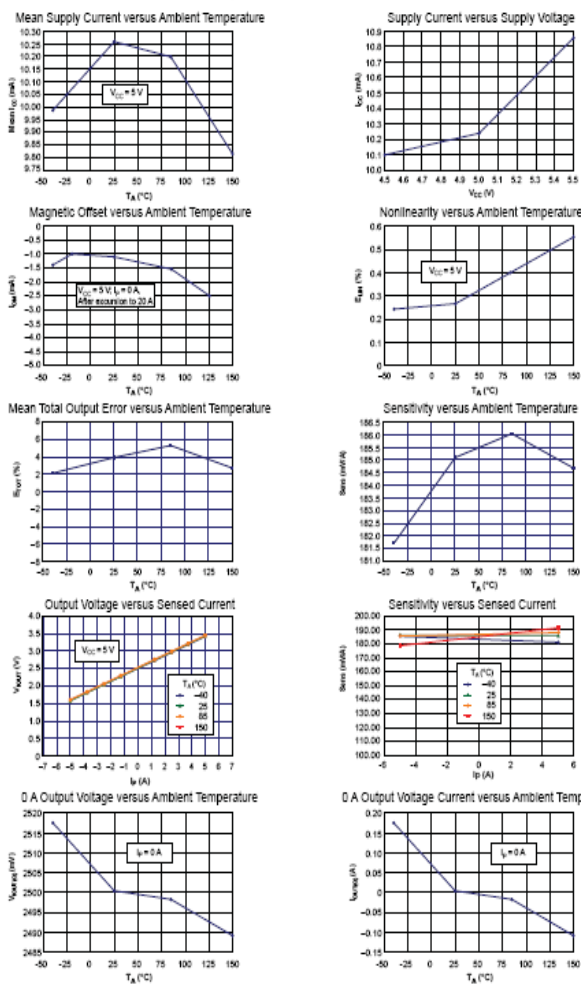
x30A PERFORMANCE CHARACTERISTICS<sup>1</sup>  $T_A = -40^{\circ}\text{C}$  to  $85^{\circ}\text{C}$ ,  $C_F = 1\text{ nF}$ , and  $V_{CC} = 5\text{ V}$ , unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	$I_P$		-30	-	30	A
Sensitivity	Sens	Over full range of $I_P$ , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	63	66	69	mV/A
Noise	$V_{\text{NOISE(PP)}}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ , 66 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47\text{ nF}$ , $C_{\text{OUT}} = \text{open}$ , 2 kHz bandwidth	-	7	-	mV
Zero Current Output Slope	$\Delta V_{\text{OUT}(0)}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to $25^{\circ}\text{C}$	-	-0.35	-	mV/°C
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to $150^{\circ}\text{C}$	-	-0.08	-	mV/°C
Sensitivity Slope	$\Delta\text{Sens}$	$T_A = -40^{\circ}\text{C}$ to $25^{\circ}\text{C}$	-	0.007	-	mV/A/°C
		$T_A = 25^{\circ}\text{C}$ to $150^{\circ}\text{C}$	-	-0.002	-	mV/A/°C
Total Output Error <sup>2</sup>	$E_{\text{TOT}}$	$I_P = \pm 30\text{ A}$ , $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	-	$\pm 1.5$	-	%

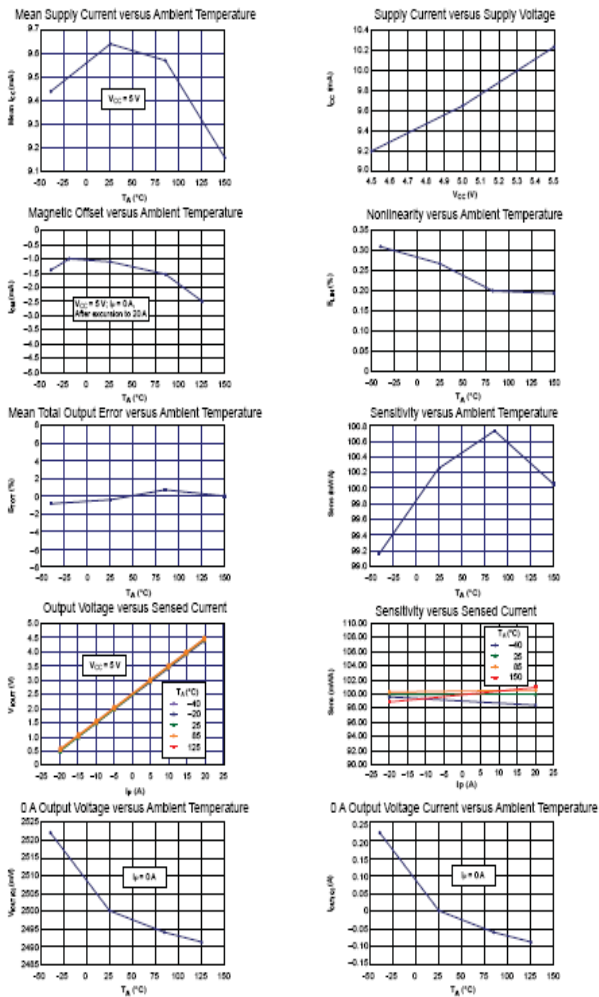
<sup>1</sup>Device may be operated at higher primary current levels,  $I_P$ , and ambient temperatures,  $T_A$ , provided that the Maximum Junction Temperature,  $T_{J(\text{max})}$ , is not exceeded.

<sup>2</sup>Percentage of  $I_P$  with  $I_P = 30\text{ A}$ . Output filtered.

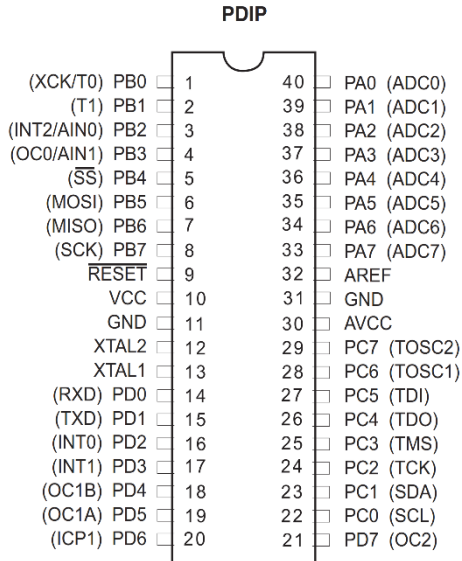
## Characteristic Performance

 $I_p = 5\text{ A}$ , unless otherwise specified

## Characteristic Performance

 $I_p = 20$  A, unless otherwise specified

# 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 B LISTING PROGRAM PADA ATMEGA16

```
/******
```

```
*
```

This program was produced by the  
CodeWizardAVR V2.05.3 Standard  
Automatic Program Generator  
© Copyright 1998-2011 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.  
<http://www.hpinfotech.com>

Project :  
Version :  
Date : 04/07/2017  
Author : tyery08  
Company : [embeeminded.blogspot.com](http://embeeminded.blogspot.com)  
Comments:

Chip type : ATmega16A  
Program type : Application  
AVR Core Clock frequency: 8,000000 MHz  
Memory model : Small  
External RAM size : 0  
Data Stack size : 256

```
*****
```

```
/
```

```
#include <mega16a.h>  
#include <stdio.h>  
#include <delay.h>  
#include <stdlib.h>  
// Alphanumeric LCD functions  
#include <alcd.h>  
int i;  
int nilai_adc1;  
int nilai_adc2;  
int nilai_adc3;
```



```
int nilai_adc4;
int nilai_adc5;
float teganganbaterai;
float persenbaterai;
float dod;
float teganganload;
float tegangansumber;
float arusload;
float teganganbuck;
float dayaload;
float dayasisa;
```

```
#define ADC_VREF_TYPE 0x40
#define resolusi 0.00489
#define calib 5
// 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
void depan()
{
    lcd_clear();
    lcd_gotoxy(4,0);
    lcd_putsf(">>MENU<<");
    lcd_gotoxy(0,1);
    lcd_putsf("SORC");
}
```

```

    lcd_gotoxy(6,1);
    lcd_putsf("BATT");

    lcd_gotoxy(12,1);
    lcd_putsf("LOAD");

    delay_ms(500);
    }

//KAPASITAS BATERAI//
void nilaitegangan1()
{
    for(i=0;i<150;i++)
    {
        nilai_adc1+=read_adc(1); //read the input voltage from solar
panel
        delay_ms(2);
    }
    nilai_adc1=nilai_adc1/150;
    nilai_adc1=read_adc(1);
    dod=((teganganbaterai)-10.5);
    teganganbaterai=(nilai_adc1*resolusi*calib);
    persenbaterai=(dod/3)*100;
}

//DAYASISA
void daya2()
{
    dayasisa=dod*45-dayaload;
}

// LOAD //
void nilaitegangan2()
{
    for(i=0;i<150;i++)
    {

```

```

    nilai_adc2+=read_adc(2); //read the input voltage from solar
panel
    delay_ms(2);
    }
    nilai_adc2=nilai_adc2/150;
    nilai_adc2=read_adc(2);
    teganganload=(nilai_adc2*resolusi*calib);
    }

void nilaiarus1()
{
    for(i=0;i<150;i++)
    {
        nilai_adc4+=read_adc(4); //read the input voltage from solar
panel
        delay_ms(2);
        }
        nilai_adc4=nilai_adc4/150;
        nilai_adc4=read_adc(4);
        arusload=fabs(((nilai_adc4*resolusi)-2.5)/0.100);
        }

void daya1()
{
    dayaload=teganganload*arusload;
    }

// SUMBER SEL SURYA//
void nilaitegangan3()
{
    for(i=0;i<150;i++)
    {
        nilai_adc3+=read_adc(3); //read the input voltage from solar
panel
        delay_ms(2);
        }
        nilai_adc3=nilai_adc3/150;
        nilai_adc3=read_adc(3);

```

```

    tegangansumber=(nilai_adc3*resolusi*calib);
}

void nilaitb()
{
    for(i=0;i<150;i++)
    {
        nilai_adc5+=read_adc(5); //read the input voltage from solar
panel
        delay_ms(2);
    }
    nilai_adc5=nilai_adc5/150;
    nilai_adc5=read_adc(5);
    teganganbuck=(nilai_adc5*resolusi*calib);
}

```

```

void main(void)
{
    char text[16];
    // Declare your local variables here

    // Input/Output Ports initialization
    // Port A initialization
    // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
    Func1=In Func0=In
    // State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
    State1=T State0=T
    PORTA=0x00;
    DDRA=0x00;

    // Port B initialization
    // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=Out Func2=In
    Func1=In Func0=In
    // State7=T State6=T State5=T State4=T State3=0 State2=T
    State1=T State0=T
    PORTB=0x00;
    DDRB=0x08;
}

```

```
// Port C initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTC=0x00;
DDRC=0xFF;
```

```
// Port D initialization
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=Out Func3=Out
Func2=Out Func1=Out Func0=Out
// State7=T State6=T State5=T State4=0 State3=0 State2=0
State1=0 State0=0
PORTD=0x00;
DDRD=0x1F;
```

```
// Timer/Counter 0 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: 31,250 kHz
// Mode: Fast PWM top=0xFF
// OC0 output: Non-Inverted PWM
TCCR0=0x6C;
TCNT0=0x00;
OCR0=0x00;
```

```
// Timer/Counter 1 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer1 Stopped
// Mode: Normal top=0xFFFF
// OC1A output: Discon.
// OC1B output: Discon.
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
```

```
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer2 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x00;

// USART initialization
// USART disabled
UCSRB=0x00;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
```

```

ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 500,000 kHz
// ADC Voltage Reference: AVCC pin
// ADC Auto Trigger Source: ADC Stopped
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x84;

// SPI initialization
// SPI disabled
SPCR=0x00;

// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=0x00;

// Alphanumeric LCD initialization
// Connections are specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD
menu:
// RS - PORTB Bit 0
// RD - PORTB Bit 1
// EN - PORTB Bit 2
// D4 - PORTB Bit 4
// D5 - PORTB Bit 5
// D6 - PORTB Bit 6
// D7 - PORTB Bit 7
// Characters/line: 16
lcd_init(16);

while (1)
{
    //sampling();
    nilaitegangan1();
    nilaitegangan2();
    nilaitegangan3();
}

```

```

nilai(b);
nilai(1);
daya(1);
daya(2);
PORTD.0=0;
PORTD.1=0;

//Untuk Charging//
if((tegangan_sumber > tegangan_baterai && tegangan_baterai <
14.6)
{
OCR0=245.75;
PORTD.0=0;
PORTC.1=1;
}

else if (tegangan_sumber < tegangan_baterai)
{
OCR0=0;
PORTD.0=1;
PORTC.1=0;
}

if(tegangan_baterai > 14.6)
{
PORTD.0=1;
}
else
{
PORTD.0=0;
}

//Untuk Discharging//
if(( tegangan_baterai >= 12.43)&& ( tegangan_baterai <= 13.5
))
{
PORTD.1=0;
}

```



```
else if(teganganbaterai<12.43)
{
PORTD.1=1;
}
```

```
if(PIND.5==1)
{
lcd_clear();
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("Vin");
lcd_gotoxy(0,1);
sprintf(text,"%5.2f",tegangan sumber);
lcd_puts(text);
lcd_gotoxy(6,0);
lcd_putsf("Vout");
lcd_gotoxy(6,1);
sprintf(text,"%5.2f",tegangan buck);
lcd_puts(text);
lcd_gotoxy(11,0);
lcd_putsf("% Batt");
lcd_gotoxy(12,1);
sprintf(text,"%3.0f",persenbaterai);
lcd_puts(text);
lcd_gotoxy(15,1);
lcd_putsf("%");
delay_ms(500);
}
```

```
else if(PIND.6==1)
{
lcd_clear();
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("Baterai");
lcd_gotoxy(9,0);
sprintf(text,"%3.0f",persenbaterai);
lcd_puts(text);
}
```

```
lcd_gotoxy(13,0);
lcd_putsf("%");
lcd_gotoxy(0,1);
lcd_putsf("PB:");
lcd_gotoxy(5,1);
sprintf(text,"%3.0f",dayasisa);
lcd_puts(text);
lcd_gotoxy(9,1);
lcd_putsf("V:");
lcd_gotoxy(11,1);
sprintf(text,"%5.2f",teganganbaterai);
lcd_puts(text);
delay_ms(500);
}
```

```
else if(PIND.7==1)
{
lcd_clear();
lcd_gotoxy(0,0);
lcd_putsf("Vout");
lcd_gotoxy(0,1);
sprintf(text,"%5.2f",teganganload);
lcd_puts(text);
lcd_gotoxy(6,0);
lcd_putsf("Arus");
lcd_gotoxy(6,1);
sprintf(text,"%5.2f",arusload);
lcd_puts(text);
lcd_gotoxy(12,0);
lcd_putsf("Daya");
lcd_gotoxy(12,1);
sprintf(text,"%5.2f",dayaload);
lcd_puts(text);
delay_ms(500);
}
```

```
else
{
```

```

    depan();
}

// PORTC.0=0;
// delay_ms(50);
// PORTC.0=1;
// delay_ms(50);
// PORTC.1=0;
// delay_ms(50);
// PORTC.1=1;
// delay_ms(50);
// PORTD.2=0;
// delay_ms(50);
// PORTD.2=1;
// delay_ms(50);

    if (teganganbaterai<=12.44)
    {
        PORTC.0=1;
        PORTD.2=0;
        PORTC.1=0;
        delay_ms(10);
    }
//
    if(persenbaterai>65&&persenbaterai<100)
    {
        PORTD.2=1;
        PORTC.0=0;
        PORTC.1=0;
        delay_ms(10);
    }
}

```

## LAMPIRAN C

### DATA PENGUJIAN SENSOR ARUS

**Tabel C.1** Data Pengujian Arus

No.	Pembacaan Standart (Ampere)	Variasi Beban	Pembacaan Alat		Rata-Rata Pemb. Alat (A)
			Naik (A)	Turun (A)	
1	0,27	1 charger	0,3	0,19	0,245
2	0,39	1lampu	0,35	0,33	0,34
3	0,48	2 charger	0,5	0,39	0,445
4	0,57	1lampu+1charger	0,6	0,51	0,555
5	0,6	2lampu	0,6	0,57	0,585
6	0,77	1lampu+2charger	0,79	0,69	0,74
7	0,83	2 lampu 1 charger	0,89	0,76	0,825
8	0,86	3 lampu	0,89	0,81	0,85
9	1,03	3 lampu+1charger	1,23	1,2	1,215
10	1,12	2lampu+2 charger	1,13	1,03	1,08
11	1,17	3 lampu+2charger	1,18	1,21	1,195

**Tabel C.2** Data Karakteristik Statik Alat Ukur Arus

No.	Pembacaan Standart (A)	Pembacaan Alat		Beda Histerisis (A)	(std – alat)/std (A)	Non Linieritas
		Naik (A)	Turun (A)			
1	0,27	0,3	0,19	-0,11	-0,111	0,00000
2	0,39	0,35	0,33	-0,02	0,103	-0,06733
3	0,48	0,5	0,39	-0,11	-0,042	-0,00533
4	0,57	0,6	0,51	-0,09	-0,053	0,00667
5	0,6	0,6	0,57	-0,03	0,000	-0,02267
6	0,77	0,79	0,69	-0,10	-0,026	0,00111
7	0,83	0,89	0,76	-0,13	-0,072	0,04244
8	0,86	0,89	0,81	-0,08	-0,035	0,01311
9	1,03	1,23	1,2	-0,03	-0,194	0,18689

10	1,12	1,13	1,03	-0,10	-0,009	-0,00111
11	1,17	1,18	1,21	0,03	-0,009	0,00000
Jumlah	8,09	8,46	7,69	-0,77	-0,4476	0,1538
Rata	0,73545	0,7690	0,6990	-0,07	-0,0407	

**Tabel C.3** Data Kalibrasi Arus

No.	Standart (A)	Pemb. Alat (A)	Koreksi (A)	SR
1	0,27	0,283	-0,013	0,000343786
2	0,39	0,386	0,004	0,000357522
3	0,48	0,496	-0,016	8,6371E-06
4	0,57	0,58	-0,01	1,47369E-06
5	0,6	0,584	0,016	0,000707466
6	0,77	0,78	-0,01	8,35687E-06
7	0,83	0,779	0,051	0,003235077
8	0,86	0,869	-0,009	1,39725E-05
9	1,03	1,127	-0,097	0,009068189
10	1,12	1,109	0,011	0,000119373
11	1,17	1,183	-0,013	0,000198821
$\Sigma$	8,09	8,176	-0,086	0,014062675
Rata	0,73545	0,743273	-0,0078	0,001278425

**LAMPIRAN D**  
**DATA PENGUJIAN SENSOR TEGANGAN BATERAI**

**Tabel D.1** Data Pengujian Sensor Tegangan Baterai

No.	Pembacaan Standart (V)	Pembacaan Alat (V)		Rata- rata pembacaan(V)	Koreksi (V)
		NAIK	TURUN		
1	6,56	6,43	6,45	6,495	0,06
2	7,02	6,92	6,90	6,91	0,11
3	7,53	7,43	7,45	7,44	0,09
4	8,05	7,97	7,90	7,935	0,12
5	8,56	8,48	8,45	8,465	0,10
6	9,06	8,97	8,90	8,935	0,13
7	9,51	9,49	9,45	9,47	0,04
8	10,10	9,95	9,91	9,93	0,17
9	10,57	10,46	10,50	10,48	0,09
10	11,02	10,93	10	10,465	0,56
11	11,56	11,54	11,50	11,52	0,04
12	12,04	11,98	11,00	11,49	0,55
13	12,51	12,42	12,50	12,46	0,05
14	13,00	12,98	12,00	12,49	0,51
15	13,51	13,47	13,50	13,485	0,03
16	14,14	14,08	14,10	14,09	0,05
17	14,50	14,37	14,50	14,435	0,13
$\Sigma$	179,24	177,87	175,01	176,495	2,81
Rata-rata	10,54	10,46	10,29	10,38	0,17

**Tabel D.2** Data Karakteristik Statik Sensor Tegangan Baterai

No.	Pembacaan Standart (V)	Pembacaan Alat (V)		Beda Histerisis (A)	(std – alat)/std (A)	Non Linieritas
		NAIK	TURUN			
1	6,56	6,54	6,45	-0,09	0,003	0,000
2	7,02	6,92	6,90	-0,02	0,014	-0,070

3	7,53	7,43	7,45	0,02	0,013	-0,059
4	8,05	7,97	7,90	-0,07	0,010	-0,028
5	8,56	8,48	8,45	-0,03	0,009	-0,018
6	9,06	8,97	8,90	-0,07	0,010	-0,017
7	9,51	9,49	9,45	-0,04	0,002	0,063
8	10,10	9,95	9,91	-0,04	0,015	-0,055
9	10,57	10,46	10,50	0,04	0,010	-0,005
10	11,02	10,93	10,00	-0,93	0,008	0,025
11	11,56	11,54	11,50	-0,04	0,002	0,106
12	12,04	11,98	11,00	-0,98	0,005	0,076
13	12,51	12,42	12,50	0,08	0,007	0,056
14	13,00	12,98	12,00	-0,98	0,002	0,137
15	13,51	13,47	13,50	0,03	0,003	0,128
16	14,14	14,08	14,10	0,02	0,004	0,121
17	14,56	14,37	14,50	0,13	0,013	0,000
$\Sigma$	179,30	177,98	175,01	(2,97)	0,13	
Rata-rata	10,55	10,47	10,29	(0,17)	0,01	

**Tabel D.3** Data Kalibrasi Tegangan Baterai

No.	Pembacaan Standart (V)	Pemb. Alat (V)	Koreksi (V)	SR
1	6,56	6,544	0,016	0,00013
2	7,02	7,016	0,004	0,00001
3	7,53	7,502	0,028	0,00038
4	8,05	7,975	0,075	0,00417
5	8,56	8,465	0,095	0,00682
6	9,06	9,055	0,005	0,00009
7	9,51	9,502	0,008	0,00006
8	10,10	10,095	0,005	0,00018
9	10,57	10,534	0,036	0,00025
10	11,02	11,008	0,012	0,00010
11	11,56	11,558	0,002	0,00048
12	12,04	12,035	0,005	0,00043
13	12,51	12,503	0,007	0,00042

14	13,00	12,994	0,006	0,00054
15	13,51	13,504	0,006	0,00064
16	14,14	14,116	0,024	0,00009
17	14,50	14,495	0,005	0,00090



**LAMPIRAN E**  
**DATA PENGUJIAN SENSOR TEGANGAN LOAD**

**Tabel E.1** Data Pengujian Sensor Tegangan Load

No.	Pembacaan Standart (V)	Pembacaan Alat (V)		Rata-rata pembacaan(V)	Koreksi (V)
		NAIK	TURUN		
1	6,56	6,55	6,46	6,5	0,05
2	7,02	6,95	6,9	6,92	0,09
3	7,53	7,46	7,45	7,45	0,08
4	8,05	7,97	7,8	7,88	0,17
5	8,56	8,48	8,45	8,465	0,1
6	9,06	8,97	8,95	8,96	0,1
7	9,51	9,50	9,42	9,46	0,05
8	10,10	9,92	9,91	9,91	0,19
9	10,57	10,46	10,50	10,48	0,09
10	11,02	10,97	10,45	10,71	0,31
11	11,56	11,54	11,48	11,51	0,05
12	12,04	11,98	11,93	11,95	0,08
13	12,51	12,40	12,50	12,45	0,06
14	13,00	12,98	12	12,49	0,51
15	13,51	13,44	12,97	13,2	0,31
16	14,14	14,05	13,52	13,78	0,36
17	14,56	14,43	14,48	14,45	0,11
$\Sigma$	179,24	178,05	175,17	176,61	2,69
Rata-rata	10,55	10,47	10,3	10,38	0,16

**Tabel E.2** Data Karakteristik Statik Sensor Tegangan Load

No.	Pembacaan Standart (V)	Pembacaan Alat (V)		Beda Histerisis (A)	(std – alat)/std (A)	Non Linieritas
		NAIK	TURUN			
1	6,56	6,55	6,46	-0,09	0,002	0,000
2	7,02	6,95	6,9	-0,05	0,010	-0,053

3	7,53	7,46	7,45	-0,01	0,009	-0,045
4	8,05	7,97	7,8	-0,17	0,010	-0,048
5	8,56	8,48	8,45	-0,03	0,009	-0,018
6	9,06	8,97	8,95	-0,02	0,010	-0,043
7	9,51	9,50	9,42	-0,08	0,001	0,044
8	10,10	9,92	9,91	-0,01	0,018	-0,117
9	10,57	10,46	10,50	0,04	0,010	-0,040
10	11,02	10,97	10,45	-0,52	0,005	0,027
11	11,56	11,54	11,48	-0,06	0,002	0,065
12	12,04	11,98	11,93	-0,05	0,005	0,032
13	12,51	12,40	12,50	0,10	0,009	-0,011
14	13,00	12,98	12	-0,98	0,002	0,087
15	13,51	13,44	12,97	-0,47	0,005	0,044
16	14,14	14,05	13,52	-0,53	0,006	0,034
17	14,56	14,43	14,48	0,05	0,009	0,000
$\Sigma$	179,24	178,05	175,17	(2,88)	0,12	
Rata-rata	10,55	10,47	10,3	(0,17)	0,01	

**Tabel E.3** Data Kalibrasi Tegangan Load

No.	Pembacaan Standart (V)	Pemb. Alat (V)	Koreksi (V)	SR
1	6,56	6,555	0,005	0,00426
2	7,02	7,001	0,019	0,00475
3	7,53	7,476	0,054	0,00854
4	8,05	7,964	0,086	0,01271
5	8,56	8,474	0,086	0,01025
6	9,06	9,055	0,005	0,00008
7	9,51	9,502	0,008	0,00000
8	10,10	10,095	0,005	0,00021
9	10,57	10,534	0,036	0,00004
10	11,02	11,008	0,012	0,00079

11	11,56	11,54	0,020	0,00104
12	12,04	12,035	0,005	0,00338
13	12,51	12,506	0,004	0,00486
14	13,00	12,932	0,068	0,00028
15	13,51	13,488	0,022	0,00550
16	14,14	14,087	0,053	0,00329
17	14,5	14,488	0,012	0,01134
$\Sigma$	179,24	178,74	0,500	0,0713
Rata-rata	10,54	10,51	0,03	0,0042

**LAMPIRAN F**  
**DATA PENGUJIAN CHARGING/DISCHARGING**

**Tabel F.1** Data Pengujian Discharging

Waktu	% Bat.	Load			V. Baterai	Daya Bat.
		Tegangan	Arus	Daya		
00.00	90	-	-	-	13,2	122
00.15	89	13	0,82	10,66	13,17	120
00.30	89	13	0,80	9,2	13,16	119
00.45	88	12,96	0,69	9	13,14	119
01.00	88	13	0,68	8,8	13,12	118
01.15	87	12,97	0,66	8,5	13,11	117
01.30	87	12,99	0,87	11,3	13,1	117
01.45	86	12,93	0,80	10,3	13,07	116
02.00	86	12,95	0,73	9,4	13,06	115
02.15	85	12,92	0,69	8,9	13,05	115
02.30	85	12,92	0,67	8,7	13,03	114
02.45	84	12,89	0,69	8,9	13,01	113
03.00	84	12,88	0,75	9,7	13	113
03.15	83	12,8	0,86	11	12,99	112
03.30	83	12,79	0,91	11,6	12,98	112
03.45	82	12,85	0,79	10,2	12,96	111
04.00	82	12,82	0,80	10,3	12,94	110
04.15	81	12,76	0,85	10,8	12,93	109
04.30	81	12,79	0,86	11	12,92	109
04.45	80	12,75	0,94	12	12,9	108
05.00	80	12,76	0,75	9,6	12,88	107
05.15	79	12,76	0,70	8,9	12,86	106
05.30	79	12,74	0,75	9,5	12,85	106
05.45	78	12,62	0,76	9,5912	12,84	102
06.00	78	12,54	0,94	11,7876	12,82	101
06.15	77	12,52	0,92	11,5184	12,81	100

06.30	77	12,49	1,02	12,7398	12,8	100
06.45	76	12,54	0,84	10,5336	12,78	99
07.00	76	12,49	0,94	11,7406	12,76	99
07.15	75	12,52	0,76	9,5152	12,75	98
07.30	75	12,49	1,02	12,7398	12,73	97
07.45	74	12,62	0,76	9,5912	12,72	97
08.00	74	12,52	0,86	10,7672	12,71	96
08.15	73	12,54	0,84	10,5336	12,69	96
08.30	73	12,51	0,92	11,5092	12,68	95
08.45	72	12,49	0,94	11,7406	12,66	94
09.00	72	12,49	1,02	12,7398	12,64	94
09.15	71	12,43	0,74	9,1982	12,63	93
09.30	71	12,42	0,63	7,8246	12,62	93
09.45	70	12,42	0,55	6,831	12,6	92
10.00	70	12,41	0,75	9,3075	12,59	92

**Tabel F.2** Data Tegangan Baterai Discharging

V. Baterai Alat	V. Baterai Multimeter	Error
13,2	13,11	0,09
13,17	13,05	0,12
13,16	13,03	0,13
13,14	13,02	0,12
13,12	13,02	0,1
13,11	13	0,11
13,1	13,01	0,09
13,07	12,97	0,1
13,06	12,95	0,11
13,05	12,94	0,11
13,03	12,94	0,09
13,01	12,89	0,12
13	12,9	0,1
12,99	12,88	0,11
12,98	12,88	0,1
12,96	12,87	0,09

12,94	12,84	0,1
12,93	12,82	0,11
12,92	12,82	0,1
12,9	12,81	0,09
12,88	12,78	0,1
12,86	12,77	0,09
12,85	12,75	0,1
12,84	12,75	0,09
12,82	12,72	0,1
12,81	12,7	0,11
12,8	12,68	0,12
12,78	12,66	0,12
12,76	12,64	0,12
12,75	12,63	0,12
12,73	12,62	0,11
12,72	12,61	0,11
12,71	12,6	0,11
12,69	12,58	0,11
12,68	12,57	0,11
12,66	12,56	0,1
12,64	12,55	0,09
12,63	12,54	0,09
12,62	12,52	0,1
12,6	12,5	0,1
12,59	12,49	0,1
Rata-rata error		0,104

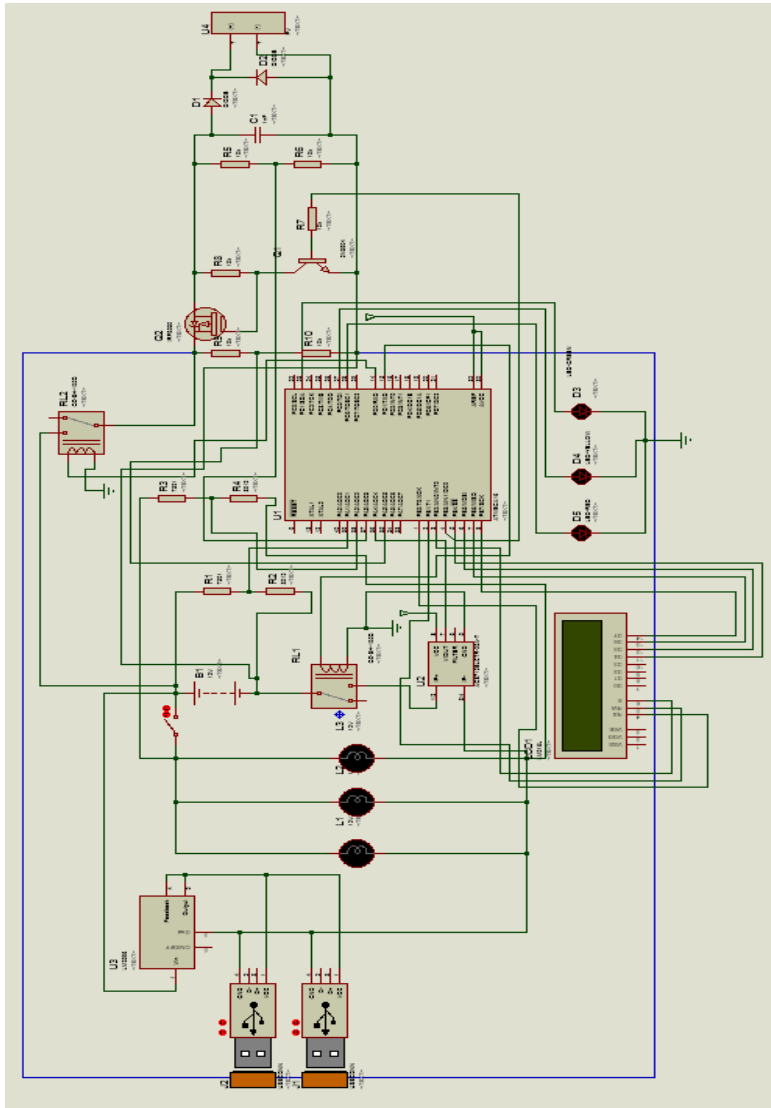
**Tabel F.3** Data Pengujian Charging

Waktu	Persen Baterai(open Circuit)	Tegangan Baterai(Open Circuit)
00.00	77	12,81
00.30	78	12,84
01.00	80	12,9
01.30	83	12,93
02.00	84	12,96
02.30	84	12,96
03.00	85	12,98

03.30	86	13,09
04.00	86	13,09
04.30	87	13,11
05.30	90	13,21
06.00	90	13,19
06.30	90	13,21
07.00	89	13,17
07.30	89	13,17

## LAMPIRAN G

### RANGKAIAN SIMULASI SOLAR CHARGER CONTROL DAN SISTEM MANAJEMEN BATERAI





## BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis adalah Aulia Mutiara Aminullah yang dilahirkan di Kota Surabaya pada tanggal 12 Desember 1997 dari ayah bernama Moch. Jusuf dan ibu bernama Harti. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Saat ini penulis tinggal di Kapas Baru 9/98 Kec. Tambak Sari, Surabaya, Jawa Timur. Pada tahun 2010, penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SDN Gading VIII Surabaya. Pada tahun 2012 penulis menyelesaikan pendidikan menengah pertama di MTs

Amanatul Ummah Surabaya. Pada tahun 2014 penulis menyelesaikan pendidikan menengah atas di MA Amanatul Ummah Surabaya. Pada tahun 2017, penulis mampu menyelesaikan gelar ahli madya di Program Studi DIII-Metrologi dan Instrumentasi, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **“RANCANG BANGUN SISTEM MANAJEMEN BATERAI PADA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA BERBASIS MIKROKONTROLER ATMEGA16”**. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran, atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini maka dapat menghubungi penulis melalui [atiara100@gmail.com](mailto:atiara100@gmail.com).