



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN *CHARGE CONTROLLER*
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA**

SKRIPSI

**FAIZAL ZUL ARDHI
0806365740**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JULI 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**RANCANG BANGUN *CHARGE CONTROLLER*
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA**

SKRIPSI

**DIAJUKAN SEBAGAI SALAH SATU SYARAT UNTUK
MEMPEROLEH GELAR SARJANA TEKNIK**

FAIZAL ZUL ARDHI

0806365740

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPOK
JULI 2011**

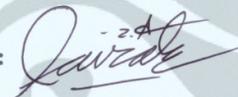
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**SKRIPSI INI ADALAH HASIL KARYA SAYA SENDIRI,
DAN SEMUA SUMBER BAIK YANG DIKUTIP MAUPUN DIRUJUK
TELAH SAYA NYATAKAN DENGAN BENAR**

NAMA : FAIZAL ZUL ARDHI

NPM : 0806365740

TANDA TANGAN:



TANGGAL : 6 Juli 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Faizal Zul Ardhi
NPM : 0806365740
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Rancang Bangun *Charge Controller* Pembangkit Listrik
Tenaga Surya

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Abdul Halim, M.Eng

Penguji : Dr. Ir. Feri Yusivar, M.Eng

Penguji : Dr. Ir. Ridwan Gunawan M.T

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 6 Juli 2011



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur alhamdulillah penulis ucapkan kehadiran Allah SWT atas rahmat dan petunjuk-Nya telah membimbing dalam mengambil keputusan perjalanan kehidupan.

Dengan bermodal ilmu yang dimiliki, tawakal, dan ikhtiar yang dilakukan akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “**RANCANG BANGUN *CHARGE CONTROLLER* PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA**” sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro di Universitas Indonesia.

Dalam penulisan laporan skripsi ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang tulus kepada pihak – pihak yang telah membantu dalam penyelesaian laporan ini.

1. Dr. Abdul Halim, M.Eng. sebagai dosen pembimbing yang telah memberikan petunjuk dan saran sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini.
2. Ibunda, ayahanda dan kakak-kakak tercinta yang senantiasa mendo'akan dan memberikan dukungan materil maupun moril.
3. Teman-teman yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini, alto belly, benson marnata situmorang, febi hadi permana, kurniawan dan lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu.
4. Ana Fauziah, yang selalu menghibur pada saat penulis sedang dilanda masalah dan memberikan dukungan moril dan material.

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT berkenan membalas semua dorongan, bantuan, dan bimbingan yang telah diterima dan semoga skripsi ini membawa manfaat dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 6 Juli 2011

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

SEBAGAI SIVITAS AKADEMIK UNIVERSITAS INDONESIA, SAYA YANG BERTANDA TANGAN DI BAWAH INI:

NAMA : FAIZAL ZUL ARDHI
NPM : 0806365740
PROGRAM STUDI : TEKNIK ELEKTRO
DEPARTEMEN : TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS : TEKNIK
JENIS KARYA : SKRIPSI

DEMI PENGEMBANGAN ILMU PENGETAHUAN, MENYETUJUI UNTUK MEMBERIKAN KEPADA UNIVERSITAS INDONESIA **HAK BEBAS ROYALTI NONEKSCLUSIF (NON-EXCLUSIVE ROYALTY- FREE RIGHT)** ATAS KARYA ILMIAH SAYA YANG BERJUDUL :

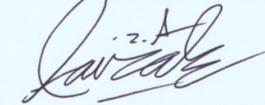
**RANCANG BANGUN *CHARGE CONTROLLER*
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA**

BESERTA PERANGKAT YANG ADA (JIKA DIPERLUKAN). DENGAN HAK BEBAS ROYALTI NONEKSCLUSIF INI UNIVERSITAS INDONESIA BERHAK MENYIMPAN, MENGALIH MEDIA/FORMATKAN, MENGELOLA DALAM BENTUK PANGKALAN DATA (*DATABASE*), MERAWAT, DAN MEMUBLIKASIKAN SKRIPSI SAYA TANPA MEMINTA IZIN DARI SAYA SELAMA TETAP MENCANTUMKAN NAMA SAYA SEBAGAI PENULIS/PENCIPTA DAN SEBAGAI PEMILIK HAK CIPTA.

DEMIKIAN PERNYATAAN INI SAYA BUAT DENGAN SEBENARNYA.

DIBUAT DI : DEPOK
PADA TANGGAL : 6 JULI 2011

YANG MENYATAKAN



(FAIZAL ZUL ARDHI)

ABSTRAK

Nama : Faizal Zul Ardhi
Program Studi : Teknik Elektro
Judul : RANCANG BANGUN *CHARGE CONTROLLER*

PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA SURYA

Penggunaan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui sudah mulai mengkhawatirkan. Pemerintah mulai menghimbau masyarakat untuk menggunakan sumber energi yang dapat diperbaharui, salah satunya yaitu energi matahari. Seiring waktu semakin banyak orang yang menggunakan alat yang dapat mengkonversi energi yang berasal dari matahari menjadi energi listrik yang dinamakan panel surya. Namun ketersediaan energi matahari terbatas hanya pada siang hari, maka dibutuhkan suatu alat yang dapat menyimpan energi pada baterai. Oleh sebab itu di rancang sebuah alat yang dapat mengisi energi listrik ke dalam baterai yang bersumber dari energi matahari agar energi listrik tersebut dapat dimanfaatkan pada malam hari. Dalam perancangannya, digunakan mikrokontroler ATmega16 yang memiliki PWM (*Pulse Width Modulation*) untuk digunakan sebagai sinyal pengisian energi listrik ke dalam baterai. Alat ini di rancang pula untuk dapat mengatur dari sumber energi listrik baterai atau energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya yang akan digunakan oleh beban.

Kata kunci : energi matahari, baterai, PWM, mikrokontroler ATmega16

ABSTRACT

Name : Faizal Zul Ardhi
Study Programme: Electrical Engineering
Title : DESIGN OF *CHARGE CONTROLLER* FOR SOLAR
ELECTRICITY GENERATOR

The use of natural resources that can not be updated already started worrying. Government began to urge people to use renewable energy sources, one of which is solar energy. Over time more and more people are using tools that can convert energy from the sun into electrical energy called solar panels. However, limited availability of solar energy during the day, it takes a device that can store energy in batteries. Therefore, in designing a device that can charge electric energy into the battery that comes from solar energy to electrical energy can be utilized at night. In its design, use atmega16 microcontroller which has a PWM (Pulse Width Modulation) for use as a charging signal of electrical energy into the battery. This tool is designed also to be able to adjust from the battery source of electrical energy or electrical energy generated by solar panels that will be used by the load.

Keywords: solar energy, battery, PWM, microcontroller ATmega16

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	1
1.3 Perumusan Masalah	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metode Penelitian	2
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TEORI DASAR	4
2.1 <i>Charger Controller</i>	4
2.1.1 <i>Tipe charger controller</i>	5
2.2 Panel Surya	5
2.3 PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>)	9
2.4 ADC (<i>Analog-to-Digital Converter</i>)	10
2.5 Relai	11
2.6 Mikrokontroler ATmega16	12
2.6.1 Blok Diagram ATmega16	13
2.6.2 <i>Pinout</i> ATmega16	14
2.6.3 Konfigurasi Pin	14
2.6.4 Memori ATmega16	16
2.6.4.1 Memori Program Flash	16
2.6.4.2 Memori Data SRAM	17
2.6.4.3 Memori Data EEPROM	18
2.6.5 Sistem <i>Clock</i> dan Pilihan <i>Clock</i>	18
2.6.6 CPU <i>Clock</i>	18
2.7 BASCOM AVR	20
2.7.1 Karakter Set	21
2.7.2 Tipe Data	22
2.7.3 Variabel	22
2.7.4 Operasi Aritmatik	23
BAB 3 PERANCANGAN DAN REALISASI	25
3.1 Tujuan Perancangan	25

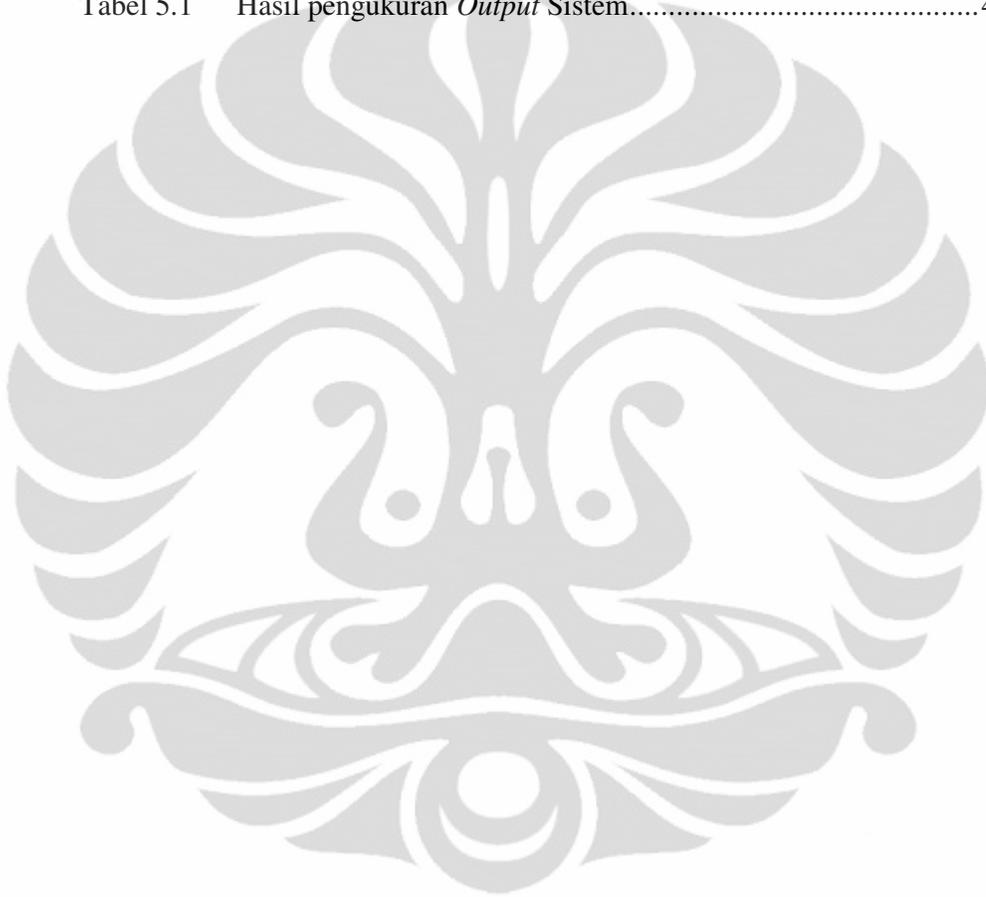
3.2	Langkah Perancangan.....	25
3.2.1	Fungsi Alat	25
3.2.2	Spesifikasi Alat.....	26
3.2.3	Diagram Blok Sistem.....	26
3.2.4	Gambaran Umum Cara Kerja Alat	27
3.2.5	Perancangan Perangkat Keras	28
3.2.6	Perancangan Perangkat Lunak.....	33
3.3	Realisasi Alat	35
3.3.1	Realisasi Perangkat Keras	35
3.3.2	Realisasi Perangkat Lunak	35
BAB 4 PENGUJIAN DAN ANALISA.....		36
4.1	Tujuan.....	36
4.2	Metoda Pengujian.....	36
4.3	Peralatan yang Digunakan	36
4.4	Pengujian Dan Analisa	36
4.4.1	Pengujian Mikrokontroler ATmega16	36
4.4.2	Pengujian Output ADC Mikrokontroler.....	37
4.4.3	Pengujian PWM Mikrontroler	39
4.4.4	Pengujian Pengisian Baterai <i>Charging</i>).....	39
4.4.5	Pengujian Rangkaian Pembagi Tegangan	41
4.4.6	Pengujian Sistem.....	42
4.4.7	Hasil Pengukuran <i>Output</i> Sistem.....	44
BAB 5 KESIMPULAN.....		46
DAFTAR PUSTAKA.....		47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Karakteristik pengisian Baterai / Aki per Cell	4
Gambar 2.2	Bahan material Semikonduktor tipe p dan n	6
Gambar 2.3	Proses penyerapan cahaya matahari pada sel surya.....	7
Gambar 2.4	Pembentukan pasangan elektron dan <i>hole</i> akibat cahaya matahari pada sel surya.....	8
Gambar 2.5	Contoh rangkaian lampu pada sel surya	9
Gambar 2.6	Pulsa keluaran PWM pada saat baterai penuh	9
Gambar 2.7	Pulsa keluaran PWM pada saat baterai akan habis.....	10
Gambar 2.8	Resolusi ADC 3 bit.....	11
Gambar 2.9	<i>Relay</i>	12
Gambar 2.10	Blok Diagram ATmega16.....	13
Gambar 2.11	<i>Pinout</i> ATmega16.....	14
Gambar 2.12	Peta Memori Program ATmega16.....	17
Gambar 2.13	Peta Memori Data ATmega16.....	17
Gambar 2.14	Distribusi <i>Clock</i>	18
Gambar 2.15	Tampilan jendela BASCOM AVR	20
Gambar 3.1	Diagram Blok Sistem	27
Gambar 3.2	Regulator 12V DC	28
Gambar 3.3	Rangkaian PWM (<i>Pulse Width Modulation</i>).....	29
Gambar 3.4	Rangkaian <i>Switch Control</i>	30
Gambar 3.5	ATmega16.....	31
Gambar 3.6	Sistem minimum ATmega16	32
Gambar 3.7	Diagram Alir Sistem Keseluruhan.....	34
Gambar 4.1	Listing Program Cek Pin Mikrokontroler	37
Gambar 4.2	Listing Program Cek ADC Mikrokontroler	38
Gambar 4.3	Listing Program Cek PWM Mikrokontroler	39
Gambar 4.4	Grafik Antara Tegangan Baterai (<i>V Battery</i>) dengan <i>Output Charger</i> (<i>Output Charger</i>)	41
Gambar 4.5	Rangkaian Pembagi Tegangan	42
Gambar 4.6	Sistem Keseluruhan <i>Charger Controller</i>	43

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Pilihan Sumber <i>Clock</i>	20
Tabel 2.2	Karakter yang Memiliki Fungsi Khusus.....	21
Tabel 2.3	Operator relasional pada BASCOM.....	23
Tabel 2.4	Operator logika pada BASCOM	24
Tabel 4.1	Data pengujian pengisian baterai	40
Tabel 4.2	Data hasil pengukuran <i>Output</i> Sistem	44
Tabel 5.1	Hasil pengukuran <i>Output</i> Sistem.....	46



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui untuk di proses menjadi sumber energi listrik sudah memprihatinkan, dilihat dari ketersediaan dan polusi yang dihasilkan dari proses pembakarannya. Walaupun penggunaannya telah memprihatinkan, hal itu belum dapat memenuhi seluruh kebutuhan listrik khususnya pada daerah terpencil. Pada dasarnya masalah ini dapat diatasi dengan menggunakan sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui dan ramah lingkungan. Salah satu sumber energi yang dapat digunakan yaitu energi yang berasal dari sinar matahari. Untuk memperoleh energi listrik yang berasal dari sinar matahari dibutuhkan suatu alat yang dinamakan panel surya. Panel surya ini pun harus dilengkapi dengan suatu alat yang dapat mengatur aliran listrik ke beban dan mengisi ulang baterai sebagai energi listrik cadangan apabila sinar matahari tidak tersedia

Untuk mengatasi masalah di atas, maka alat ini perlu di realisasikan. Karena alat ini mampu mengisi ulang baterai yang digunakan sebagai sumber listrik cadangan. Sistem *charge* baterai menggunakan sistem PWM (*Pulse Width Modulation*). Alat ini juga otomatis mengatur aliran listrik dari panel surya atau baterai yang dapat digunakan oleh beban. Dengan menggunakan alat ini diharapkan dapat mengurangi penggunaan sumber daya alam yang tak dapat diperbaharui dan dapat membantu menyediakan kebutuhan listrik khususnya pada daerah terpencil.

1.2 Tujuan

Tujuan dibuatnya skripsi berjudul “Rancang Bangun *ChargeController* Pembangkit Listrik Tenaga Surya” selain memenuhi salah satu syarat untuk

menyelesaikan pendidikan Sarjana Teknik Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia juga untuk membuat suatu alat yang dapat mengontrol aliran listrik dari suatu pembangkit tenaga surya sehingga dapat memberikan tenaga listrik setiap saat.

1.3 Perumusan Masalah

Merancang suatu alat yang memiliki kemampuan sebagai berikut :

- Menyimpan energi listrik yang berasal dari panel surya pada sebuah baterai.
- Mengisi baterai dengan cara yang baik agar umur baterai lebih lama.

1.4 Batasan Masalah

Perancangan alat yang menggunakan mikrokontroler ATmega16 dari ATMEL sebagai pengendali utama. Uji coba alat hanya terbatas pada pengujian sederhana dan belum di uji pada pengujian yang lebih teliti dan canggih. Karena keterbatasan panel surya, maka saat uji coba digantikan dengan catu daya DC (Adaptor).

1.5 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penyelesaian skripsi ini adalah sebagai berikut :

- Studi Literatur
Mengumpulkan data-data yang diperlukan untuk membuat alat, mempelajari teori-teori dasar pembuatan alat sehingga diperoleh pengetahuan untuk memecahkan masalah selama pembuatan alat.
- Perancangan dan Realisasi Perangkat Keras
Melakukan perancangan alat dan percobaan-percobaan berdasarkan literatur untuk memperkirakan hasil pekerjaan alat apakah sesuai dengan tujuan pembuatan alat.

- Perancangan dan Realisasi Perangkat Lunak
Merancang algoritma dan *flowchart* sistem sesuai dengan urutan pelaksanaan kerja sistem serta merealisasikan algoritma dan *flowchart* dalam bahasa basic dengan menggunakan BASCOM (*Basic Compiler*) pada mikrokontroler.
- Realisasi Alat
Menggabungkan perangkat lunak dan perangkat keras sehingga alat dapat bekerja sesuai dengan tujuan yang diinginkan.
- Uji coba dan Analisa Hasil
Uji coba dan analisa hasil akhir dari alat ini secara keseluruhan.

1.6 Sistematika Penulisan

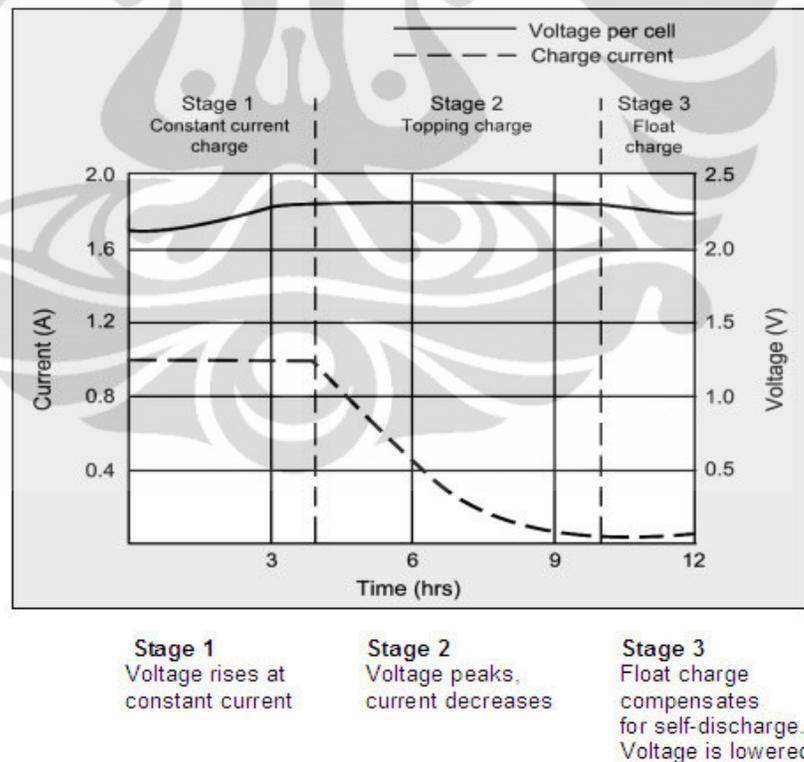
Sistematika penulisan dari tiap bab dalam laporan skripsi ini bertujuan untuk mendapatkan keterarahan/sistematikasi dalam penulisan sehingga mudah dipahami. Bab satu memberikan penjelasan tentang latar belakang, tujuan pembangunan alat, perumusan masalah, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan laporan skripsi ini. Bab dua menguraikan teori-teori dasar yang mendukung penyelesaian masalah dan pembuatan alat pada skripsi ini. Bab tiga menjelaskan tentang teori cara kerja alat dan tahapan-tahapan proses yang terjadi pada alat. Bab empat menjelaskan Langkah – langkah pengerjaan pembuatan alat diuraikan pada bab ini meliputi proses yang terjadi pada alat serta melihat hasil kerja alat. Bab lima membahas kesimpulan dari keseluruhan proses dan hasil yang terjadi pada pembuatan alat.

BAB II

TEORI DASAR

2.1. *Charger Controller*

Pada dasarnya *charger* adalah suatu alat yang digunakan sebagai pengisi ulang baterai atau tempat penyimpanan energi lainnya dengan melawan arus listriknya. Seiring 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. Karakteristik pengisian aki dapat dilihat sebagai berikut:



Gambar 2.1 Karakteristik pengisian Baterai / Aki per Cell

2.1.1 Tipe *charger controller*

- **Sederhana**

Charger dengan tipe sederhana bergantung pada relay atau *switching transistor* untuk mengontrol tegangan yang masuk ke baterai. Ketika telah mencapai batas atas tegangan yang telah ditentukan maka tegangan diputuskan dari baterai dan apabila telah mencapai batas bawah tegangan yang telah ditentukan maka tegangan disambungkan ke baterai.

- **Pulsa**

Tipe Pulsa adalah *charger* yang menggunakan teknologi *PWM (Pulse Width Modulation)* untuk mengisi kembali energi baterai. Cara kerjanya dengan mengirimkan pulsa-pulsa pengisian secara kontinyu ke baterai. Pulsa-pulsa yang dikirimkan cepat membentuk “On-Off” saklar. Secara konstan pengontrol secara konstan mengecek status baterai untuk mengetahui seberapa cepat mengirim pulsa dan seberapa lebar pulsa itu sendiri. Pada saat kondisi baterai telah penuh dan tanpa beban, lebar pulsa yang dikirim pendek sekali dengan rentang waktu pengiriman agak lama. Pada saat kondisi baterai kosong, pulsa-pulsa yang dikirim sangat lebar dengan rentang waktu yang cepat. Pengontrol mengecek kondisi pengisian baterai, mengatur pengiriman lebar pulsa dan kecepatan waktu pengiriman seiring penuhnya energi pada baterai.

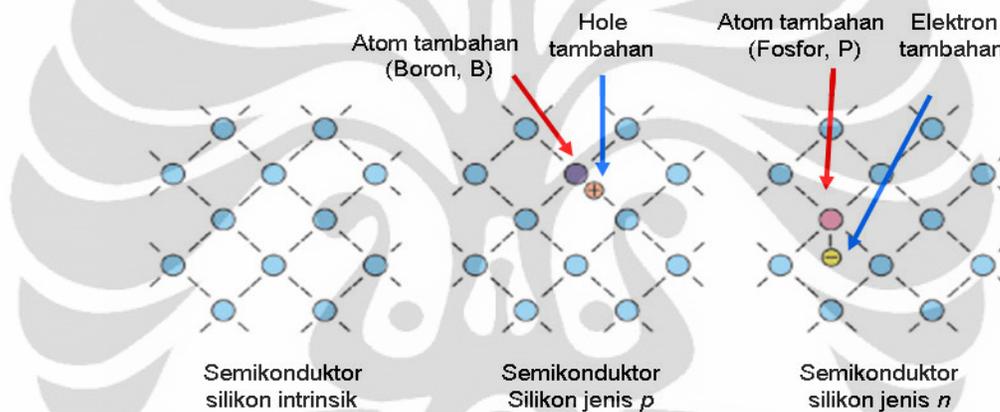
2.2 Panel Surya

Panel surya atau disebut juga *solar cell* adalah panel yang terdiri dari sel-sel surya atau *photovoltaic* yang menyerap energi dari sinar matahari dan mengubahnya menjadi energi listrik.

Proses perubahan atau konversi cahaya matahari menjadi listrik ini dimungkinkan karena bahan material yang menyusun sel surya berupa

semikonduktor. Lebih tepatnya tersusun atas dua jenis semikonduktor; yakni jenis n dan jenis p.

Semikonduktor jenis n merupakan semikonduktor yang memiliki kelebihan elektron, sehingga kelebihan muatan negatif, ($n = \text{negatif}$). Sedangkan semikonduktor jenis p memiliki kelebihan hole, sehingga disebut dengan p ($p = \text{positif}$) karena kelebihan muatan positif. Caranya, dengan menambahkan unsur lain ke dalam semikonduktor, maka kita dapat mengontrol jenis semikonduktor tersebut, sebagaimana diilustrasikan pada gambar di bawah ini.



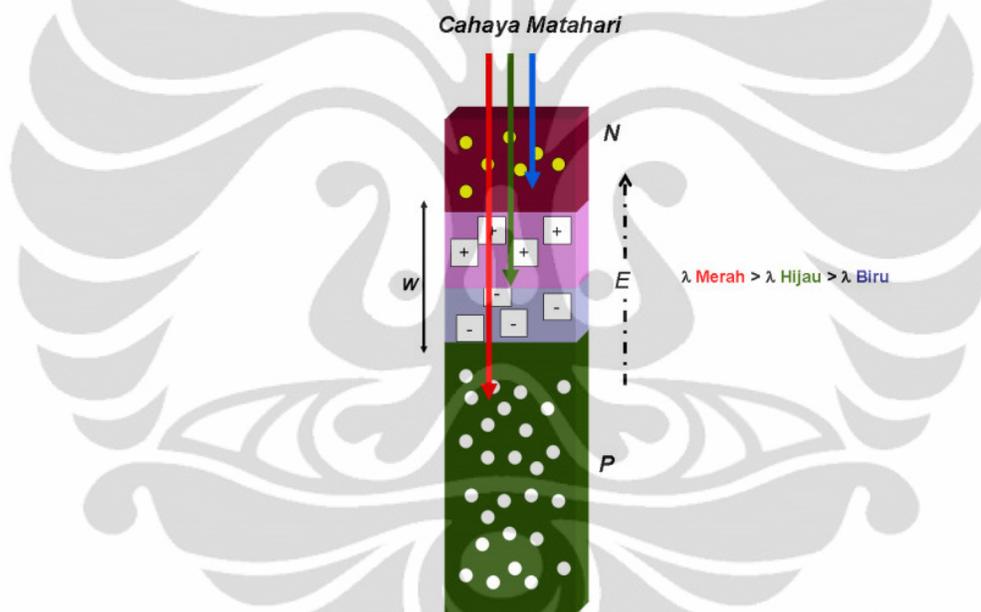
Gambar 2.2 Bahan material Semikonduktor tipe p dan n

Pada awalnya, pembuatan dua jenis semikonduktor ini dimaksudkan untuk meningkatkan tingkat konduktifitas atau tingkat kemampuan daya hantar listrik dan panas semikonduktor alami. Di dalam semikonduktor alami (disebut dengan semikonduktor intrinsik) ini, elektron maupun hole memiliki jumlah yang sama. Kelebihan elektron atau hole dapat meningkatkan daya hantar listrik maupun panas dari sebuah semikonduktor.

Misal semikonduktor intrinsik yang dimaksud ialah silikon (Si). Semikonduktor jenis p, biasanya dibuat dengan menambahkan unsur boron (B), aluminum (Al), gallium (Ga) atau Indium (In) ke dalam Si. Unsur-unsur tambahan ini akan menambah jumlah hole. Sedangkan semikonduktor jenis n dibuat dengan menambahkan nitrogen (N), fosfor

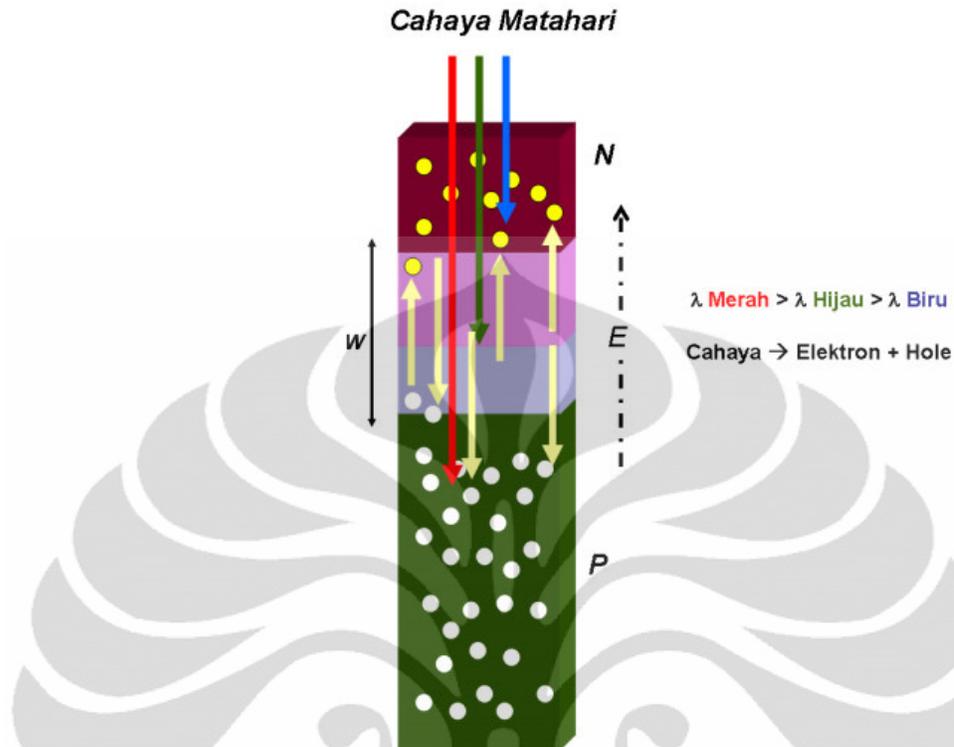
(P) atau arsen (As) ke dalam Si. Dari sini, tambahan elektron dapat diperoleh. Sedangkan, Si intrinsik sendiri tidak mengandung unsur tambahan. Usaha menambahkan unsur tambahan ini disebut dengan doping yang jumlahnya tidak lebih dari 1 % dibandingkan dengan berat Si yang hendak di-doping.

Untuk keperluan sel surya, semikonduktor n berada pada lapisan atas sambungan p yang menghadap ke arah datangnya cahaya matahari, dan dibuat jauh lebih tipis dari semikonduktor p, sehingga cahaya matahari yang jatuh ke permukaan sel surya dapat terus terserap dan masuk ke daerah deplesi dan semikonduktor p.



Gambar 2.3 Proses penyerapan cahaya matahari pada sel surya

Ketika sambungan semikonduktor ini terkena cahaya matahari, maka elektron mendapat energi dari cahaya matahari untuk melepaskan dirinya dari semikonduktor n, daerah deplesi maupun semikonduktor. Terlepasnya elektron ini meninggalkan hole pada daerah yang ditinggalkan oleh elektron yang disebut dengan fotogenerasi elektron-hole (electron-hole photogeneration) yakni, terbentuknya pasangan elektron dan hole akibat cahaya matahari.



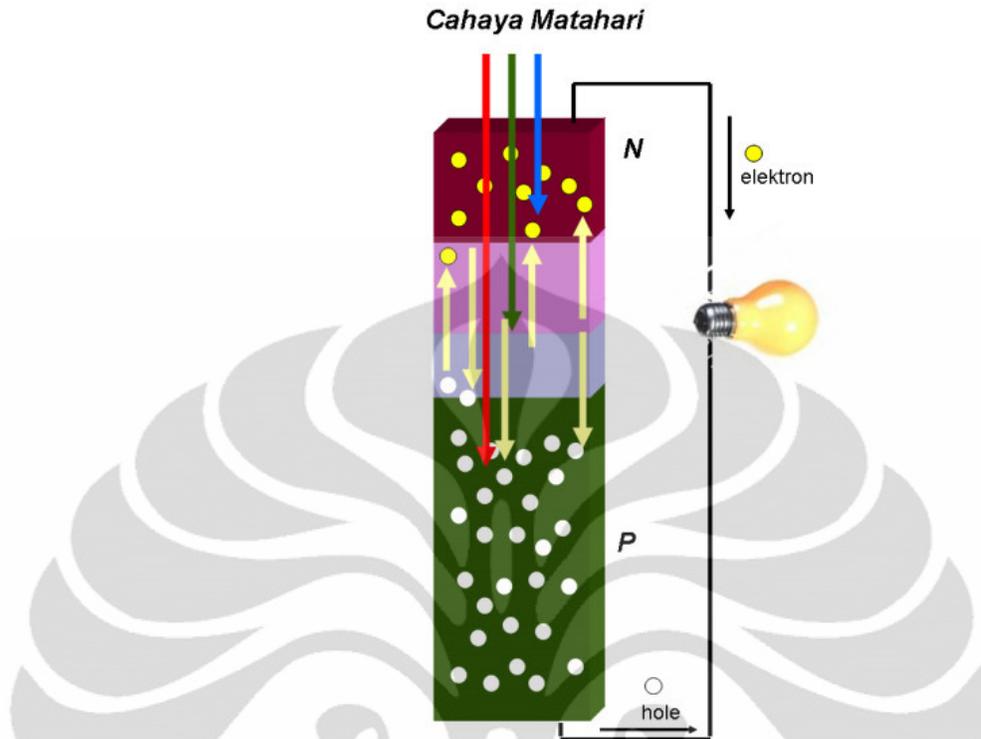
Gambar 2.4 Pembentukan pasangan elektron dan *hole* akibat cahaya matahari pada sel surya

Cahaya matahari dengan panjang gelombang (dilambangkan dengan simbol “lambda” pada gambar atas) yang berbeda, membuat fotogenerasi pada sambungan pn berada pada bagian sambungan pn yang berbeda pula.

Spektrum merah dari cahaya matahari yang memiliki panjang gelombang lebih panjang, mampu menembus daerah deplesi hingga terserap di semikonduktor p yang akhirnya menghasilkan proses fotogenerasi di sana. Spektrum biru dengan panjang gelombang yang jauh lebih pendek hanya terserap di daerah semikonduktor n.

Selanjutnya, dikarenakan pada sambungan pn terdapat medan listrik E, elektron hasil fotogenerasi tertarik ke arah semikonduktor n, begitu pula dengan hole yang tertarik ke arah semikonduktor p.

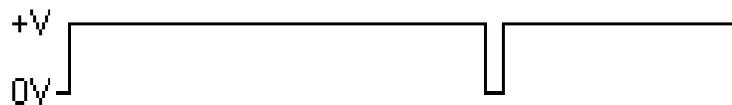
Apabila rangkaian kabel dihubungkan ke dua bagian semikonduktor, maka elektron akan mengalir melalui kabel. Jika sebuah lampu kecil dihubungkan ke kabel, lampu tersebut menyala dikarenakan mendapat arus listrik, dimana arus listrik ini timbul akibat pergerakan elektron.



Gambar 2.5 Contoh rangkaian lampu pada sel surya

2.3 PWM (*Pulse Width Modulation*)

PWM (*Pulse Width Modulation*) adalah suatu teknik modulasi yang mengatur lebar pulsa-pulsa keluaran. Pada mikrokontroler sumber pulsa dihasilkan melalui clock internal lalu dimodulasikan dengan gelombang yang dihasilkan dari pembangkit gelombang. Pada *charger controller* ini, pulsa yang dihasilkan diatur dengan menggunakan PWM melalui mikrokontroler agar dapat menyesuaikan dengan kondisi baterai yang akan di isi ulang seperti pada gambar berikut:



Gambar 2.6 Pulsa keluaran PWM pada saat baterai penuh

Pada saat kondisi muatan baterai penuh, intensitas tegangan yang dialirkan ke baterai sangat kecil bahkan hampir tidak ada tegangan yang dialirkan ke baterai.



Gambar 2.7 Pulsa keluaran PWM pada saat baterai akan habis

Pada saat kondisi muatan baterai akan habis, intensitas tegangan yang dialirkan ke baterai sangat besar bahkan tegangan yang dialirkan ke baterai hampir tidak ada putusnya.

2.4 ADC (*Analog-to-Digital Converter*)

ADC (*Analog-to-Digital Converter*) adalah pengubah masukan dalam bentuk analog menjadi digital. Pada umumnya ADC mengubah sebuah masukan tegangan atau arus ke bilangan biner yang dipresentasikan untuk mewakili besarnya tegangan atau arus masukan tersebut.

Parameter yang dibutuhkan oleh ADC ini yaitu resolusi, resolusi akan mengindikasikan berapa nilai diskrit yang dapat dihasilkan untuk mewakili dari nilai besaran analog yang diterima. Perhitungan resolusi menggunakan rumus berikut:

$$Q = \frac{E_{FSR}}{N}$$

Q = Resolusi

E_{FSR} = Full Scale Resolution

N = Interval tegangan masukan

$$E_{FSR} = E_{RefHi} - E_{RefLow}$$

E_{RefHi} = Nilai masukan atas

E_{RefLow} = Nilai masukan bawah

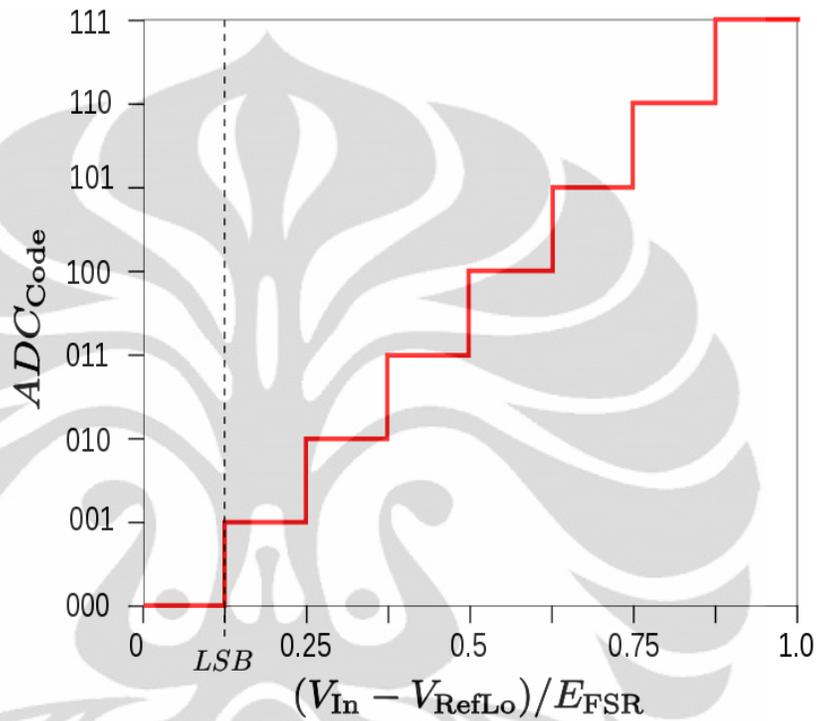
$$N = 2^M$$

M = Resolusi ADC dalam bit

Contoh:

Full scale = 0 V - 10 V

$$\begin{aligned}
 \text{Resolusi ADC} &= 3 \text{ bit} \\
 \text{Resolusi ADC} &= (10 \text{ V} - 0 \text{ V}) / \\
 &= 1 \text{ V} / 8 \\
 &= 0.125 \text{ V}
 \end{aligned}$$



Gambar 2.8 Resolusi ADC 3 bit

2.5 Relai

Relai adalah suatu peranti yang menggunakan elektromagnet untuk mengoperasikan seperangkat kontak sakelar. Susunan paling sederhana terdiri dari kumparan kawat penghantar yang dililit pada inti besi. Bila kumparan ini dienergikan, medan magnet yang terbentuk menarik armatur berporos yang digunakan sebagai pengungkit mekanisme sakelar.

Ada 4 tipe mode relai, yaitu:

- Normal terbuka. Kontak sakelar tertutup hanya jika relai dihidupkan.
- Normal tertutup. Kontak sakelar terbuka hanya jika relai dihidupkan.
- Tukar-sambung. Kontak sakelar berpindah dari satu kutub ke kutub lain saat relai dihidupkan.

- Bila arus masuk Pada gulungan maka seketika gulungan, maka seketika gulungan akan berubah menjadi medan magnet. gaya magnet inilah yang akan menarik luas sehingga saklar akan bekerja



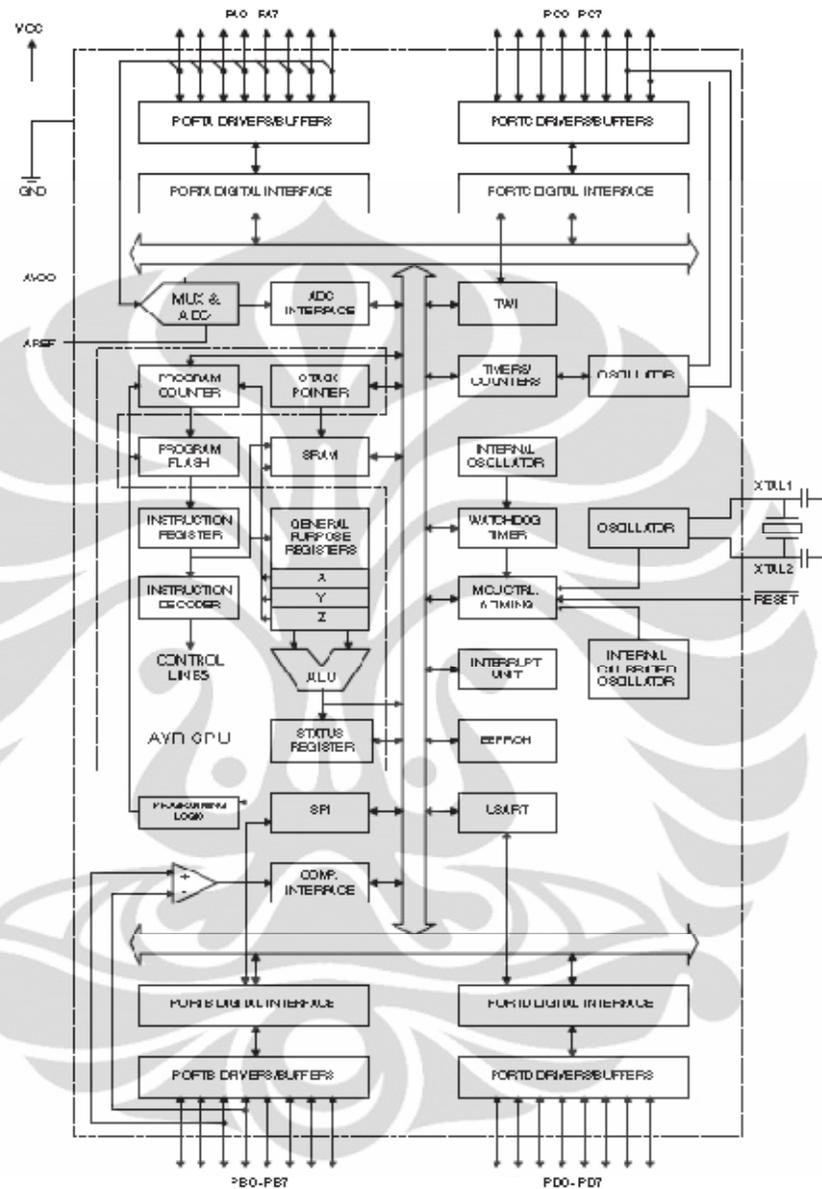
Gambar 2.9 Relay

2.6 Mikrokontroler ATmega16

Kontrol utama pada sistem ini menggunakan mikrokontroler ATmega16 yang merupakan bagian dari keluarga mikrokontroler CMOS 8-bit buatan Atmel. AVR mempunyai 32 register general-purpose, timer/counter fleksibel dengan mode compare, interrupt internal dan eksternal, serial UART, programmable Watchdog Timer, dan mode power saving. Beberapa dari mikrokontroler atmel AVR mempunyai ADC internal dan PWM internal. AVR juga mempunyai In-Sistem Programmable Flash on-chip yang memungkinkan memori program untuk diprogram berulang-ulang dalam sistem menggunakan hubungan serial SPI. Kelebihan dari ATmega16 sehingga digunakan sebagai kontrol utama adalah sebagai berikut :

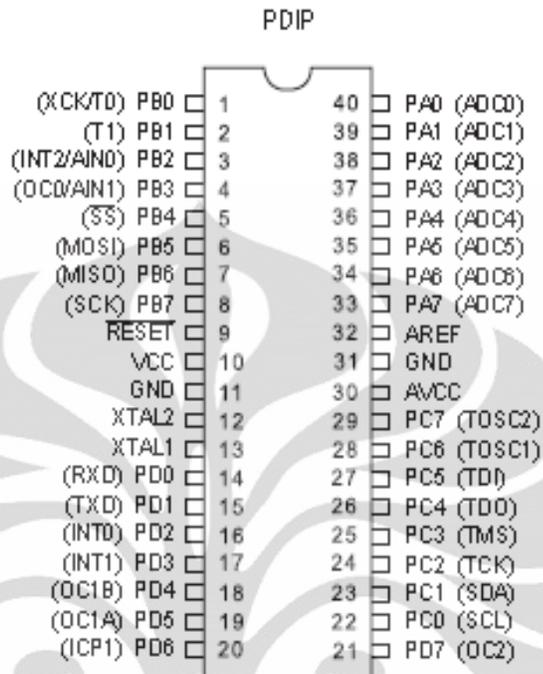
- Mempunyai performa yang tinggi (berkecepatan akses maksimum 16MHz) dan hemat daya
- Memori untuk program flash cukup besar yaitu 16K Byte
- Memori internal SRAM sebesar 1K Byte
- EEPROM sebesar 512 byte yang dapat diprogram saat operasi

2.6.1 Blok Diagram ATmega16



Gambar 2.10 Blok Diagram ATmega16

2.6.2 Pinout ATmega16



Gambar 2.11 Pinout ATmega16

2.6.3 Konfigurasi Pin

- **VCC (pin 7)**

Tegangan *supply* sebesar 4,5 – 5,5 Vdc untuk ATmega16 dan 2,7 – 5,5 Vdc untuk ATmega16L.

- **GND / ground (pin 8 dan 22)**
- **Port A (PA7 s/d PA0)**

Port A berlaku sebagai *input* analog untuk ADC. Port A juga berlaku sebagai port *input-output* (I/O) 8 bit *bi-directional*, jika AC tidak digunakan. Pin port menyediakan resistor *pull-up internal*. *Output* buffer port A memiliki karakteristik kendali simetris di kedua kemampuan *sink* dan *source*. Ketika pin PA0 s/d PA7 digunakan sebagai *input* dan ditarik rendah dari luar, maka akan menjadi sumber arus jika resistor *pull-up internal* diaktifkan. Pin port A adalah *tri-state* ketika kondisi *reset* aktif, bahkan ketika *clock* tidak bekerja.

- **Port B (PB7 s/d PB0)**

Port B juga berlaku sebagai port *input-output* (I/O) 8 bit bi-directional dengan resistor *pull-up internal* . *Output* buffer port B memiliki karakteristik kendali simetris di kedua kemampuan *sink* dan *source*. Ketika pin PB0 s/d PB7 digunakan sebagai *input* dan ditarik rendah dari luar, maka akan menjadi sumber arus jika resistor *pull-up internal* diaktifkan. Pin port B adalah *tri-state* ketika kondisi *reset* aktif, bahkan ketika *clock* tidak bekerja.

- **Port C (PC7 s/d PC0)**

Port C juga berlaku sebagai port *input-output* (I/O) 8 bit bi-directional dengan resistor *pull-up internal*. *Output* buffer port C memiliki karakteristik kendali simetris di kedua kemampuan *sink* dan *source*. Ketika pin PC0 s/d PC7 digunakan sebagai *input* dan ditarik rendah dari luar, maka akan menjadi sumber arus jika resistor *pull-up internal* diaktifkan. Pin port C adalah *tri-state* ketika kondisi *reset* aktif, bahkan ketika *clock* tidak bekerja.

- **Port D (PD7 s/d PD0)**

Port D juga berlaku sebagai port *input-output* (I/O) 8 bit bi-directional dengan resistor *pull-up internal* . *Output* buffer port D memiliki karakteristik kendali simetris di kedua kemampuan *sink* dan *source*. Ketika pin PD0 s/d PD7 digunakan sebagai *input* dan ditarik rendah dari luar, maka akan menjadi sumber arus jika resistor *pull-up internal* diaktifkan. Pin port D adalah *tri-state* ketika kondisi *reset* aktif, bahkan ketika *clock* tidak bekerja.

- **RESET**

Input reset. Level rendah pada pin ini dengan panjang lebih dari panjang pulsa minimum akan membangkitkan *reset*, bahkan ketika *clock* sedang bekerja.

- **XTAL1**
XTAL1 adalah *input* ke penguat osilator *inverting* dan *input* ke rangkaian operasi *clock internal*.
- **XTAL2**
XTAL2 adalah *output* dari penguat osilator *inverting*.
- **AVCC**
AVCC adalah pin tegangan supply untuk port A dan ADC. Harus dihubungkan ke VCC walaupun jika ADC tidak digunakan. Jika ADC digunakan harus dihubungkan ke VCC melalui sebuah *low-pass filter*.
- **AREF**
AREF adalah pin referensi analog untuk ADC.

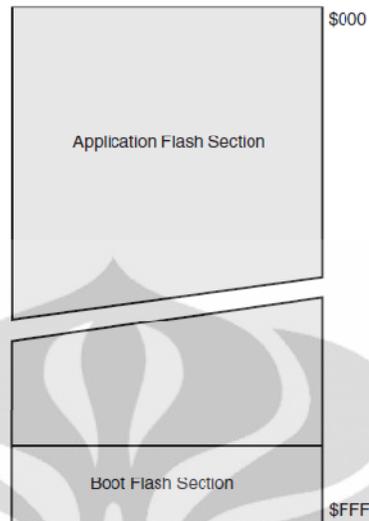
2.6.4 Memori ATmega16

Arsitektur AVR memiliki dua ruang memori utama yaitu memori data dan memori program. Sebagai tambahan ATmega16 juga memiliki memori EEPROM untuk penyimpanan data. Ketiga jenis ruang memori ini bersifat linier dan regular.

2.6.4.1 Memori Program Flash

ATmega16 memiliki *In-System reprogrammable flash memory* untuk penyimpanan program. Karena instruksi AVR memiliki lebar 16 atau 32 bit, maka flash diatur sebagai 4K x 16. Untuk keamanan software memori program flash dibagi kedalam dua bagian yaitu bagian boot program dan bagian program aplikasi.

Memori flash memiliki ketahanan sampai 10.000 kali tulis/hapus. Program Counter (PC) ATmega8 memiliki lebar 12 bit untuk mengamati sampai 4K lokasi memori program. Gambar 2.12 memperlihatkan peta memori program.



Gambar 2.12 Peta Memori Program ATmega16

2.6.4.2 Memori Data SRAM

Gambar 2.13 menunjukkan bagaimana memori SRAM ATmega16 diatur. 1120 lokasi memori data mengalami register *file*, memori I/O, dan data internal SRAM. 96 lokasi pertama mengalami register *file* dan memori I/O dan 1024 berikutnya mengalami data internal SRAM.

Register File		Data Address Space
R0		\$0000
R1		\$0001
R2		\$0002
...		...
R29		\$001D
R30		\$001E
R31		\$001F
I/O Registers		
\$00		\$0020
\$01		\$0021
\$02		\$0022
...		...
\$3D		\$005D
\$3E		\$005E
\$3F		\$005F
Internal SRAM		
		\$0060
		\$0061
		...
		\$045E
		\$045F

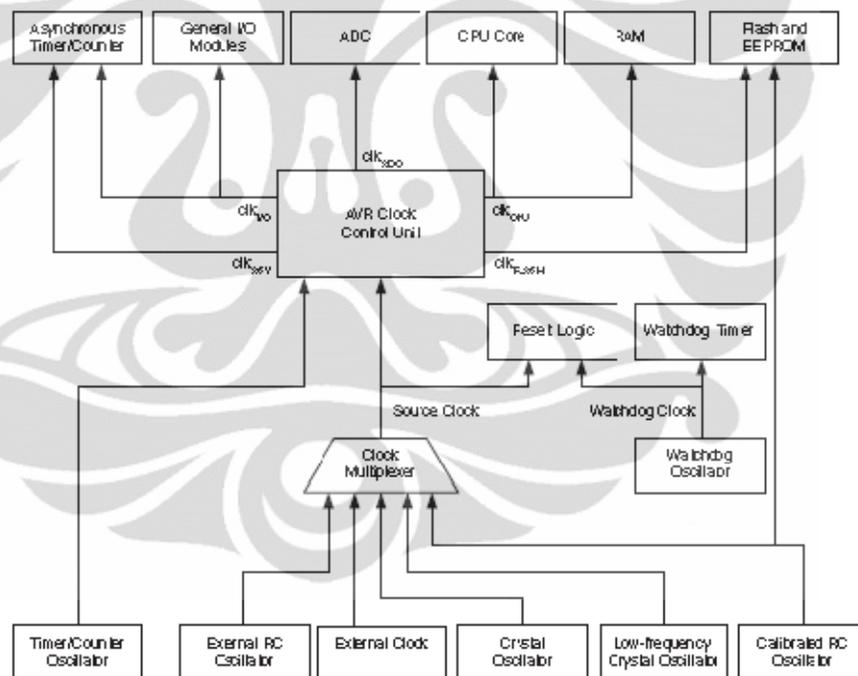
Gambar 2.13 Peta Memori Data ATmega16

2.6.4.3 Memori Data EEPROM

ATmega16 memiliki 512 byte memori data EEPROM. Diatur sebagai ruang data terpisah, dimana setiap byte tunggal dapat dibaca dan ditulis. EEPROM memiliki ketahanan paling tidak sampai 100.000 siklus baca/hapus.

2.6.5 Sistem Clock dan Pilihan Clock

Gambar 2.14 menunjukkan prinsip sistem clock dalam AVR dan distribusinya. Seluruh *clock* tidak harus aktif pada suatu waktu. Untuk mengurangi konsumsi daya maka *clock* untuk modul yang tidak dipakai dapat dihentikan menggunakan mode *sleep* yang berbeda.



Gambar 2.14 Distribusi Clock

2.6.6 CPU Clock

Clock CPU dihubungkan ke bagian dari sistem yang berhubungan dengan operasi inti AVR. Contoh dari modul tersebut adalah *General Purpose Register File*, Register Status dan memori

data yang menyimpan Stack Pointer (SP). Mematikan *clock* CPU akan menghentikan operasi umum dan perhitungan.

- **I/O Clock – $\text{clk}_{\text{I/O}}$**
Clock I/O digunakan oleh kebanyakan modul I/O seperti Timer/Counter, SPI dan USART. Clock I/O juga digunakan oleh modul interrupt, akan tetapi beberapa interrupt eksternal dideteksi oleh *logic asynchronous* sehingga interrupt seperti ini akan tetap terdeteksi meskipun I/O dimatikan.
- **Flash Clock- $\text{clk}_{\text{FLASH}}$**
Clock flash mengontrol operasi dari antar muka flash. Clock flash biasanya aktif bersamaan dengan clockCPU.
- **Asynchronous Timer Clock – clk_{ASY}**
Clock Timer/Counter *Asynchronous* menjadikan Timer/Counter *Asynchronous* dapat langsung dari crystal clock eksternal 32 KHz. Clock tersebut diperuntukan agar Timer/Counter ini dapat dijadikan sebagai *real-time counter* meskipun piranti sedang dalam mode *sleep*.
- **ADC Clock- clk_{ADC}**
Clock ini khusus diberikan untuk ADC. Hal ini memungkinkan menghentikan clock CPU dan I/O untuk mengurangi noise yang dihasilkan oleh rangkaian digital. Hal ini akan memberikan hasil konversi yang lebih akurat.
- **Sumber Clock**
Piranti ini memiliki beberapa sumber clock yang dapat dipilih melalui *Flash Fuse Bit* seperti pada tabel 2.1. Clock dari sumber yang dipilih dimasukkan ke dalam pembangkit clock AVR dan dihubungkan ke modul yang sesuai. Ketika CPU bangkit dari mode *power-down* atau *power-save*, sumber

clock terpilih dipakai untuk memberikan waktu *start-up*, memastikan operasi osilator yang stabil sebelum eksekusi intruksi dimulai. Ketika CPU mulai di *reset* ada tambahan *delay* untuk memberikan waktu pada sumber tegangan mencapai nilai yang stabil sebelum melakukan operasi normal.

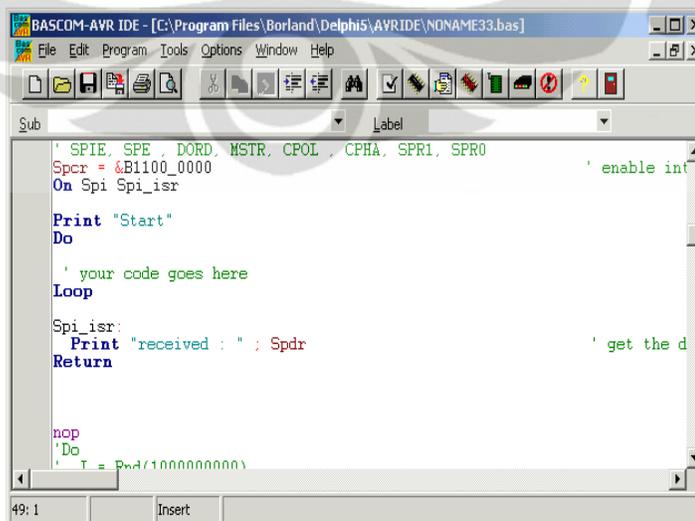
Tabel 2.1 Pilihan Sumber *Clock*

Device Clocking Option	CKSEL3..0
External Crystal/Ceramic Resonator	1111 - 1010
External Low-frequency Crystal	1001
External RC Oscillator	1000 - 0101
Calibrated Internal RC Oscillator	0100 - 0001
External Clock	0000

Note: 1. For all fuses "1" means unprogrammed while "0" means programmed.

2.7 BASCOM AVR

Untuk dapat memrogram mikrokontroler tersebut diperlukan sebuah software yang berfungsi untuk membuat program. software yang digunakan yaitu BASCOM AVR (Basic Compiler AVR). BASCOM AVR merupakan software yang berfungsi untuk membuat program bagi mikrokontroler AVR dengan bahasa pemrograman BASIC.



```

BASCOM-AVR IDE - [C:\Program Files\Borland\Delphi5\AVRIDE\NONAME33.bas]
File Edit Program Tools Options Window Help
Sub Label
' SPIE, SPE, DORD, MSTR, CPOL, CPHA, SPR1, SPR0
Spdr = &B1100_0000 ' enable int
On Spi Spi_isr
Print "Start"
Do
' your code goes here
Loop
Spi_isr:
Print "received : " ; Spdr ' get the d
Return
nop
'Do
' T = Pwd(1000000000)
49: 1 Insert

```

Gambar 2.15 Tampilan jendela BASCOM AVR

2.7.1 Karakter Set

Karakter set pada BASCOM terdiri dari karakter-karakter alfabet. Karakter angka dan karakter khusus. Karakter alfabet pada BASCOM meliputi semua karakter yang ada pada huruf alfabet mulai dari huruf besar (A-Z) dan huruf kecil (a-z). Karakter angka pada BASCOM yaitu 0-9 dan A-F untuk jenis bilangan heksa desimal. Ada beberapa karakter yang memiliki fungsi khusus pada BASCOM, antara lain :

Tabel 2.2 Karakter yang Memiliki Fungsi Khusus

Karakter	Nama
ENTER	Terminates input of a line
	Kosong (Spasi)
'	Single quotation mark (apostrophe)
*	Perkalian
+	Penjumlahan
,	Koma
-	Minus
.	Titik
/	Pembagian
:	Colon
"	Double quotation mark
;	Semicolon
<	Kurang dari

=	Sama dengan
>	Lebih dari
\	Pembagian untuk jenis bilangan integer/word
^	Eksponensial

2.7.2 Tipe Data

Setiap variabel pada BASCOM AVR memiliki sebuah tipe data yang akan menentukan dimana variabel tersebut disimpan. Tipe-tipe data yang ada pada BASCOM AVR antara lain :

- Bit (1/8 byte). Satu bit akan bernilai 1 atau 0. kumpulan dari 8 bit disebut Byte.
- Byte (1 byte). Byte menyimpan 8 bit bilangan biner yang bernilai 0 sampai dengan 255.
- Integer (2 bytes). Integer menyimpan 10 bit bilangan biner yang bernilai -32,768 hingga +32,767.
- Word (2 bytes). Word menyimpan 16 bit bilangan biner yang nilainya dari 0 hingga 65535.
- Long (4 bytes). Long menyimpan bilangan biner 32 bit yang bernilai 2147483648 hingga 2147483647.
- Single. Single menyimpan bilangan pecahan 32 bit mulai dari 1.5×10^{-45} to 3.4×10^{38}
- String (Hingga 254 byte). String disimpan sebagai byte.

2.7.3 Variabel

Variabel merupakan nama sebuah objek atau bilangan khusus. Variabel numerik dapat diartikan hanya nilai-nilai numerik (integer, byte, long, single atau bit). Contoh penggunaan variabel adalah sebagai berikut :

- **Variabel yang nilainya konstan:**
 $A = 5$
 $C = 1.1$
- **Variabel yang nilainya diambil dari variabel lain :**
 $abc = def$
 $k = g$
- **Variabel yang nilainya digabungkan dengan variabel lain atau konstanta melalui operator**
 $Temp = a + 5$
 $Temp = C + 5$
- **Variabel yang nilainya diambil dari sebuah fungsi**
 $Temp = Asc(S)$

2.7.4 Operasi Aritmatik

Operator yang biasa dipakai pada operasi aritmatika di BASCOM AVR adalah +, -, *, \, / dan ^. Contoh penggunaannya adalah sebagai berikut:

- **Pembagian bilangan integer menggunakan operator “\”**
 Contoh : $Z = X \setminus Y$
- **Modulo Arithmetic**
 Modulo arithmetic di sebut juga modulus operator MOD. Operasi ini akan menghasilkan bilangan sisa hasil pembagian bilangan integer.
 Contoh : $X = 10 \setminus 4$ sama dengan $10 \text{ MOD } 4$
- **Operator relasioanal**
 Operator relasional digunakan untuk membandingkan dua nilai, seperti yang ditunjukkan pada tabel dibawah ini :

Tabel 2.3 Operator relasional pada BASCOM

Operator	Keterangan
=	Sama dengan

<>	Tidak sama dengan
<	Kurang dari
>	Lebih besar dari
<=	Kurang dari sama dengan
>=	Lebih besar sama dengan

- **Operator Logika**

Operator logika digunakan untuk memanipulasi bit, atau melakukan operasi boolean.

Ada empat operator logika antara lain :

Tabel 2.4 Operator logika pada BASCOM

Operator	Keterangan
NOT	Logical complement
AND	Conjunction
OR	Disjunction
XOR	Exclusive or

BAB III

PERANCANGAN DAN REALISASI

Perancangan merupakan penuangan ide dan gagasan yang didasari oleh teori-teori dasar yang mendukung. Pada proses perancangan harus diperhatikan beberapa hal diantaranya:

1. Cara pemilihan komponen yang akan digunakan
2. Mempelajari karakteristik dan data fisiknya
3. Membuat rangkaian skematik dengan melihat fungsi-fungsi komponen.

3.1 Tujuan Perancangan

Tujuan tahap perancangan adalah untuk menyesuaikan alat yang akan direalisasikan dengan setiap ide dan gagasan yang diinginkan dengan menentukan tahap demi tahap proses pembangunan alat sehingga alat yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan.

3.2 Langkah Perancangan

Dalam proses perancangan diperlukan langkah-langkah perancangan yang terbagi dalam beberapa bagian, yaitu :

1. Menentukan fungsi alat
2. Menentukan spesifikasi alat
3. Menentukan diagram blok sistem.
4. Perancangan perangkat keras
5. Perancangan lunak

3.2.1 Fungsi Alat

Rancangan alat yang akan dibangun adalah pengisi ulang energi suatu baterai atau penyimpan energi cadangan lain yang bersumber dari energi matahari yang dikonversi menjadi energi listrik melalui panel surya. Teknologi yang digunakan untuk

pengisian baterai adalah PWM (*Pulse Width Modulation*) oleh mikrokontroler dimana energi yang diisikan ke baterai berbentuk pulsa-pulsa yang akan membentuk kondisi “On-Off” dengan memantau terus energi yang telah tersimpan ke dalam baterai.

Alat ini juga sebagai sumber energi listrik yang akan digunakan oleh beban yang bersumber dari energi matahari atau bersumber dari baterai.

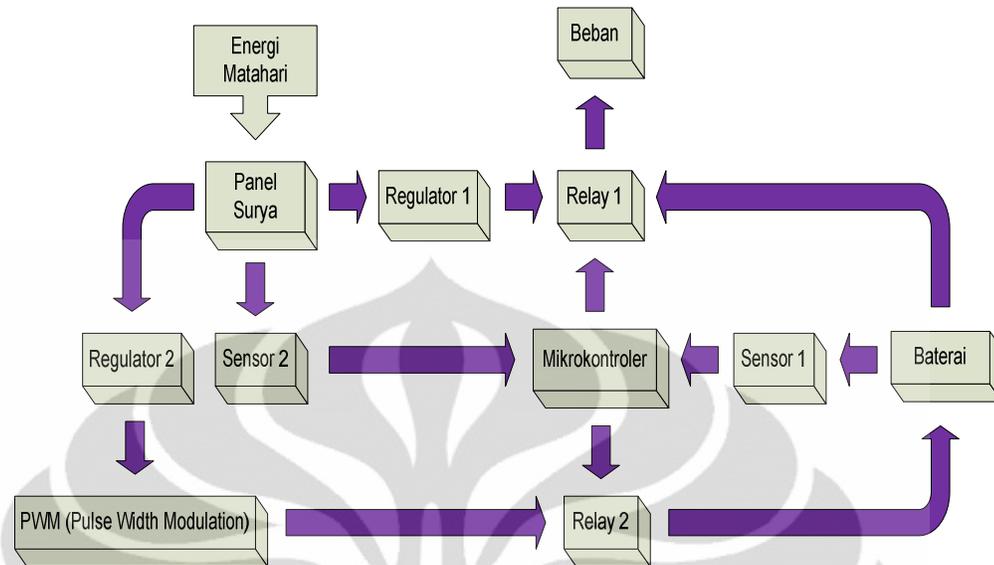
3.2.2 Spesifikasi Alat

Spesifikasi alat yang akan dibangun adalah sebagai berikut:

- Panel Surya : 12 Volt DC, 10 A Max
- Dimensi fisik : 18,5 x 11,5 x 8 cm (panjang x lebar x tinggi)
- Teknologi : PWM (*Pulse Width Modulation*)
- Pengendali/Kontrol : Mikrokontroler ATmega16
- Tegangan Output : 12 Volt DC 1 A
- Baterai / Accu : 12 V, 10 A Max

3.2.3 Diagram Blok Sistem

Rancangan diagram blok rangkaian secara keseluruhan dari sistem adalah sebagai berikut :



Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem

3.2.4 Gambaran Umum Cara Kerja Alat

Gambaran umum cara kerja alat dapat dijelaskan sebagai berikut:

Apabila baterai dalam keadaan kosong maka pulsa yang dikirimkan lebar dan dengan intensitas pengiriman cepat kemudian akan semakin menyempit dengan intensitas pengiriman semakin lama seiring jumlah energi yang telah tersimpan pada baterai hingga energi yang disimpan telah penuh.

Energi listrik yang dibutuhkan untuk beban berasal dari energi matahari yang telah di ubah oleh panel surya atau berasal dari baterai. Komponen yang mengontrol laju energi listrik tersebut adalah mikrokontroler. Mikrokontroler akan membaca tegangan pada baterai dan mendeteksi ketersediaan sinar matahari yang ditandai dengan adanya tegangan listrik 12V DC pada *output* panel surya. Ada beberapa kondisi pengaturan yaitu:

1. Ketika sinar matahari tersedia dan pembacaan tegangan baterai pada kondisi penuh maka beban akan memperoleh listrik yang bersumber dari *output* panel surya.

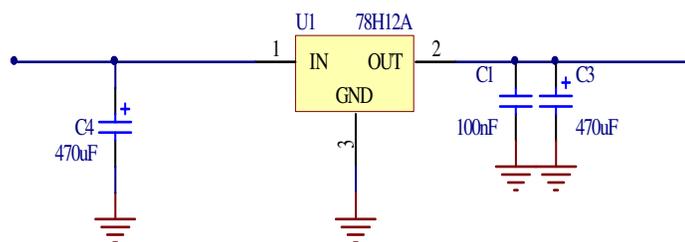
2. Ketika sinar matahari tersedia dan pembacaan tegangan baterai belum pada kondisi penuh maka beban akan memperoleh listrik yang bersumber dari baterai sementara listrik yang bersumber dari *output* panel surya melakukan isi ulang pada baterai.
3. Ketika sinar matahari tidak tersedia dan pembacaan tegangan baterai pada kondisi apapun maka beban akan memperoleh listrik yang bersumber dari baterai.

3.2.5 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras dilakukan per-blok fungsi agar mempermudah dalam pemeriksaan jika terjadi kesalahan.

- **Rangkaian Regulator**

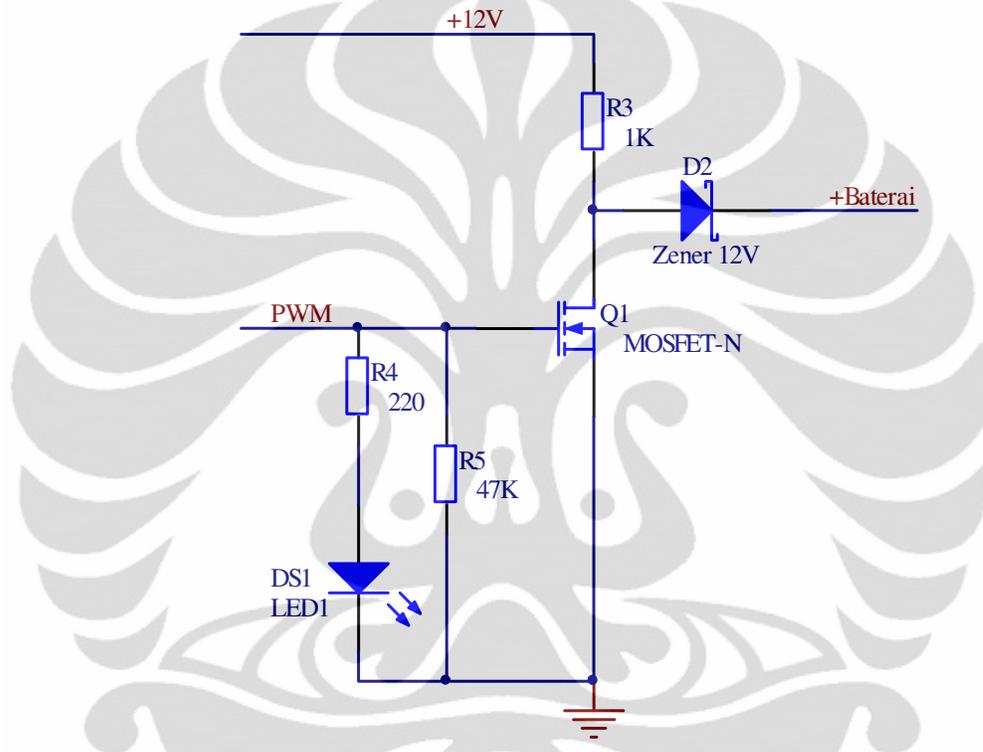
Rangkaian gambar 3.2 digunakan sebagai inverter DC-DC ke 12V DC. Komponen yang digunakan adalah IC Regulator 78H12A dengan penambahan beberapa kapasitor agar tagangan tetap stabil. Pada alat ini menggunakan dua buah rangkaian regulator 12V DC, satu buah digunakan untuk mengubah tegangan dari *output* panel surya agar tetap 12V DC yang akan diteruskan ke beban apabila baterai penuh dan saat sinar matahari tersedia lalu satu buah yang lain digunakan untuk mengubah tegangan dari *output* panel surya agar tetap 12V DC yang akan diteruskan dengan PWM (*Pulse Width Modulation*) sebagai sumber pengisi ulang baterai.



Gambar 3.2 Regulator 12V DC

- **PWM (Pulse Width Modulation)**

Rangkaian pada gambar 3.3 dirancang menggunakan switching MOSFET yang di kontrol oleh mikrokontroler melalui pengiriman pulsa-pulsa agar tercipta keadaan “On-Off” tegangan 12V DC yang dihubungkan ke baterai untuk pengisian ulang.



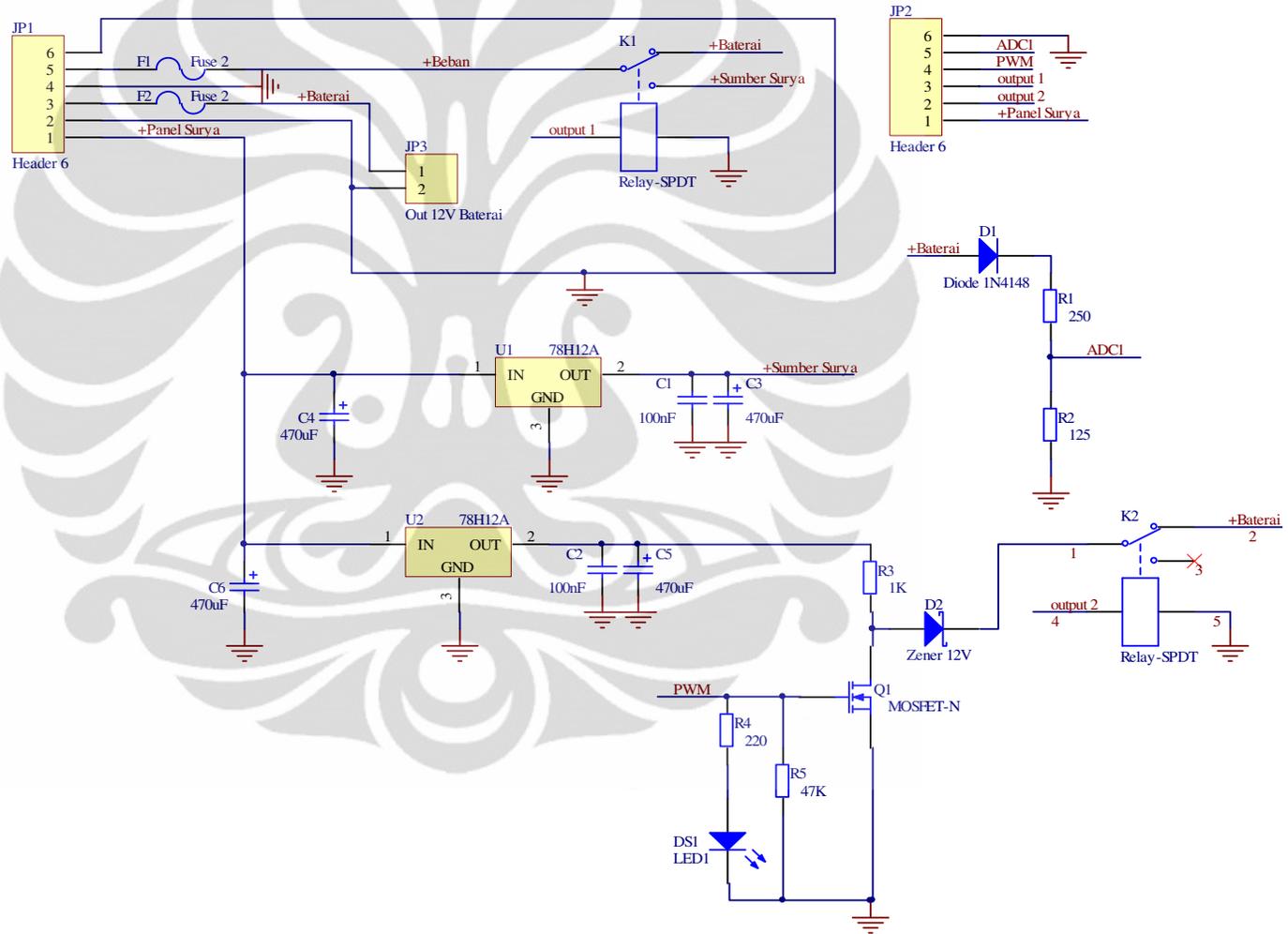
Gambar 3.3 Rangkaian PWM (*Pulse Width Modulation*)

- **Rangkaian *Switch Control***

Rangkaian ini mengatur dan mendeteksi apabila tegangan dari panel surya tersedia lalu mengatur relay yang menghubungkan antara beban dengan pilihan sumber tegangan dan baterai dengan tegangan *charge* PWM.

Didalam rangkaian driver *switch control* ini saling berkaitan antara pengisian baterai dan ketersediaan tegangan dari panel surya. Keterkaitan ini dikendalikan oleh mikrokontroler ATmega16.

Gambar 3.4 Rangkaian Switch Control

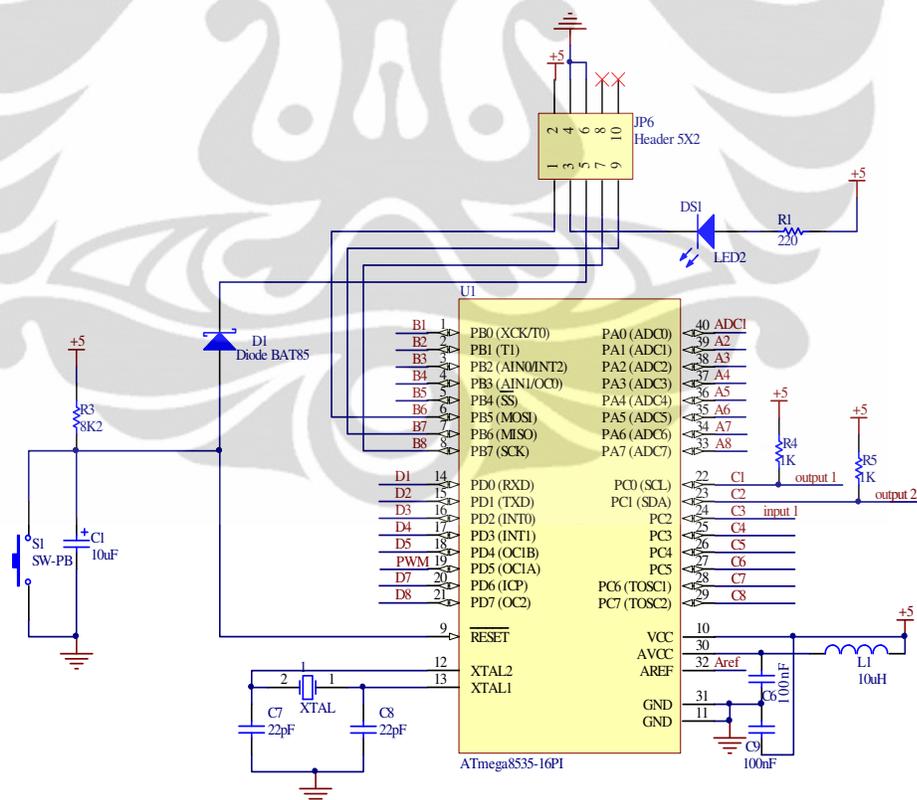


- **Mikrokontroler ATmega16**

Mikrokontroler yang digunakan adalah tipe ATmega16 dari keluarga AVR keluaran ATMEL. Pemilihan komponen ini karena memiliki spesifikasi:

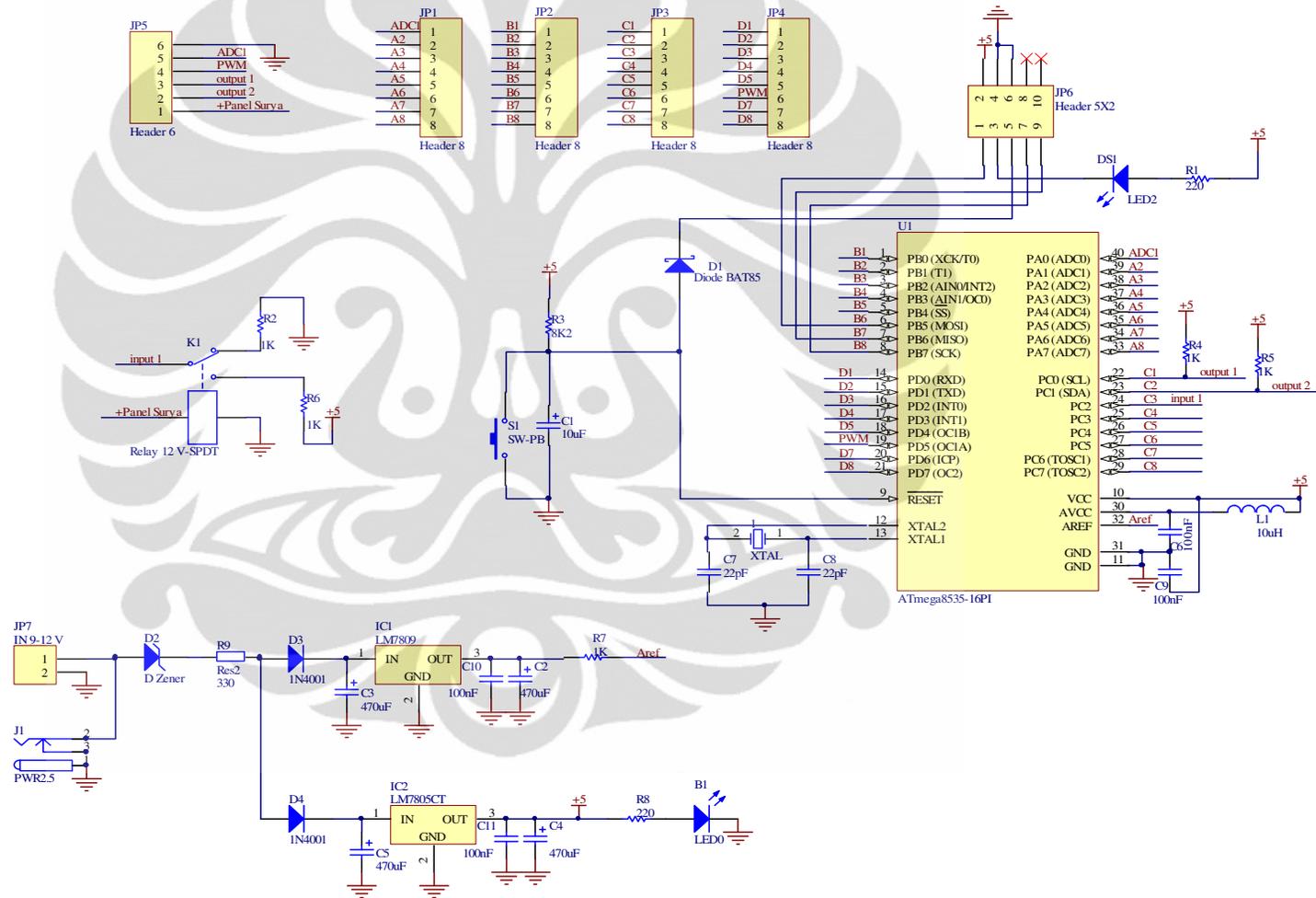
1. Memiliki *Program memory On-Chip* sebesar 16K Byte
2. 512 Byte EEPROM.
3. 1K Byte internal SRAM
4. Memiliki 32 port input/output sehingga sudah cukup untuk spesifikasi sistem yang dibuat.

Mikrokontroler berguna sebagai pengendali utama dari sistem yang dirancang. Rancangan sistem minimum mikrokontroler disesuaikan dengan alat yang akan dibuat.



Gambar 3.5 ATmega16

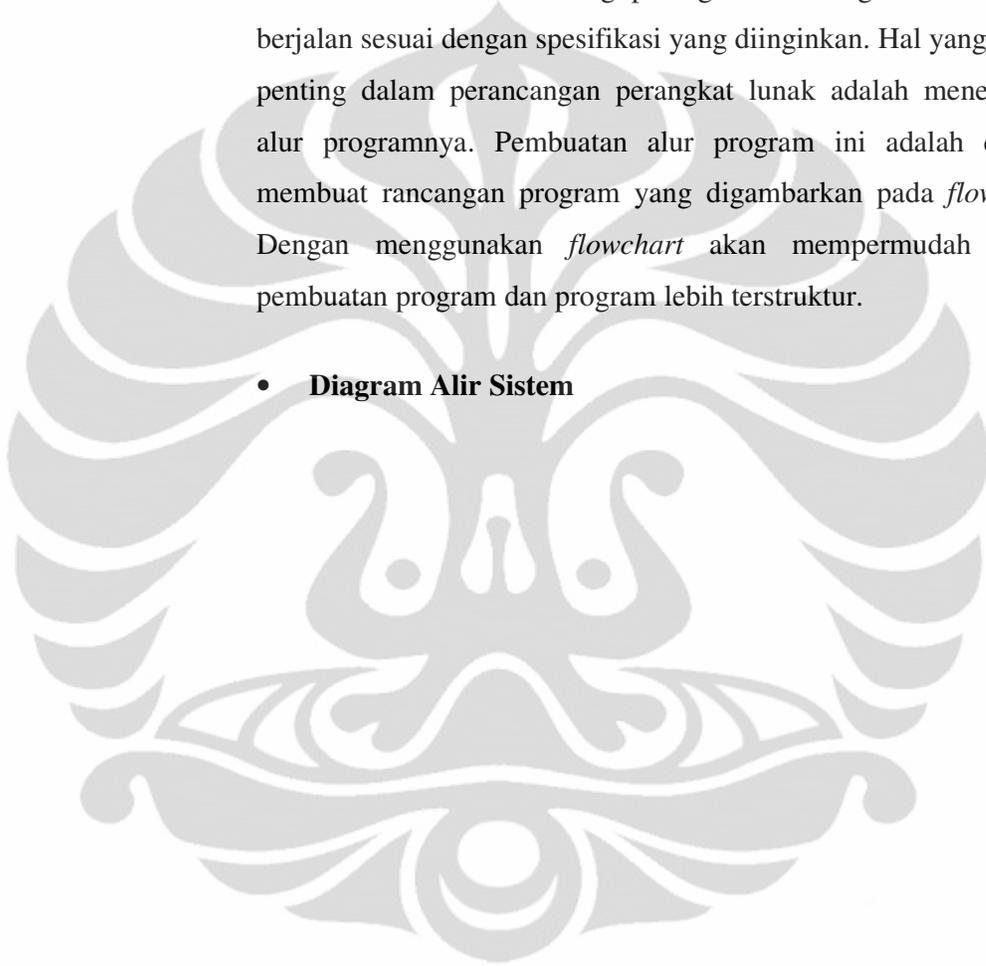
Gambar 3.6 Sistem minimum ATmega16

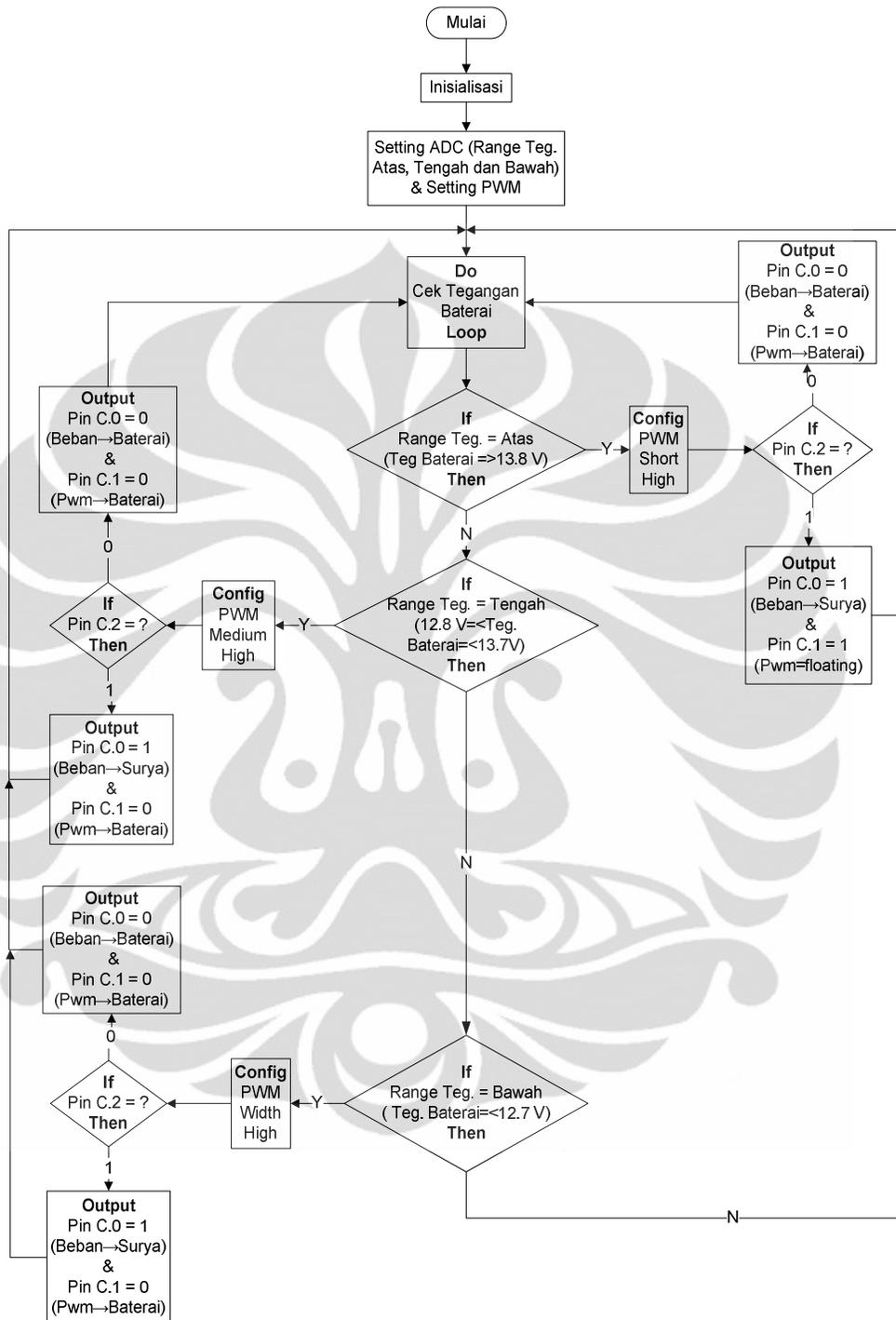


3.2.6 Perancangan Perangkat Lunak

Untuk suatu sistem yang berbasis mikrokontroler diperlukan adanya perangkat lunak atau program yang berfungsi untuk mengatur kerja dari sistem. Perancangan perangkat lunak dilakukan untuk mendukung perangkat keras agar sistem dapat berjalan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan. Hal yang paling penting dalam perancangan perangkat lunak adalah menentukan alur programnya. Pembuatan alur program ini adalah dengan membuat rancangan program yang digambarkan pada *flowchart*. Dengan menggunakan *flowchart* akan mempermudah dalam pembuatan program dan program lebih terstruktur.

- **Diagram Alir Sistem**





Gambar 3.7 Diagram Alir Sistem Keseluruhan

3.3 Realisasi Alat

3.3.1 Realisasi Perangkat Keras

Perealisasi perangkat keras ini meliputi:

1. Merangkai dan menguji rangkaian pada protoboard, PCB matrik, dan Sistem Minimum ATmega16.
2. Membuat gambar skematik dan layout PCB.
3. Pemeriksaan jalur-jalur yang dirangkai.
4. Pembuatan PCB.
5. Memeriksa jalur PCB yang telah dibuat, kemudian memasang komponen dan melakukan penyolderan.
6. Melakukan pengukuran dan pengecekan untuk mengetahui apakah sistem telah berfungsi dengan benar.
7. Mendesain *casing*.
8. Penempatan PCB ke dalam *casing*.

3.3.2 Realisasi Perangkat Lunak

1. Bahasa pemrograman yang dipakai adalah bahasa Basic.
2. Membuat dan menguji program dengan cara menyimulasikan dan mencoba pada Sistem Minimum.
3. Men-*download* program yang telah dibuat ke dalam mikrokontroler ATmega16 dengan menggunakan software Bascom AVR.
4. Menguji program pada hardware yang telah dibuat.
5. Listing program dapat dilihat pada lampiran.

BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA

4.1 Tujuan

Tujuan pengujian adalah untuk melihat kinerja alat yang telah direalisasikan melalui uji coba dan pengukuran. Uji coba dan pengukuran pada alat ini akan menghasilkan data yang akan dijadikan dasar dalam menentukan spesifikasi alat. Hasil pengukuran ini juga dapat dijadikan acuan dalam menganalisa serta menentukan kesalahan bila terjadi kerusakan pada alat tersebut.

4.2 Metoda Pengujian

Untuk menguji alat ini digunakan metoda pengujian dengan cara mengukur dan mengamati hasil *output* dari tiap – tiap bagian sistem alat ini. Dengan begitu akan diperoleh hasil yang sesuai antara bagian yang satu dengan bagian lainnya.

4.3 Peralatan yang Digunakan

- *Personal Computer / PC*
- *Multimeter Digital / Analog*
- *Catu Daya dan Baterai (Accu)*

4.4 Pengujian Dan Analisa

4.4.1 Pengujian Mikrokontroler ATmega16

Untuk melakukan pengujian pada mikrokontroler ATmega16 dilakukan dengan cara memberikan catu daya 5 Volt pada Sistem Minimumlalumemasang LED pada setiap pin *output* mikrokontroler ATmega16 dan men-*download* program di bawah ini:

```

Tes Port
-----
$regfile = "m16def.dat"
$crystal = 8000000

Config Porta = Output
Config Portb = Output
Config Portc = Output
Config Portd = Output

Dim A As Byte
Dim B As Byte

B = &B11111111
A = &B00000000

Do
  Porta = B
  Portb = B
  Portc = B
  Portd = B
  Wait 1

  Porta = A
  Portb = A
  Portc = A
  Portd = A
  Wait 1
Loop
End

```

Gambar 4.1 Listing Program Cek Pin Mikrokontroler

Setelah program di atas di *download* pada mikrokontroler ATmega16, lalu LED – LED yang telah dipasang pada pin *output* mikrokontroler akan menyala selama setengah detik dan akan mati selama setengah detik. Proses ini akan berlanjut terus – menerus.

4.4.2 Pengujian Output ADC Mikrokontroler

Untuk melakukan pengujian ADC mikrokontroler digunakan *Personal Computer / PC* yang telah dihubungkan melalui port serial dan ditampilkan melalui aplikasi Hyper Terminal. Pengujian ini berguna untuk memastikan bahwa ADC memberikan data *output* yang sesuai dengan data *input*.

```

$regfile = "m16def.dat"
$crystal = 4000000
$baud = 19200

'*****konfigurasi port*****

Config Pina.0 = Input
Config Pina.1 = Input
Config Pina.2 = Input
Config Pina.3 = Input
Config Pina.4 = Input
Config Pina.5 = Input
Config Pina.6 = Input
Config Pina.7 = Input

Config Adc = Single , Prescaler = Auto , Reference = Avcc
Start Adc

Dim Index As Word
Dim Adc1(50) As Word
Dim Ukur As Word

Do
For Index = 1 To 50
    Adc1(index) = Getadc(0)
    Ukur = Ukur + Adc1(index)
Next Index
Print Index
Loop

```

Gambar 4.2 Listing Program Cek ADC Mikrokontroler

Saat Mikrokontroler dimasukan listing program seperti di atas, *output* data yang dikeluarkan oleh ADC yaitu *range* angka antara 0-1024. Apabila port ADC diberikan tegangan 9V maka data *output* adalah 1024 dan jika port ADC diberikan tegangan 0V maka data *output* adalah 0. Hal ini terjadi karena melalui tegangan referensi 9V, ADC mikrokontroler akan membaginya dengan 1024 atau 10 bit sesuai dengan rumus berikut:

$$Q = \frac{E_{FSR}}{N}$$

Q = Resolusi

E_{FSR} = Full Scale Resolution

N = Interval tegangan masukan

$$E_{FSR} = E_{RefHi} - E_{RefLow}$$

E_{RefHi} = Nilai masukan atas

E_{RefLow} = Nilai masukan bawah

$$N = 2^M$$

M = Resolusi ADC dalam bit

4.4.3 Pengujian PWM Mikrokontroler

Pengujian PWM mikrokontroler dilakukan dengan cara memasukkan listing program berikut ke dalam mikrokontroler dan memberikan LED pada port PWM mikrokontroler yang digunakan

```

$regfile = "m16def.dat"
$crystal = 4000000
'$baud = 19200

Dim F As Byte

'Config Porta = Output
Config Portd = Output
Config Timer1 = Pwm , Prescale = 1024 , Pwm = 10 , Compare A Pwm = Clear Up , Compare B Pwm = Clear Down

Do

'Portd = &B11111110
'Compare1a = F
'F = Compare1a
'Pwm1a = 50

Pwm1a = 900

Loop

End

```

Gambar 4.3 Listing Program Cek PWM Mikrokontroler

Pada saat mikrokontroler dimasukkan listing program diatas maka *output* port PWM yang dihasilkan pulsa-pulsa yang lebarnya ditentukan dari hasil pembagian antara prescale = 1024 dengan pembagi 900.

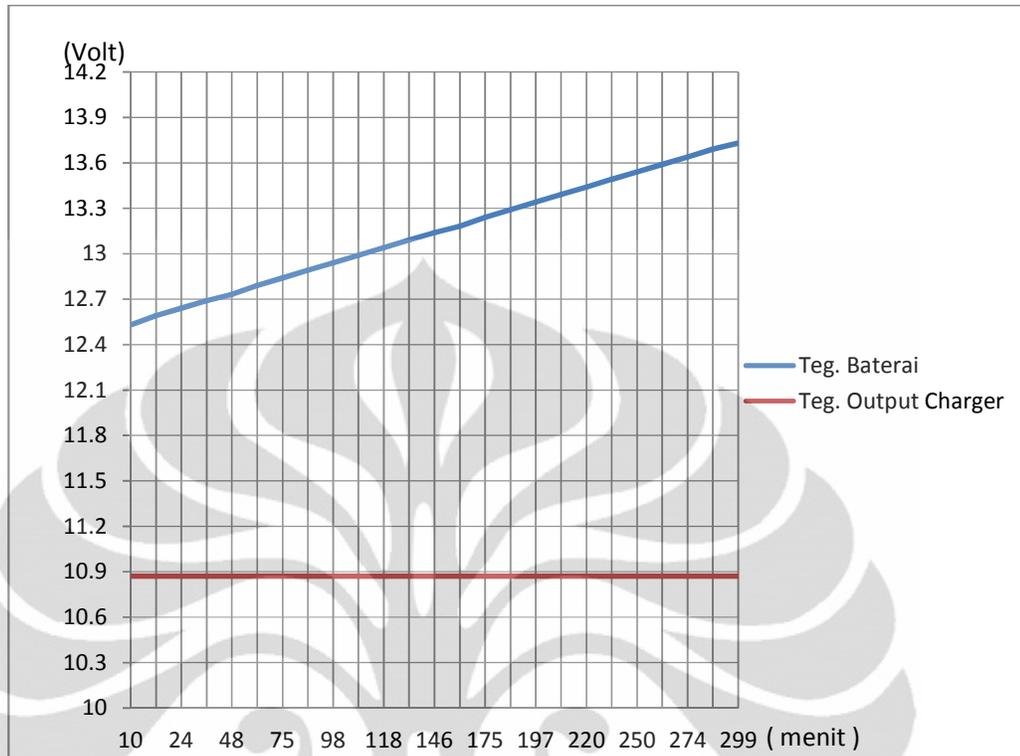
4.4.4 Pengujian Pengisian Baterai (*Charging*)

Pengujian pengisian baterai dilakukan pada saat baterai kosong dengan menggunakan baterai 12V. Sumber tegangan disimulasikan menggunakan catu daya 12V. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengisian baterai hingga penuh dan melihat perubahan besar tegangan baterai tersebut. Pada tabel 4.1 adalah data pengujian pengisian baterai.

Tabel 4.1 Data pengujian pengisian baterai

Teg. Baterai (V)	Teg. Output Catu Daya (V)	Waktu (m)	Teg. Output Charger (V)
12.53	12.87	10	10.87
12.59	12.87	17	10.87
12.64	12.87	24	10.87
12.69	12.87	35	10.87
12.73	12.87	48	10.87
12.79	12.87	60	10.87
12.84	12.87	75	10.87
12.89	12.87	89	10.87
12.94	12.87	98	10.87
12.99	12.87	108	10.87
13.04	12.87	118	10.87
13.09	12.87	131	10.87
13.14	12.87	146	10.87
13.18	12.87	161	10.87
13.24	12.87	175	10.87
13.29	12.87	187	10.87
13.34	12.87	197	10.87
13.39	12.87	207	10.87
13.44	12.87	220	10.87
13.49	12.87	235	10.87
13.54	12.87	250	10.87
13.59	12.87	262	10.87
13.64	12.87	274	10.87
13.69	12.87	286	10.87
13.73	12.87	299	10.87

- Teg. Baterai : Tegangan pada baterai / Aki
- Teg. Output Catu Daya : Tegangan pada output catu daya (Adaptor) yang digunakan sebagai pengganti panel surya
- Waktu (m) : Waktu pengambilan pengukuran
- Teg. Output Charger : Tegangan pada output regulator *charger* yang akan diteruskan ke baterai



Gambar 4.4 Grafik Antara Tegangan Baterai (*V Battery*) dengan *Output Charger* (*Output Charger*)

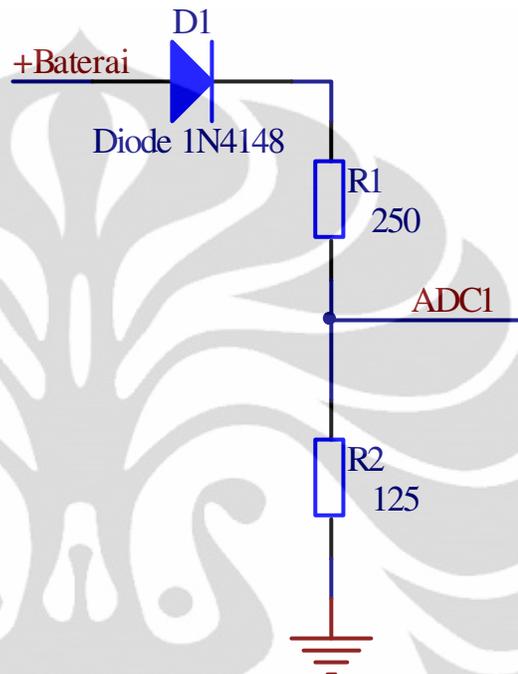
4.4.8 Pengujian Rangkaian Pembagi Tegangan

Rangkaian pembagi tegangan ini digunakan untuk membaca kondisi tegangan baterai seperti pada gambar 4.5. rangkaian ini dipasang untuk mengetahui tegangan pada baterai yang akan dibaca oleh ADC mikrokontroler

$$V_{Battery} = \frac{125}{125 + 250} \times 12V$$

Ketika proses *charging*, kondisi baterai dapat terbaca oleh mikrokontroller. Sehingga *charging* akan berhenti *men-charge* saat baterai terbaca sama dengan nilai V_{max} , dan ketika

baterai terbaca sama dengan nilai V_{min} maka *charging* akan mencharge kembali.



Gambar 4.5 Rangkaian Pembagi Tegangan

4.4.6 Pengujian Sistem

Pengujian ini dilakukan untuk menyatukan semua perangkat keras dan perangkat lunak. Pengujian ini dilakukan untuk memastikan sistem yang dibangun telah bekerja dengan baik, sesuai spesifikasi dan sebagai acuan jika terjadi kerusakan.

Pengujian dilakukan dengan konfigurasi seperti gambar di bawah ini:



Gambar 4.6 Sistem Keseluruhan *Charger Controller*

Pada saat catu daya pengganti panel surya dihubungkan ke system relai pada rangkaian sistem mikrokontroler ATmega16 akan otomatis ON karena mendeteksi adanya tegangan dari konektor input untuk panel surya lalu mikrokontroler meneruskan untuk mengaktifkan relai K1 apabila dilepas kembali, relai akan OFF kembali ke keadaan semula dan mikrokontroler akan menonaktifkan kembali relai K1. Akibat dari ON relai K1 maka beban langsung mendapatkan sumber listrik dari catu daya tersebut bukan lagi dari baterai seperti pada saat relai OFF.

Seiring relai mikrokontroler aktif, mikrokontroler akan membaca tegangan pada baterai pada saat itu apabila kosong relai K2 tetap dalam keadaan semula atau OFF dan mikrokontroler mengatur PWM yang akan digunakan sebagai sinyal pengisian baterai. Ada 3 kondisi pembacaan baterai, yaitu: Kondisi Atas (baterai penuh), kondisi Tengah (baterai setengah penuh), kondisi

Bawah (baterai hampir kosong). Pada saat kondisi baterai penuh tegangan yang diberikan ke baterai hampir tidak ada, saat kondisi baterai setengah penuh tegangan yang diberikan ke baterai memiliki pulsa-pulsa OFF dan ON dibagi 2 rata dan pada saat baterai hampir kosong, tegangan yang diberikan ke baterai hampir selalu ON.

4.4.7 Hasil Pengukuran *Output* Sistem

Pada hasil pengukuran *Output* dari alat ini untuk melihat alat ini bekerja sebagaimana mestinya.

Tabel 4.2 Data hasil pengukuran *Output* Sistem

+Batt (V)	+Solar (V)	+Regulator (V)	+Load (V)
12.44	0	0	12.44
12.44	12.93	11.63	11.63
12.88	12.93	11.63	11.63

Data di atas menunjukkan ketika saat kondisis baterai telah terhubung pada alat ini dan tegangan dari panel surya 0 Volt, *output* pada +Load terukur sebesar 12.44 Volt sama dengan tegangan pada baterai. Hal ini membuktikan bahwa beban yang akan dihubungkan pada alat ini akan mendapat tegangan yang bersumber dari baterai dan ini menunjukkan relai pada rangkaian mikrokontroler masih belum aktif.

Pada kondisi baterai telah terhubung dan tegangan dari panel surya tersedia, *output* pada +Load terukur 11.63 Volt sama dengan tegangan *output* regulator U1. Hal ini membuktikan bahwa beban yang akan dihubungkan pada alat ini akan mendapat tegangan yang bersumber dari panel surya dan telah diregulasi oleh regulator U1 dan ini menunjukkan relai pada rangkaian mikrokontroler telah aktif

karena adanya tegangan dari panel surya dan relai K1 telah aktif pula dengan men-*switch* sumber tegangan untuk beban.



BAB V

KESIMPULAN

- Tegangan yang dihasilkan oleh *output charger* tidak sepenuhnya 12V, ini dikarenakan adanya drop tegangan oleh hambatan rangkaian Switch Controller dan *output* regulator yang tidak murni 12V
- Tegangan sumber untuk mikrokontroler harus selalu tersedia, apabila tidak tersedia maka sistem tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya
- Tegangan yang diberikan ke baterai saat proses *charging* akan selalu dijaga konstant dan disesuaikan dengan tegangan baterai sehingga baterai tidak cepat rusak dan akan berumur lama.
- Sistem ini masih belum dapat mengatur *range* tegangan pada baterai dari tegangan pada saat kosong sampai penuh secara otomatis untuk baterai yang berbeda-beda.
- Hasil pengukuran pada alat adalah sebagai berikut:

Tabel 5.1 Hasil pengukuran *Output* Sistem

+Batt (V)	+Solar (V)	+Regulator (V)	+Load (V)
12.44	0	0	12.44
12.44	12.93	11.63	11.63
12.88	12.93	11.63	11.63

Dari tabel 5.1 di atas membuktikan bahwa relay mikrokontroler, K1 dan K2 telah berfungsi dengan baik

DAFTAR PUSTAKA

Heryanto, Ary dan Wisnu, Adi. 2008.” Pemrograman Bahasa C Untuk Mikrokontroler ATMEGA8535”. Yogyakarta: Andi

http://batteryuniversity.com/learn/article/charging_the_lead_acid_battery

<http://energisurya.wordpress.com/2008/07/10/melihat-prinsip-kerja-sel-surya-lebih-dekat/>

http://en.wikipedia.org/wiki/Analog-to-digital_converter

<http://id.wikipedia.org/wiki/Relai>

http://tokoonlineindonesia.blogdetik.com/files/2010/05/solar_panel.jpg

http://www.electronics-tutorials.ws/transistor/tran_4.html

http://www.supplierlist.com/photo_images/74906/Communication_Relay.jpg

Putra, Agfianto Eko.2002.”Teknik Antarmuka Komputer: Konsep dan Aplikasi”. Yogyakarta: Graha Ilmu

Sutrisno (1986). ”Elektronika: Teori dasar dan penerapannya, Jilid 1”. Bandung: ITB

Tocci, Ronald J., 1995. ”Digital Systems Principles and Applications (Sixth Edition)”, New Jersey : Prentice-Hall International

Wardhana, Lingga. 2006. “Belajar Sendiri Mikrokontroler AVR seri ATmega 8535 dengan Simulasi Hardware dan Aplikasinya”. Jogja: Andhi.