

**PERANCANGAN *CHARGE CONTROLLER* UNTUK *BICYCLE*  
*POWER GENERATOR* PADA INSTALASI LISTRIK *DC HOUSE***

**SKRIPSI**

**TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

**LUTFIR RAHMAN ALIFFIANTO**

**NIM. 0810633060**

**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2015**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**PERANCANGAN *CHARGE CONTROLLER* UNTUK *BICYCLE POWER*  
*GENERATOR* PADA INSTALASI LISTRIK *DC HOUSE***

**SKRIPSI**

**TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

**LUTFIR RAHMAN ALIFFIANTO**

**NIM. 0810633060**

Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Soepranto, M.T.

NIP. 19561020 198903 1 001

Ir. Wijono, M.T., Ph.D.

NIP. 19621111 198903 1 003

**LEMBAR PENGESAHAN**

**PERANCANGAN *CHARGE CONTROLLER* UNTUK *BICYCLE POWER*  
*GENERATOR* PADA INSTALASI LISTRIK *DC HOUSE***

**SKRIPSI**

**TEKNIK ELEKTRO KONSENTRASI TEKNIK ENERGI ELEKTRIK**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:

**LUTFIR RAHMAN ALIFFIANTO**

**NIM. 0810633060**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus sidang skripsi  
pada tanggal 27 Agustus 2015

**DOSEN PENGUJI**

Dr. Rini Nur Hasanah, S.T.,M.Sc.  
NIP. 19680122 199512 2 001

Drs. Ir. Moch. Dhofir, M.T.  
NIP. 19600701 199002 1 001

Ir. Hery Purnomo, M.T.  
NIP. 19550708 198212 1 001

**Mengetahui,**  
**Ketua Jurusan Teknik Elektro**

**M. Aziz Muslim, S.T, M.T., Ph.D.**  
NIP. 19741203 200012 1 001



## PENGANTAR

*Assalamualaikum Wr. Wb.*

Puji Syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena hanya dengan berkat rahmat, barokah dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik yang berjudul "Perancangan *Charge Controller* Untuk *Bicycle Power Generator* Pada Instalasi Listrik *DC House*". Skripsi tersebut disusun dalam rangka untuk memenuhi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik, di Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.

Banyak kendala yang dihadapi penulis dalam penyelesaian skripsi ini, baik kendala yang berasal dari diri pribadi penulis maupun dari lingkungan sekitar. Kendala utama yang sering dihadapi adalah proses menjaga kemandirian dan ketekunan dalam pengerjaan dan penyusunan penelitian ini. Permasalahan tersebut dapat diatasi berkat bantuan dari pihak-pihak yang telah meluangkan waktu untuk membantu penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak tersebut diantaranya:

1. Bapak M. Aziz Muslim, S.T., M.Sc, Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro.
2. Bapak Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro.
3. Bapak Ali Mustofa, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro.
4. Bapak Ir. Soeprapto, M.T dan Ir. Wijono, M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing skripsi yang tak kenal lelah membimbing penulis dalam penelitian ini.
5. Ibu Tri Wahyuni, Bapak Taufik Hidayat, Eyang Sholeh, Dek Fildzah dan keluarga besar Bani H. Sholeh tercinta atas segala bentuk dukungan moral dan panjatan doa yang tidak terputus.
6. Rekan-rekan mahasiswa Teknik Elektro angkatan *Concorde* 2008, khususnya rekan-rekan mahasiswa konsentrasi Teknik Energi Elektrik.

7. Rekan-rekan seperjuangan di Laboratorium Mesin Elektrik dan Elektronika Daya yang tanpa kenal lelah selalu mencoba dan berusaha.
8. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penelitian ini dirasa masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena itu saran dan kritik mengenai penelitian ini diharapkan oleh penulis. Saran dan kritik ditujukan agar penelitian ini dapat menjadi karya tulis yang lebih baik dan lebih berguna. Akhir kata, semoga laporan penelitian ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Malang, 17 Agustus 2015

Penulis



DAFTAR ISI

Halaman

**PENGANTAR** ..... i

**DAFTAR ISI** ..... iii

**DAFTAR TABEL** ..... vi

**DAFTAR GAMBAR**..... vii

**RINGKASAN**..... ix

**BAB I PENDAHULUAN**..... 1

    1.1 Latar Belakang..... 1

    1.2 Rumusan Masalah ..... 3

    1.3 Batasan Masalah ..... 3

    1.4 Tujuan..... 3

    1.5 Sistematika Penulisan ..... 4

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA** ..... 5

    2.1 DC House ..... 5

        2.1.1 Instalasi Listrik pada *DC House* ..... 5

    2.2 Bicycle Power Generator..... 6

    2.3 Alternator..... 8

        2.3.1 Komponen Utama Alternator ..... 8

    2.4 Charge Controller ..... 11

    2.5 Buck Converter..... 12

        2.5.1 Prinsip Kerja Buck Converter ..... 14

    2.6 Metal Oxide Silicon Field Effect Transistor (MOSFET) ..... 16

    2.7 PWM (Pulse Width Modulation)..... 17

    2.8 Mikrokontroler ..... 18

        2.8.1 Mikrokontroler ATmega8..... 18

    2.9 Baterai..... 20

**BAB III METODE PENELITIAN**..... 22

    3.1 Perancangan dan Pembuatan Alat ..... 22

        3.1.1 Perancangan dan Pembuatan Perangkat Keras ..... 22

        3.1.2 Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak..... 22

    3.2 Integrasi Sistem dan Pengujian ..... 22

**BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT** ..... 24

    4.1 Penentuan Spesifikasi Alat ..... 24

    4.2 Diagram Blok Sistem ..... 25

    4.3 Perancangan Perangkat Keras ..... 26

        4.3.1 Perancangan Buck Converter ..... 26

            4.3.1.1 Pemilihan Induktor ..... 26

            4.3.1.2 Pemilihan Kapasitor ..... 27

            4.3.1.3 Pemilihan Dioda ..... 27

            4.3.1.4 Pemilihan Mosfet ..... 28

        4.3.2 Perancangan Rangkaian Catu Daya ..... 28

        4.3.3 Perancangan *Driver* MOSFET ..... 29





4.3.4	Minimum Sistem Mikrokontroler .....	30
4.3.4.1	Pulse Width Modulation (PWM) .....	31
4.3.4.2	Analog to Digital Converter .....	32
4.3.5	Perancangan Rangkaian Sensor Arus.....	32
4.3.6	Perancangan Sensor Tegangan.....	33
4.4	Perancangan Perangkat Lunak .....	34
4.5	Gambar Rangkaian Keseluruhan Sistem .....	35
<b>BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS .....</b>		<b>36</b>
5.1	Pengujian Rangkaian Catu Daya Mikrokontroler .....	36
5.1.1	Tujuan .....	36
5.1.2	Peralatan Pengujian .....	36
5.1.3	Prosedur Pengujian.....	36
5.1.4	Hasil dan Pembahasan.....	37
5.2	Pengujian PWM pada Mikrokontroler .....	38
5.2.1	Tujuan .....	38
5.2.2	Peralatan .....	38
5.2.3	Prosedur Pengujian.....	39
5.2.4	Hasil dan Pembahasan.....	39
5.3	Pengujian <i>Driver</i> MOSFET.....	41
5.3.1	Tujuan .....	41
5.3.2	Peralatan .....	41
5.3.3	Prosedur Pengujian.....	41
5.3.4	Hasil dan Pembahasan.....	42
5.4	Pengujian Rangkaian <i>Buck Converter</i> .....	43
5.4.1	Tujuan .....	43
5.4.2	Peralatan .....	43
5.4.3	Prosedur Pengujian.....	44
5.4.4	Hasil dan Pembahasan.....	44
5.5	Pengujian Sensor Arus .....	45
5.5.1	Tujuan .....	45
5.5.2	Peralatan .....	45
5.5.3	Prosedur Pengujian.....	45
5.5.4	Hasil dan Pembahasan.....	46
5.6	Pengujian Sensor Tegangan .....	48
5.6.1	Tujuan .....	48
5.6.2	Peralatan .....	48
5.6.3	Prosedur Pengujian.....	48
5.6.4	Hasil dan Pembahasan .....	49
5.7	Pengujian Keseluruhan Sistem .....	50
5.7.1	Tujuan .....	50
5.7.2	Peralatan .....	51
5.7.3	Prosedur Pengujian.....	51
5.7.4	Hasil dan Pembahasan.....	52
<b>BAB VI PENUTUP.....</b>		<b>57</b>
6.1	Kesimpulan.....	57
6.2	Saran .....	57
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>58</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>59</b>

Lampiran 1	Listing Program .....	59
Lampiran 2	Datasheet ATmega8 .....	66
Lampiran 3	Datasheet IRFP460 .....	71
Lampiran 4	Datasheet PC817.....	77
Lampiran 5	Dartasheet Sensor Arus ACS712.....	82
Lampiran 6	Dokumentasi Alat .....	88
Lampiran 7	Perhitungan kecepatan putaran .....	90





**DAFTAR TABEL**

Tabel 4.1 PIN yang digunakan pada mikrokontroler ATmega8 ..... 31

Tabel 5.1 Tabel hasil pengujian rangkaian catu daya ..... 38

Tabel 5.2 Tabel hasil pengujian PWM mikrokontroler ..... 40

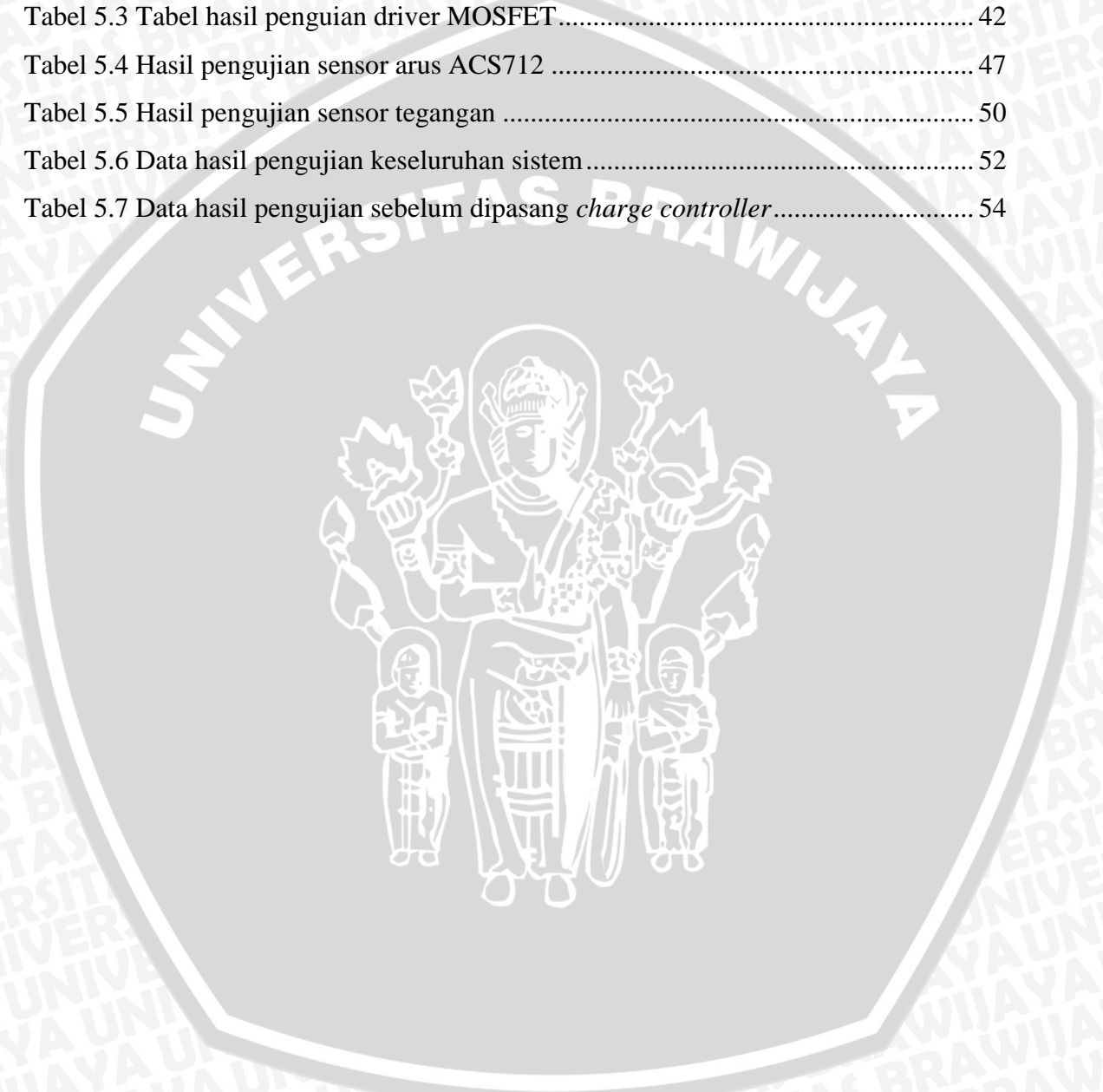
Tabel 5.3 Tabel hasil pengujian driver MOSFET ..... 42

Tabel 5.4 Hasil pengujian sensor arus ACS712 ..... 47

Tabel 5.5 Hasil pengujian sensor tegangan ..... 50

Tabel 5.6 Data hasil pengujian keseluruhan sistem ..... 52

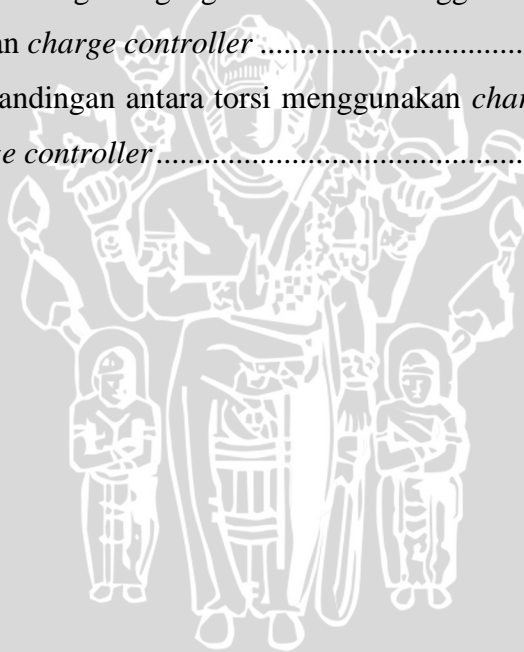
Tabel 5.7 Data hasil pengujian sebelum dipasang *charge controller* ..... 54



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sistem utama pada instalasi listrik DC House .....	5
Gambar 2.2 <i>Bicycle power generator</i> .....	7
Gambar 2.3 Komponen-komponen dari alternator. ....	8
Gambar 2.4 Konstruksi rotor. ....	9
Gambar 2.5 Konstruksi stator. ....	10
Gambar 2.6 Rangkaian penyearah pada alterator. ....	10
Gambar 2.7 Rangkaian sistem pengisian baterai pada mobil. ....	11
Gambar 2.8 Charge controller. ....	12
Gambar 2.9 Rangkaian dasar <i>buck converter</i> . ....	12
Gambar 2.10 <i>Buck converter</i> ketika saklar ON .....	15
Gambar 2.11 <i>Buck converter</i> ketika saklar OFF.....	15
Gambar 2.12 Bentuk gelombang <i>Buck converter</i> .....	15
Gambar 2.13 MOSFET.....	16
Gambar 2.14 Sinyal PWM dengan Variasi Nilai <i>Duty Cycle</i> . ....	17
Gambar 2.15 Konfigurasi pin mikrokontroler ATmega 8.....	19
Gambar 2.16 Baterai yang digunakan dalam penelitian. ....	21
Gambar 4.1 Diagram blok sistem <i>charge controller</i> .....	25
Gambar 4.2 Skematik rangkaian <i>Buck Converter</i> .....	26
Gambar 4.3 Rangkaian catu daya 5 volt.....	28
Gambar 4.4 Rangkaian <i>driver</i> MOSFET.....	29
Gambar 4.5 Minimum sistem mikrokontroler. ....	30
Gambar 4.6 Rangkaian minimum sitem sensor arus ACS 712.....	32
Gambar 4.7 Rangkaian sensor tegangan.....	33
Gambar 4.8 Diagram alir perangkat lunak.....	34
Gambar 5.1 Rangkaian Pengujian Catu Daya .....	37
Gambar 5.2 Contoh hasil pengujian catu daya 5 volt .....	37
Gambar 5.3 Rangkaian Pengujian PWM Mikrokontroler ATmega8.....	39
Gambar 5.4 Bentuk gelombang PWM 50% dan frekuensi 50 kHz .....	40
Gambar 5.5 Grafik perbandingan pengukuran tegangan sebenarnya dengan tegangan hasil pengukuran .....	41
Gambar 5.6 Rangkaian pengujian <i>driver</i> MOSFET .....	42

Gambar 5.7 Contoh bentuk gelombang keluaran driver MOSFET dengan duty cycle 50% .....	43
Gambar 5.8 Rangkaian pengujian <i>Buck Converter</i> .....	44
Gambar 5.9 Hasil pengujian rangkaian <i>Buck Converter</i> untuk menurunkan tegangan..	45
Gambar 5.10 Rangkaian pengujian sensor arus.....	46
Gambar 5.11 Contoh hasil pengujian sensor arus ACS712.....	47
Gambar 5.12 Grafik Perbandingan Tegangan Hasil Pengukuran dengan <i>Datasheet</i> .....	48
Gambar 5.13 Rangkaian pengujian sensor tegangan .....	49
Gambar 5.14 Hasil pengujian rangkaian sensor tegangan. ....	49
Gambar 5.15 Pengujian keseluruhan sistem. ....	51
Gambar 5.16 Grafik tegangan keluaran terhadap kecepatan putaran .....	53
Gambar 5.17 Grafik torsi terhadap kecepatan putaran .....	53
Gambar 5.18 Grafik perbandingan tegangan keluaran menggunakan <i>charge controller</i> dengan tidak menggunakan <i>charge controller</i> .....	55
Gambar 5.19 Grafik perbandingan antara torsi menggunakan <i>charge controller</i> dengan tidak menggunakan <i>charge controller</i> .....	56





## RINGKASAN

**Lutfir Rahman Aliffianto**, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Agustus 2015, *Perancangan Charge Controller Untuk Bicycle Power Generator Pada Instalasi Listrik DC House*, Dosen Pembimbing : Ir. Soeprapto, M.T. dan Ir. Wijono, M.T., Ph.D.

Energi manusia merupakan energi terbarukan yang cukup melimpah persediaannya, sehingga dapat dimanfaatkan khususnya pada instalasi listrik *DC House*. Dalam memanfaatkan energi listrik dibutuhkan *bicycle power generator* yang dapat mengubah energi manusia menjadi energi listrik dan baterai sebagai media penyimpan energi tersebut. Namun, energi manusia yang berasal dari kayuhan sepeda itu selalu berubah-ubah sehingga dapat menyebabkan baterai cepat rusak. Karena arus dan tegangan yang masuk ke baterai tidak konstan. Untuk itu penulis merancang dan membuat *charge controller* agar tegangan dan arus yang masuk ke baterai relatif konstan.

Dalam perancangan *charge controller*, menggunakan topologi *Buck Converter* yang dapat mengatur arus medan ( $I_f$ ) yang masuk ke alternator sehingga tegangan keluaran alternator menjadi konstan. Arus dari sumber akan mengalir menuju rangkaian *Buck Converter*. Pengaturan arus medan ( $I_f$ ) di dalam *Buck Converter* menggunakan mikrokontroler dengan cara mengubah *duty cycle*. Pada saat putaran alternator tinggi, diatur dengan menurunkan nilai arus medan ( $I_f$ ) dan saat putaran alternator rendah, diatur dengan menaikkan kembali nilai arus medan ( $I_f$ ). Sehingga tegangan keluaran alternator akan tetap konstan walaupun dihasilkan dari putaran yang berubah-ubah.

**Kata kunci** : *charge controller, buck converter, bicycle power generator.*

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada masa kini kehidupan manusia sangat bergantung kepada energi listrik, hal tersebut dapat dilihat pada jumlah penggunaan listrik dari hari ke hari semakin meningkat. Dengan keadaan tersebut timbul suatu masalah, yaitu produksi listrik yang cenderung lambat, akan tetapi permintaan terhadap energi listrik sangat tinggi dan dibutuhkan sumber energi alternatif sebagai sumber listrik. Energi dari tenaga manusia dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif. Karena persediaannya yang melimpah. Penggunaan energi tenaga manusia dapat digunakan dengan membuat *bicycle power generator*, karena dengan alat ini dapat mengubah energi dari tenaga manusia menjadi energi listrik. *Bicycle power generator* dapat digunakan sebagai pembangkit listrik pada instalasi *DC house*.

*DC house* saat ini sedang dalam tahap pengembangan. Dengan banyaknya ilmuwan melakukan penelitian dan pengembangan untuk memproduksi energi listrik DC dari berbagai sumber, yang meliputi tenaga angin, tenaga air, tenaga surya, dan yang bisa dihasilkan dari tenaga manusia itu sendiri. Tetapi dalam skripsi ini, berfokus pada pengembangan tenaga yang dihasilkan manusia sebagai penghasil energi listrik DC mandiri dengan cara menggunakan sepeda stasioner.

Selain matahari, angin, dan air sebagai sumber energi yang dihasilkan secara berkelanjutan, sumber energi dari tenaga manusia juga memiliki beberapa sifat yang unik. Yang pertama adalah bahwa tenaga manusia merupakan satu-satunya pembangkit listrik yang benar-benar independen. Jika dibandingkan dengan tenaga yang dihasilkan oleh angin, air, dan energi surya, semua ada pada kehendak alam yang kita tidak bisa mengaturnya sesuai kemauan kita. Tetapi dengan tenaga manusia ini akan selalu tersedia untuk menghasilkan energi listrik, cukup dengan adanya tubuh yang sehat. Jadi energi ini akan tersedia berdasarkan permintaan untuk selalu menyediakan energi listrik jika dalam situasi darurat, misalnya jika semua pembangkit lain gagal untuk menyediakan energi listrik. Aspek lainnya dari pembangkit listrik bertenaga manusia ini adalah bisa menanamkan kesadaran dalam diri para pengguna, karena mereka akan dapat mengamati dan menghargai energi yang mereka buat sendiri. Di negara



berkembang, ini bisa membantu menciptakan masa depan individu sadar energi agar tidak melakukan pemborosan energi.

Dalam skripsi ini, berfokus pada pembangkit listrik bertenaga kayuhan manusia dengan menggunakan alat yaitu sepeda stasioner. Dengan menggunakan sebuah *bike stand* untuk menempatkan sepeda, dan sepeda akan terhubung dengan sebuah alternator yang dapat menghasilkan energi listrik untuk digunakan secara langsung atau disimpan dalam baterai untuk digunakan sebagai cadangan energi. Namun dalam pelaksanaannya terdapat beberapa masalah, yaitu dalam usaha mengayuh *bicycle power generator* ini akan berat, dikarenakan adanya arus medan ( $I_f$ ) yang dibutuhkan alternator untuk dapat menghasilkan energi listrik. Hal ini menyebabkan orang yang mengayuh sepeda menjadi malas untuk menghasilkan energi listrik dari *bicycle power generator* ini. Dan masalah yang lain dikarenakan *bicycle power generator* ini dikayuh oleh tenaga manusia yang cenderung berubah-ubah setiap waktu, hal tersebut menyebabkan tegangan yang dihasilkan oleh alternator pun berubah-ubah. Apabila tegangan yang berubah-ubah tersebut langsung dihubungkan dengan baterai, menyebabkan umur dari baterai akan pendek. Masalah tersebut dapat diatasi dengan menggunakan *charge controller* yang dapat mengatur arus medan ( $I_f$ ) yang masuk ke alternator dan dapat menghasilkan tegangan yang stabil untuk mengisi baterai.

Mengingat pentingnya *charge controller* pada instalasi listrik *DC House* menggunakan sumber *bicycle power generator* ini, dibutuhkan suatu metode pada *charge controller* yang lebih adaptif terhadap perubahan tegangan yang dihasilkan oleh alternator. Topologi *Buck converter* dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan ini.

Dalam skripsi ini menggunakan topologi *Buck converter* karena dapat menurunkan tegangan sumber, sehingga dapat mengatur arus medan ( $I_f$ ) yang masuk ke alternator. Selain itu kelebihan dari rangkaian ini dapat mengurangi *ripple* pada keluaran alternator dan masukan untuk baterai. *Ripple* tegangan menyebabkan tegangan akan lama mencapai konstan sehingga dapat merusak baterai, karena tegangan relatif tidak stabil. Oleh karena itu, *Buck converter* adalah salah satu solusi tepat untuk menyelesaikan permasalahan ini.



## 1.2 Rumusan Masalah

Sesuai dengan latar belakang di atas maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Merancang dan membuat *Charge Controller* menggunakan topologi *Buck converter*.
2. Membuat *Charge Controller* untuk mengatur arus medan ( $I_f$ ) yang masuk ke alternator dan untuk menstabilkan tegangan keluaran alternator yang masuk ke baterai.

## 1.3 Batasan Masalah

Penyusunan penelitian ini menggunakan batasan masalah sebagai berikut:

1. Alternator yang digunakan yaitu alternator bekas dari mobil merk Daihatsu dengan spesifikasi 12 V; 40 A.
2. Baterai yang digunakan mempunyai spesifikasi tegangan pengisian 12 – 14,5 V dan tegangan keluaran 12 V.
3. Spesifikasi *gear* sepeda yang digunakan diatur tetap. Yaitu dengan ukuran diameter *gear* depan = 15 cm; diameter *gear* belakang = 5,5 cm; diameter velg belakang sepeda = 58 cm.
4. Spesifikasi ukuran diameter *pulley* alternator = 7 cm.
5. Menggunakan *v-belt* tipe A-8q untuk menghubungkan velg bagian belakang sepeda dengan *pulley* alternator.
6. *Charge controller* menggunakan topologi *Buck converter*.
7. Metode *switching* menggunakan *Pulse Width Modulation* (PWM).
8. Komponen pensaklaran yang digunakan adalah MOSFET.
9. Mikrokontroler yang digunakan adalah ATMega8.

## 1.4 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah merancang *Charge Controller* pada *Bicycle Power Generator* untuk mengatur arus medan ( $I_f$ ) yang masuk ke alternator dan menstabilkan tegangan yang masuk ke baterai pada saat proses pengisian baterai.

## 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan penelitian tersusun dengan urutan sebagai berikut:

### BAB I PENDAHULUAN

Berisi latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, dan sistematika penulisan.

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Berisi teori-teori yang mendukung dalam perencanaan dan pembuatan alat.

### BAB III METODOLOGI

Berisi tentang metode penelitian dan perencanaan alat serta pengujian.

### BAB IV PERANCANGAN ALAT

Berisi perancangan dan perealisasiian alat yang meliputi spesifikasi, perencanaan blok diagram, prinsip kerja dan realisasi alat.

### BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Berisi hasil pengujian terhadap alat yang telah direalisasikan.

### BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan dan saran-saran dari apa yang telah dilakukan.

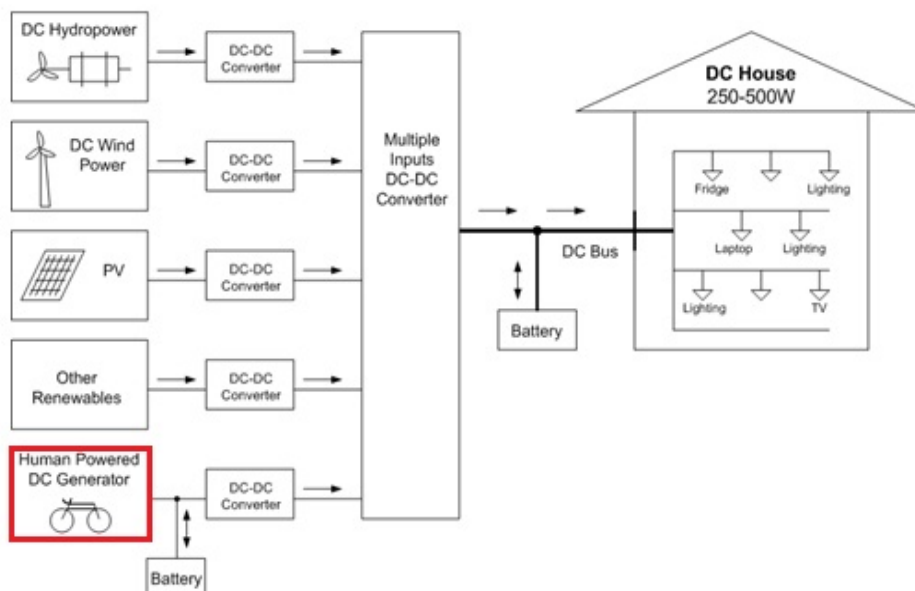
## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 DC House

*DC house* adalah sebuah rumah yang sepenuhnya disuplai energi listrik DC yang secara berkelanjutan diproduksi sendiri, dan benar-benar independen lepas dari jaringan listrik yang sudah ada. *DC house* dibuat bertujuan untuk memanfaatkan secara maksimal sumber energi terbarukan untuk penyediaan listrik di daerah pedalaman yang sulit dijangkau oleh jaringan listrik. Karena di daerah pedalaman banyak orang yang membutuhkan energi listrik tetapi tidak memiliki akses ke jaringan listrik (Chaidez, 2011 : 8).

#### 2.1.1 Instalasi Listrik pada *DC House*

Pada instalasi listrik *DC House* terdapat beberapa komponen utama, yaitu sumber energi listrik, *charge controller*, baterai, *MISO (Multiple Input Single Output) DC-DC converter*, dan beban berupa peralatan DC. Sistem utama pada instalasi listrik *DC House* pada ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sistem utama pada instalasi listrik DC House  
Sumber: Taufik (2012)



1. Sumber energi listrik tanpa biaya pada proses pembangkitannya, dengan mengkonversikan tenaga matahari, angin, air, dan tenaga manusia menjadi listrik. Tenaga matahari dapat dimanfaatkan menggunakan sel surya, tenaga angin dimanfaatkan menggunakan kincir angin, tenaga air dimanfaatkan dengan pembangkit listrik tenaga mikrihidro, dan tenaga manusia dimanfaatkan melalui alat yaitu *Bicycle Power Generator*.
2. *Charge controller* digunakan untuk pengaturan pengisian baterai. Tegangan yang dihasilkan oleh sumber energi listrik pada setiap saat belum konstan, sehingga untuk pengisian baterai dapat merusak baterai.
3. Baterai adalah perangkat kimia untuk menyimpan tenaga listrik dari sumber energi listrik. Tanpa baterai, energi listrik hanya dapat digunakan pada saat tertentu saja.
4. *MISO (Multiple Inputs Single Output) DC-DC converter* adalah perangkat elektrik yang digunakan sebagai teknologi kunci penyatu sumber-sumber daya untuk *DC House*.
5. Beban pada *DC House* biasanya berupa peralatan yang berfungsi untuk penerangan saja, karena untuk saat ini *DC House* dikembangkan di daerah-daerah pedalaman yang belum dijangkau oleh jaringan listrik.

## 2.2 Bicycle Power Generator

*Bicycle power generator* adalah suatu alat yang digunakan sebagai salah satu sumber tenaga listrik pada *DC house*. Alat ini memanfaatkan tenaga kayuhan manusia yang diubah menjadi energi listrik. Dengan cara mengayuh sepeda stasioner yang velg bagian belakangnya telah dihubungkan dengan alternator menggunakan sebuah *v-belt*. Energi listrik yang dihasilkan alternator selanjutnya bisa digunakan langsung atau disimpan di dalam baterai (Hayes, 2011 : 14).

Komponen utama pada *bicycle power generator* yaitu, sepeda, *bike stand*, *v-belt*, alternator, *charge controller*, baterai.



Gambar 2.2 *Bicycle power generator*.

1. Sepeda digunakan sebagai alat utama untuk pemanfaatan tenaga kayuhan manusia yang diubah menjadi energi mekanik. Ketika mengayuh sepeda, gerakan berputar dari ban sepeda bagian belakang digunakan untuk menghasilkan energi mekanik yang dibutuhkan untuk menggerakkan alternator.
2. *Bike stand* adalah alat untuk meletakkan sepeda agar bisa dimanfaatkan menjadi sepeda stasioner. Alat ini dapat dibuat dari besi atau kayu.
3. *V-belt* adalah alat berupa sabuk karet yang digunakan untuk menghubungkan velg bagian belakang sepeda dengan *pulley* alternator.
4. Alternator di dalam sistem ini berfungsi sebagai *power supply*. Energi mekanik yang dihasilkan dari mengayuh sepeda kemudian digunakan untuk memutar *pulley* pada alternator dan menghasilkan arus listrik bolak-balik pada stator. Arus listrik bolak-balik ini kemudian diubah menjadi arus searah oleh diode-diode yang terdapat di dalam alternator.
5. *Charge controller* digunakan untuk pengaturan pengisian baterai. Tegangan yang dihasilkan oleh *bicycle power generator* sebagai sumber listrik belum konstan, sehingga untuk pengisian baterai dapat merusak baterai.
6. Baterai adalah perangkat kimia untuk menyimpan tenaga listrik dari *bicycle power generator*. Tanpa baterai, energi listrik hanya dapat digunakan pada saat tertentu saja.



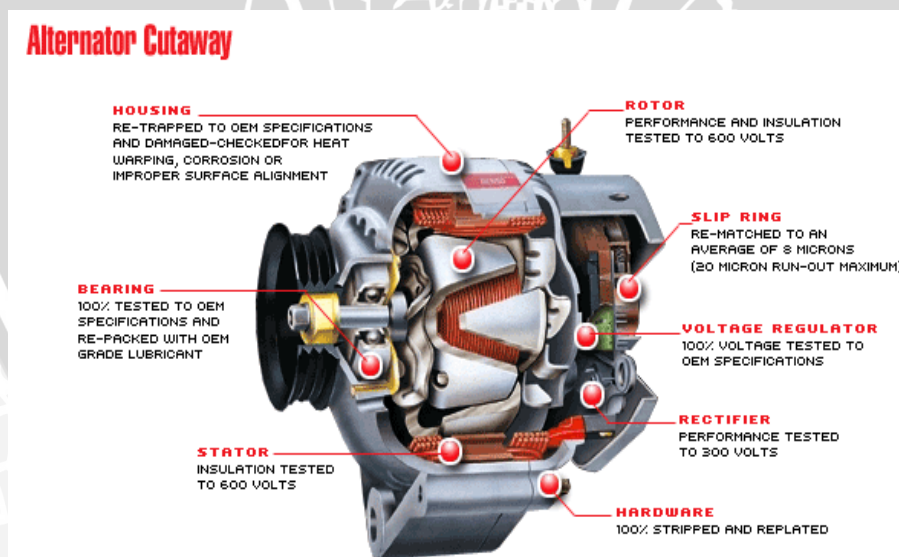
## 2.3 Alternator

Alternator atau yang lebih kita kenal sebagai "Dinamo Amper" merupakan suatu unit yang berfungsi sebagai *power supply* dan *charging system*. Fungsi alternator adalah untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Energi mekanik disalurkan ke sebuah *pulley* alternator kemudian berputar dan menghasilkan arus listrik bolak-balik pada stator. Arus listrik bolak-balik ini kemudian diubah menjadi arus searah oleh diode-diode.

Komponen utama alternator adalah rotor yang menghasilkan medan magnet listrik, stator yang menghasilkan arus listrik bolak-balik, dan beberapa diode yang menyearahkan arus. Komponen tambahan lain adalah sikat-sikat yang menyuplai arus listrik ke rotor untuk menghasilkan kemagnetan (medan magnet), bearing-bearing yang memungkinkan rotor dapat berputar lembut dan sebuah kipas untuk mendinginkan rotor, stator dan diode. ( Hasan, 2011 : 2 ).

### 2.3.1 Komponen Utama Alternator

Di dalam alternator ada beberapa komponen utama yaitu *pulley*, kipas, rotor, stator, *rectifier (diodes)*.

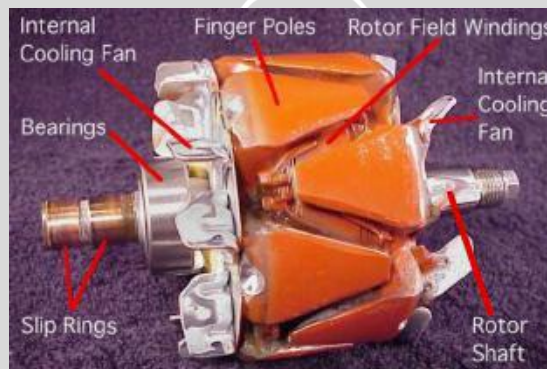


Gambar 2.3 Komponen-komponen dari alternator.

Sumber: [www.kedairastavara.wordpress.com](http://www.kedairastavara.wordpress.com)



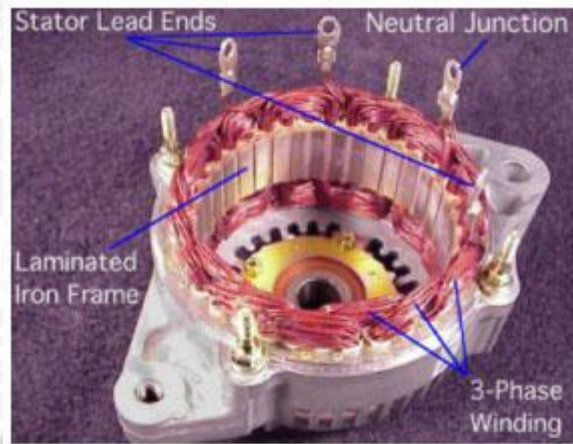
1. *Pulley* berfungsi untuk menerima energi mekanik yang selanjutnya digunakan untuk penggerak rotor.
2. Kipas berfungsi untuk mendinginkan diode dan kumparan-kumparan pada alternator.
3. Rotor merupakan bagian yang berputar di dalam alternator, pada rotor terdapat kumparan rotor (*rotor coil*) yang berfungsi untuk menghasilkan medan magnet. *Finger poles* yang terdapat pada rotor berfungsi sebagai kutub-kutub magnet, dua slip ring yang terdapat pada *alternator* berfungsi sebagai penyalur listrik ke kumparan rotor. Untuk lebih jelasnya terlihat pada Gambar 2.4. Rotor ditumpu oleh dua buah bearing. Pada bagian depannya terdapat puli dan kipas, sedangkan di bagian belakang terdapat slip ring.



Gambar 2.4 Konstruksi rotor.

Sumber: [www.otomotrip.com](http://www.otomotrip.com)

4. Stator berfungsi untuk menghasilkan arus listrik bolak-balik. Pada bagian stator terdiri dari kumparan stator dan inti stator.

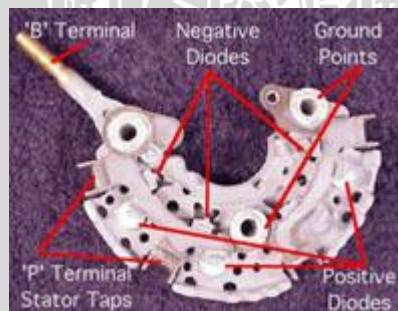


Gambar 2.5 Konstruksi stator.

Sumber : [www.otomotrip.com](http://www.otomotrip.com)

Pada gambar 2.5 terlihat konstruksi dari kumparan stator. Kumparan stator adalah bagian yang diam dan terdiri dari tiga kumparan yang pada salah satu ujung-ujungnya dijadikan satu. Bagian tengah yang menjadi satu adalah pusat gulungan. Dan bagian ini disebut terminal netral "N". Pada bagian ujung kabel lainnya akan menghasilkan arus bolak-balik (AC) tiga fasa.

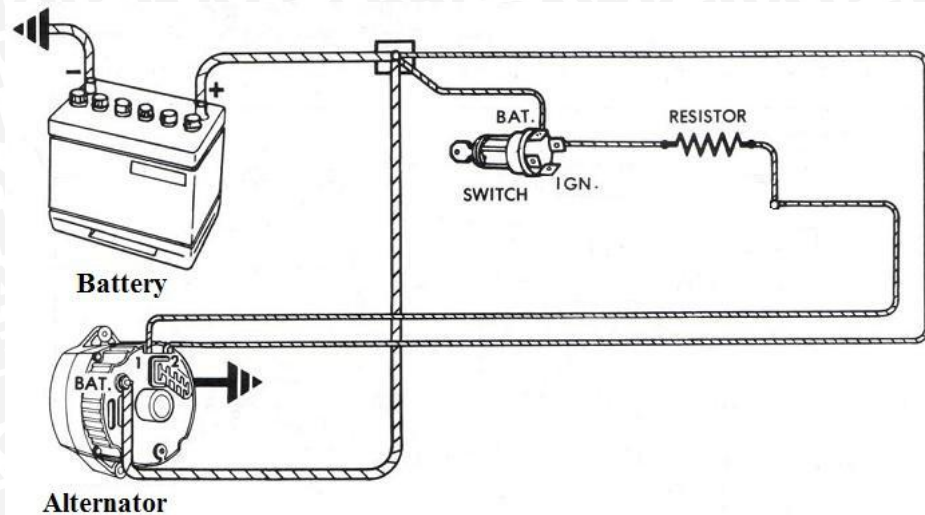
5. *Rectifier* berfungsi untuk menyearahkan arus bolak-balik (AC) yang dihasilkan oleh kumparan stator menjadi arus searah (DC).



Gambar 2.6 Rangkaian penyearah pada alterator.

Sumber : [www.otomotrip.com](http://www.otomotrip.com)





Gambar 2.7 Rangkaian sistem pengisian baterai pada mobil.

Sumber : Hayes (2011 : 37)

Pada gambar 2.7 menunjukkan rangkaian sistem pengisian baterai pada mobil menggunakan alternator. Saat saklar dalam kondisi ON maka indikator lampu (pada gambar 2.7 berupa resistor) akan menyala. Selanjutnya saat arus medan ( $I_f$ ) sudah masuk ke alternator dan alternator sudah bisa menghasilkan tegangan pengisian, maka lampu indikator akan mati.

#### 2.4 Charge Controller

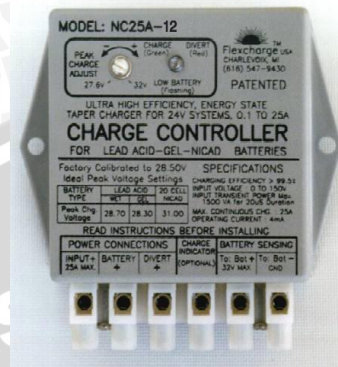
*Charge Controller* disebut juga sebagai *Battery Control Unit* (BCU) atau *Battery Control Regulator* (BCR) adalah suatu alat yang berfungsi untuk mengisi baterai dengan tegangan konstan hingga mencapai tegangan yang ditentukan. Jika level tegangan yang ditentukan itu telah tercapai, maka arus pengisian akan turun secara otomatis sesuai dengan pengaturan dan menahan arus pengisian hingga menjadi lebih lambat sehingga indikator menyala menandakan baterai telah terisi penuh. *Charge controller* dapat menerapkan teknologi *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai.

Alternator pada sistem instalasi *bicycle power generator* umumnya memiliki tegangan keluaran sebesar 12 - 14 Volt. Jadi, tanpa *charge controller*, baterai akan rusak oleh *overcharging* dan ketidakstabilan tegangan.

Di dalam rangkaian *charge controller* terdapat rangkaian regulator dan rangkaian komparator. Rangkaian regulator berfungsi untuk mengatur tegangan



keluaran agar tetap konstan, sedangkan rangkaian komparator berfungsi untuk menurunkan arus pengisian secara otomatis pada baterai saat tegangan pada baterai penuh dan menahan arus pengisian hingga menjadi lebih lambat sehingga menyebabkan indikator aktif menandakan baterai telah terisi penuh.

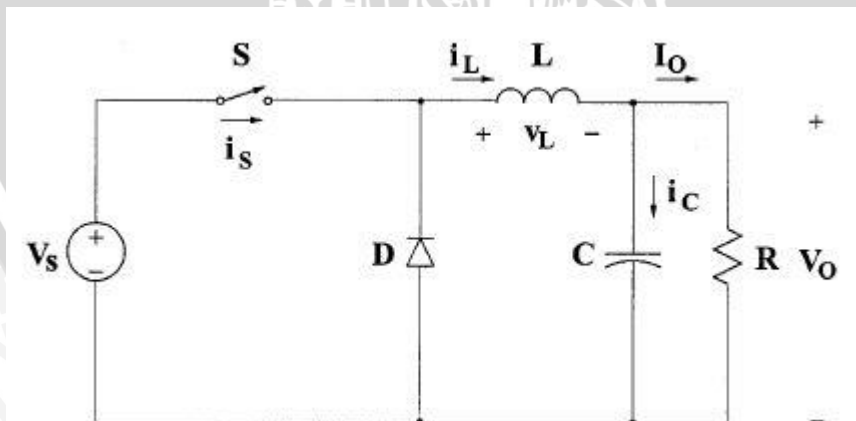


Gambar 2.8 Charge controller.

Sumber : [www.pedalpowergenerator.com](http://www.pedalpowergenerator.com)

## 2.5 Buck Converter

*Buck Converter* adalah salah satu jenis chopper atau konverter DC-DC. *Buck Converter* adalah konverter DC-DC yang berfungsi menurunkan tegangan DC dengan cara mengatur duty cycle. Terdapat beberapa jenis rangkaian konverter buck, namun secara umum, rangkaian dasarnya terdiri dari switching dan filter seperti yang terlihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Rangkaian dasar *buck converter*.

Sumber : Rashid (2001: 213)

*Buck Converter* yang memiliki nilai efisiensi hingga 95% merupakan pengganti dari voltage divider yang memiliki efisiensi lebih rendah. Efisiensi tinggi ini didapatkan karena pada *buck converter* menggunakan prinsip on-off. Saklar elektronik yang

digunakan hanya mengalami 2 kondisi, yaitu saturasi (on) dan cut-off (off). Dengan efisiensi yang tinggi inilah, konverter buck merupakan aplikasi konverter DC-DC yang sering digunakan.

Pada *Buck Converter* terdapat 5 komponen utama, yaitu :

1. PWM generator, yaitu pembangkit pulsa berfrekuensi tinggi (diatas 20 KHz) yang *duty cycle* nya dapat diubah-ubah bergantung besar tegangan output yang diinginkan dan tegangan input yang ada. Output dari PWM generator ini digunakan untuk memberi sinyal MOSFET yang berfungsi sebagai saklar elektronik. Besar *duty cycle* untuk mengeluarkan tegangan output yang diinginkan dapat dihitung dengan rumus :

$$V_o = V_s \cdot D \quad (2-1)$$

Keterangan:

D : Duty Cycle

V<sub>s</sub> : Tegangan Input

V<sub>o</sub> : Tegangan output

2. MOSFET berfungsi sebagai saklar elektronik yang mengalirkan dan memutus arus dari sumber tegangan.
3. Diode freewheel berfungsi sebagai tempat mengalirnya arus saat MOSFET off.
4. Induktor digunakan sebagai filter arus yang mengurangi ripple arus *switching*. Untuk perhitungan nilai Induktor dapat dihitung dengan rumus :

$$L = \left( \frac{V_s - V_o}{\Delta I_L f} \right) D \quad (2-2)$$

Keterangan:

L : Induktansi Induktor

V<sub>s</sub> : Tegangan Input

D : Duty cycle

f : Frekuensi

$\Delta i_L$  : Ripple arus

$V_o$  : Tegangan output

5. Kapasitor digunakan sebagai filter tegangan untuk mengurangi *ripple* tegangan. Untuk perhitungan nilai kapasitor dapat dihitung dengan rumus :

$$C = \frac{1-D}{8L(\Delta V_{oc}/V_{oc})f^2} \quad (2-3)$$

Keterangan:

C : Kapasitansi Kapasitor

$\Delta V_{oc}$  : Ripple tegangan pada kapasitor

f : Frekuensi

D : Duty cycle

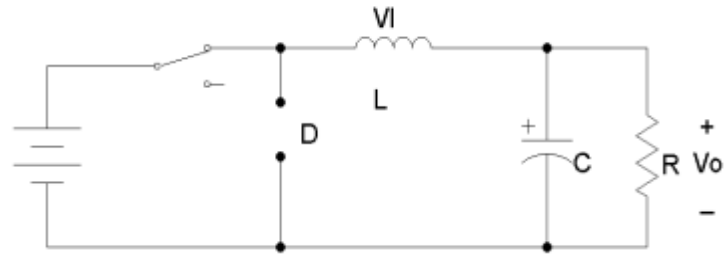
L : Induktansi Induktor

$V_{oc}$  : Tegangan output kapasitor

### 2.5.1 Prinsip Kerja Buck Converter

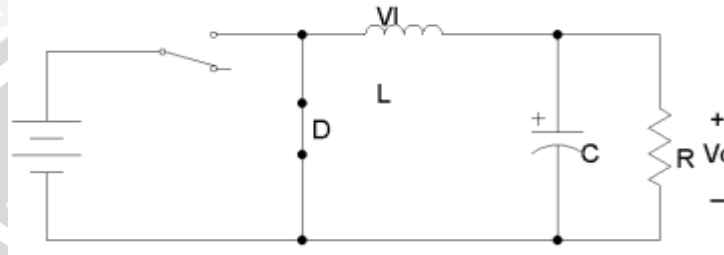
Prinsip kerja pada *buck converter* terdapat 2 kondisi, yaitu saklar (elektronik) pada kondisi ON dan OFF. Ketika kondisi saklar ON, seperti yang terlihat pada Gambar 2.10. Dioda tidak konduksi maka arus masukan akan mengalir melalui induktor L dan kapasitor C. Energi juga tersimpan di induktor L. Kemudian saat  $V_C > V_{OUT}$ , kapasitor C mengalami pengosongan dan mentransfer energi ke *output*. Ketika saklar OFF, seperti yang terlihat pada Gambar 2.11. Dioda konduksi karena energi yang tadi telah tersimpan di induktor L. Maka arus induktor  $i_L$  mengalir sebagian ke Kapasitor C. Energi selanjutnya dialirkan menuju *output*. Nilai arus induktor  $i_L$  akan terus turun sampai saklar ON lagi pada saat siklus selanjutnya.





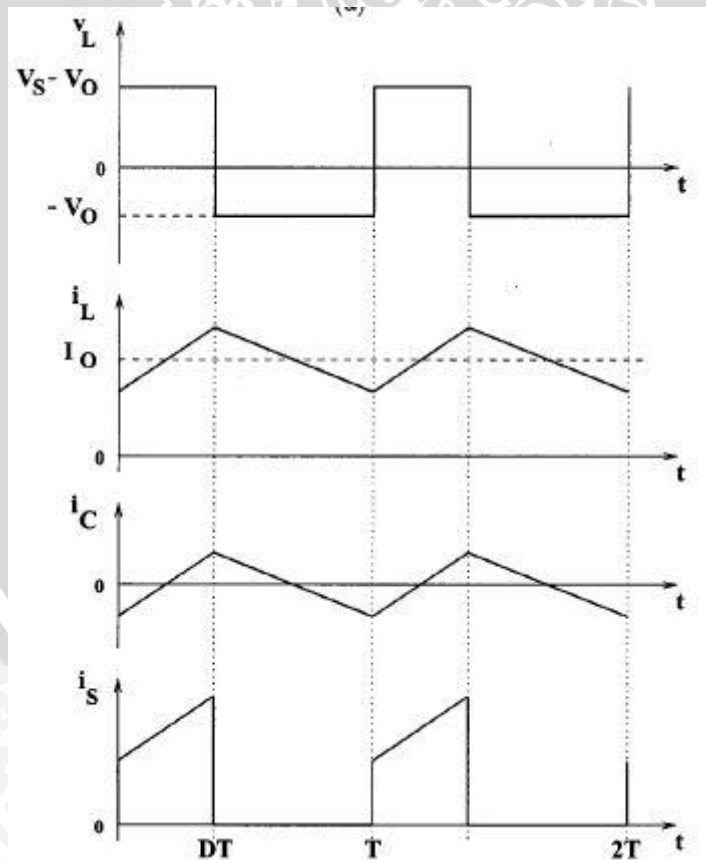
Gambar 2.10 Buck converter ketika saklar ON

Sumber : Arifin (2009 : 14)



Gambar 2.11 Buck converter ketika saklar OFF

Sumber : Arifin (2009 : 14)

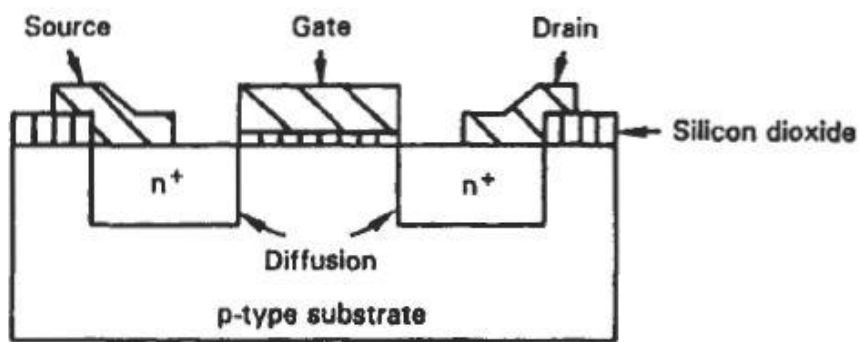


Gambar 2.12 Bentuk gelombang Buck converter

Sumber : Rashid (2001 : 213)

## 2.6 Metal Oxide Silicon Field Effect Transistor (MOSFET)

MOSFET merupakan komponen yang dikendalikan oleh tegangan dan memerlukan arus masukan yang kecil. Rating tegangan  $V_{DC} < 500$  Volt dan arus  $I_{DC} < 300$  Ampere.



Gambar 2.13 MOSFET.

Sumber : Mazda (1997 : 34)

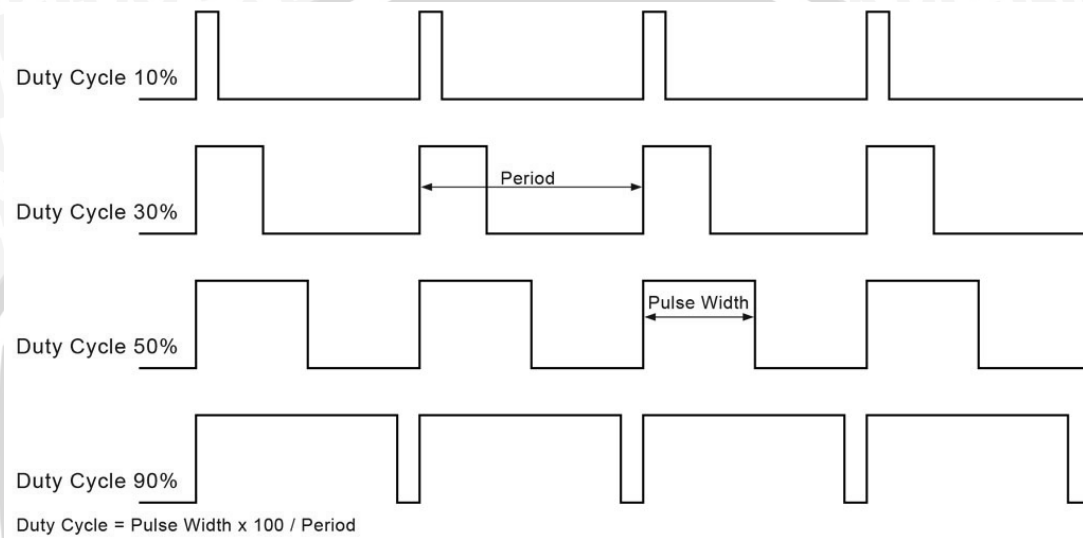
Transistor dibuat pada bahan dasar jenis P. Dua daerah dengan  $n^+$  yaitu *source* dan *drain* dibuat di atas bahan dasar jenis P. Sebuah lapisan tipis ( $0,02 - 0,1\mu\text{m}$ ) *silicon dioxide* ( $\text{SiO}_2$ ) (isolator yang baik) dibuat di atas permukaan bahan dasar antara daerah *source* dan *drain*. Logam diletakkan di atas lapisan *oxide* dan membentuk elektroda *gate*. Kontak logam juga dibuat di atas daerah *source* dan *drain* dan juga di bahan dasar (*body*), Jadi ada 4 terminal: *gate* (G), *source* (S), *drain* (D), dan *body* (B).

Bahan dasar (*substrate*) membuat pn-junction dengan *source* dan *drain*. Pada operasi normal, pn-junction ini dijaga agar tetap *reverse-biased*. Karena *drain* lebih positif daripada *source*, kedua pn-junction akan off bila terminal *body* dihubungkan dengan terminal *source*. Jadi *substrate* tidak mempunyai pengaruh pada operasi MOSFET, sehingga MOSFET dapat dianggap sebagai sebuah perangkat dengan 3 terminal.

Arus akan mengalir dari *drain* ke *source* melalui kanal (*channel*). Kanal ini mempunyai panjang (L), antara  $1 - 10\mu\text{m}$ , dan lebar (W), antara  $2 - 500\mu\text{m}$ . Divais dengan  $L < 1\mu\text{m}$ , biasanya dipakai pada rangkaian terintegrasi digital yang mempunyai kecepatan tinggi. MOSFET adalah divais yang simetris, artinya *source* dan *drain* dapat ditukar-tukar.

## 2.7 PWM (Pulse Width Modulation)

PWM merupakan sebuah mekanisme untuk membangkitkan sinyal keluaran yang periodenya berulang antara *high* dan *low*, dengan durasi *high* dan *low* dapat dikontrol sesuai penggunaan. *Duty cycle* merupakan prosentase periode sinyal *high* dan periode sinyal. Persentase *duty cycle* akan berbanding lurus dengan tegangan rata-rata yang dihasilkan. Gambar 2.14 menunjukkan sinyal PWM dengan variasi nilai *duty cycle*.



Gambar 2.14 Sinyal PWM dengan Variasi Nilai *Duty Cycle*.

Sumber : [www.protostack.com](http://www.protostack.com)

*Duty cycle* sebuah gelombang didefinisikan sebagai :

$$D = \frac{t_{on}}{t_{on} + t_{off}} = \frac{t_{on}}{t_{total}} \quad (2-4)$$

Tegangan keluaran dapat bervariasi dengan merubah *duty cycle* dan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$V_{out} = D \times V_{in} \quad (2-5)$$

$$V_{out} = \frac{t_{on}}{t_{total}} \times V_{in} \quad (2-6)$$

Tegangan keluaran dapat diubah-ubah secara langsung dengan mengubah nilai  $t_{on}$ . Apabila  $t_{on}$  adalah 0,  $V_{out}$  juga akan 0. Apabila  $t_{on}$  adalah  $t_{total}$  maka  $V_{out}$  adalah  $V_{in}$  atau nilai tegangan maksimum.



PWM bekerja sebagai *switching power suplay* untuk mengontrol *on* dan *off* dengan mengatur *duty cycle* dari sinyal PWM. Pengaturan *duty cycle* dapat menggunakan mikrokontroler ATmega8.

Gelombang PWM yang dihasilkan oleh mikrokontroler merupakan fitur dari 16bit *Timer/Counter* 1 yang dioperasikan *Fast PWM mode*. Jadi nilai PWM frekuensi dari keluaran mikrokontroler dapat dihitung dengan persamaan (2-7). (Atmel : 2011).

$$(TOP + 1) = \frac{f_{clk} / 0}{N \times f_{PWM}} \quad (2-7)$$

## 2.8 Mikrokontroler

Mikrokontroler dianalogikan sebagai sebuah sistem komputer yang dikemas dalam sebuah chip. Artinya bahwa di dalam sebuah IC mikrokontroler sebetulnya sudah terdapat kebutuhan minimal agar mikroprosesor dapat bekerja, yaitu meliputi mikroprosesor, ROM, RAM, I/O dan *clock* seperti halnya yang dimiliki oleh sebuah komputer PC. Mengingat kemasannya yang hanya berupa sebuah chip dengan ukuran yang relatif kecil tentu saja spesifikasi dan kemampuan yang dimiliki oleh mikrokontroler menjadi lebih rendah bila dibandingkan dengan sistem komputer seperti PC baik dilihat dari segi kecepatannya, kapasitas memori maupun fitur-fitur yang dimilikinya. Mikrokontroler memiliki kelebihan yang tidak bisa diperoleh pada sistem komputer yaitu dengan kemasannya yang kecil membuat mikrokontroler menjadi lebih fleksibel dan praktis digunakan terutama pada sistem-sistem yang relatif tidak terlalu kompleks atau tidak membutuhkan beban komputasi yang tinggi meskipun dari sisi kemampuan lebih rendah.

### 2.8.1 Mikrokontroler ATmega8

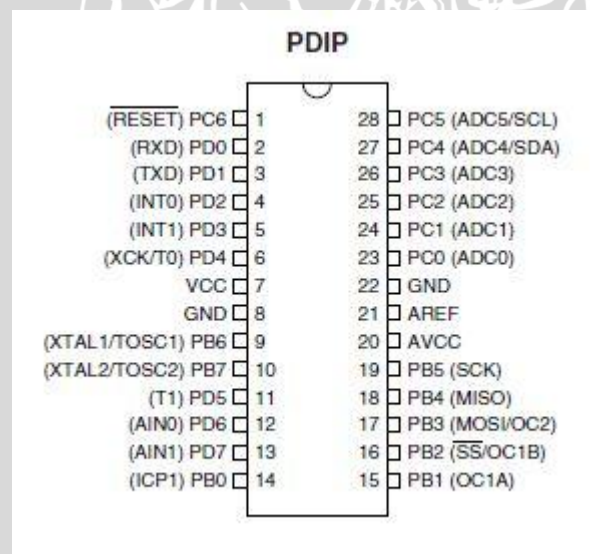
Mikrokontroler ATmega8 yang diproduksi oleh *ATMEL Company* Amerika Serikat merupakan salah satu anggota jenis AVR. IC jenis ini berorientasi pada kontrol 8 bit yang dapat diprogram ulang dengan daya rendah. Mikrokontroler ini dalam satu siklus waktu mampu mengeksekusi instruksi hingga mencapai 1 MIPS per MHz.

Mikrokontroler ATmega 8 mempunyai fitur utama sebagai berikut:

- a. Mikrokontroler 8 bit dengan performansi tinggi dan daya rendah.
- b. *Non-volatile* memori program dan data.

- c. Sistem *self-programable flash* 8 kbyte.
- d. EEPROM sebesar 512 byte, dan 1 kbyte SRAM internal 23 saluran I/O dan 32 *general purpose register*.
- e. Dua timer/counter 8 bit dengan *prescaller* terpisah, satu mode pembandingan (*compare mode*).
- f. Satu timer/counter 16 bit dengan *prescaller* terpisah, mode pembandingan dan perekam (*capture*).
- g. Internal dan eksternal *interrupt*.
- h. WDT (*Watch Dog Timer*) dengan osilator internal.
- i. RTC dengan osilator terpisah.
- j. Tiga pin PWM.
- k. Enam pin ADC (*Analog to Digital Converter*) dengan ketepatan sebesar 10 bit.
- l. USART (*Universal Synchronous and Asynchronous Receiver Transmitter*).

Konfigurasi pin mikrokontroler ATmega 8 ditunjukkan pada Gambar 2.13.



Gambar 2.15 Konfigurasi pin mikrokontroler ATmega 8

Sumber : Datasheet Atmel (2011:2)

Dari Gambar 2.15 dijelaskan secara fungsional konfigurasi pin ATmega 8 sebagai berikut:

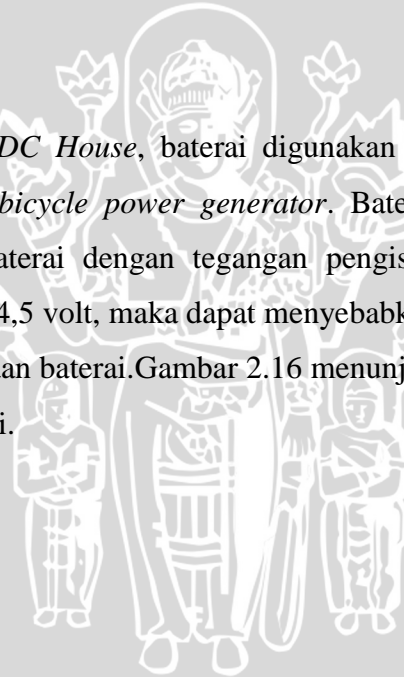
- a. VCC : *Power supply*
- b. GND : *Ground*



- c. AREF : Sebagai masukan analog referensi untuk ADC
- d. AVCC : *Power supply* untuk ADC
- e. RESET : Merupakan pin yang digunakan untuk me-reset mikrokontroler.
- f. XTAL1 : Masukan untuk *inverting* osilator *amplifier* dan masukan bagi *clock internal*
- g. XTAL2 : Keluaran *inverting oscillator amplifier*.
- h. PORT B : Port I/O 8 bit dua arah dan pin fungsi khusus yaitu *timer*
- i. PORT C : Port I/O 7 bit dua arah dengan *pull-up* internal sekaligus sebagai masukan analog untuk ADC.
- j. PORT D : Port I/O 8 bit dua arah dengan resistor *pull-up* internal yang memiliki fungsi khusus.

## 2.9 Baterai

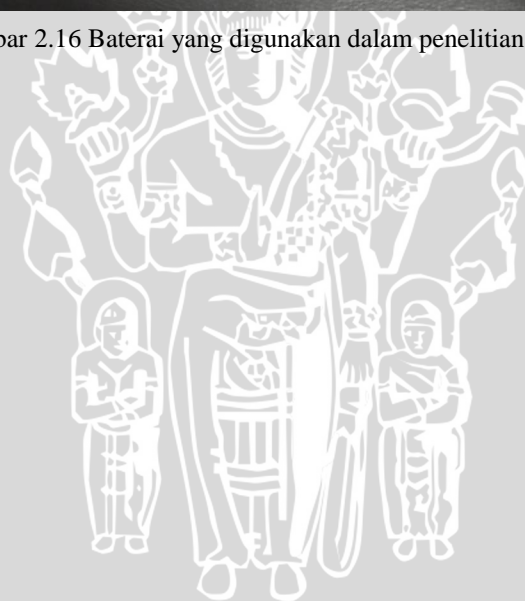
Pada instalasi listrik *DC House*, baterai digunakan untuk menyimpan energi listrik yang dihasilkan oleh *bicycle power generator*. Baterai yang digunakan pada instalasi listrik ini adalah baterai dengan tegangan pengisian 12 – 14,5 volt, jika tegangan masukan melebihi 14,5 volt, maka dapat menyebabkan baterai cepat rusak dan memperpendek usia penggunaan baterai. Gambar 2.16 menunjukkan contoh baterai yang digunakan dalam penelitian ini.







Gambar 2.16 Baterai yang digunakan dalam penelitian.



## BAB III METODE PENELITIAN

Untuk menyelesaikan rumusan masalah dan merealisasikan tujuan penelitian yang terdapat di bab pendahuluan maka diperlukan metode untuk menyelesaikan masalah tersebut. Berikut langkah-langkah yang perlu dilakukan :

### 3.1 Perancangan dan Pembuatan Alat

Agar perancangan dan pembuatan alat dapat berjalan secara sistematis, maka pembuatan alat direalisasikan dalam dua bagian :

#### 3.1.1 Perancangan dan Pembuatan Perangkat Keras

Perangkat keras yang akan dirancang terdiri dari *driver* mosfet, mikrokontroler ATmega8 sebagai pengatur *Pulse Width Modulation* (PWM), regulator 5 volt sebagai sumber minimum sistem mikrokontroler, sensor arus dan sensor tegangan. Pembuatan rangkaian skematik dan perancangan *layout* pada PCB dari perangkat keras ini menggunakan perangkat lunak *Eagle Professional 6.1.0*.

#### 3.1.2 Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak

Perangkat lunak digunakan sebagai pengendali dan pengatur kerja dari perangkat keras. Dalam perancangan perangkat lunak dibuat terlebih dahulu *flowchart* keseluruhan sistem, kemudian dilanjutkan dengan penerapan metode pengisian baterai dalam mikrokontroler ATmega8 menggunakan bahasa C dengan *compiler CodeVision AVR*.

### 3.2 Integrasi Sistem dan Pengujian

Untuk mengetahui sistem sudah bekerja sesuai dengan rencana maka dilakukan pengujian rangkaian (*hardware*) dan pengujian *software*. Pengujian rangkaian dilakukan masing-masing blok kemudian secara keseluruhan. Pengujian alat yang akan dilakukan meliputi :

#### a) Pengujian catu daya

Pengujian ini dilakukan untuk melihat keberhasilan komponen regulator dalam mengubah tegangan menjadi 5 volt sebagai catu daya mikrokontroler.

- b) Pengujian mikrokontroler  
Pengujian ini dilakukan untuk melihat keberhasilan mikrokontroler dalam mengeluarkan *Pulse Width Modulation* (PWM) yang diperlukan rangkaian.
- c) Pengujian rangkaian *driver* mosfet  
Pengujian ini dilakukan untuk melihat keberhasilan *driver* mosfet dalam meneruskan PWM dari mikrokontroler menuju mosfet yang digunakan sebagai komponen pensaklaran pada rangkaian *Buck Converter*.
- d) Pengujian rangkaian *Buck Converter*  
Pengujian ini dilakukan untuk melihat keberhasilan rangkaian bekerja menurunkan tegangan.
- e) Pengujian sensor arus  
Pengujian ini dilakukan untuk melihat keberhasilan sensor arus dalam membaca nilai arus medan ( $I_f$ ) dan arus pengisian baterai.
- f) Pengujian sensor tegangan  
Pengujian ini dilakukan untuk melihat keberhasilan sensor tegangan dalam membaca nilai tegangan keluaran alternator untuk pengisian baterai.
- g) Pengujian secara keseluruhan  
Pengujian alat secara keseluruhan ini dilakukan dengan memberikan putaran pada alternator dan mengaktifkan rangkaian *Buck Converter*, apakah dapat mengatur arus medan ( $I_f$ ) dan menstabilkan tegangan yang diinginkan untuk mengisi baterai.



## BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Bab ini membahas tentang perancangan alat berupa *Charge Controller* untuk pengisian baterai. Perancangan sistem ini meliputi perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Perancangan perangkat keras (*hardware*) meliputi perancangan *driver* mosfet, perancangan minimum sistem mikrokontroler ATmega8 sebagai pengatur *Pulse Width Modulation* (PWM), perancangan catu daya 5 volt sebagai catu daya mikrokontroler, dan perancangan sensor tegangan. Perancangan perangkat lunak meliputi perancangan program pada mikrokontroler ATmega8 menggunakan bahasa C.

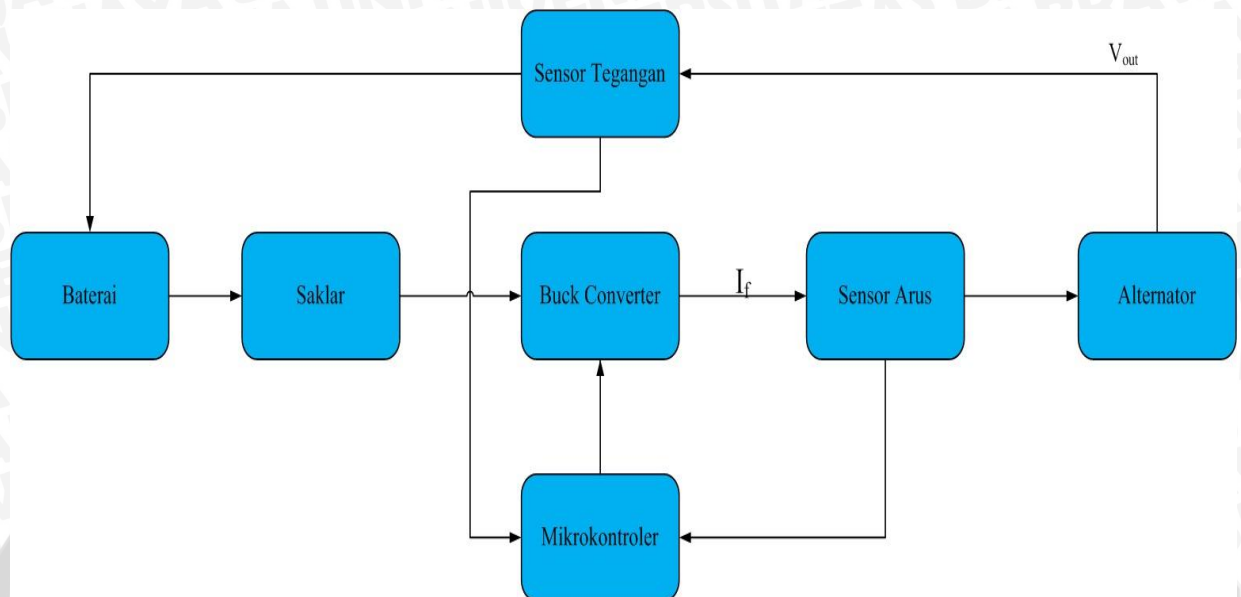
### 4.1 Penentuan Spesifikasi Alat

Alat dirancang untuk memenuhi spesifikasi sebagai berikut :

- Alat bekerja mengatur mengatur arus medan ( $I_f$ ) dari baterai yang masuk ke alternator.
- Alternator yang digunakan yaitu alternator bekas dari mobil merk Daihatsu dengan spesifikasi 12 V; 40 A.
- Baterai yang digunakan berkapasitas 7,2 Ah; 12V.
- Untuk menaikkan atau menurunkan arus medan ( $I_f$ ) dari baterai digunakan pengaturan PWM.
- Mikrokontroler ATmega8 sebagai pengatur PWM.
- Komponen utama pensaklaran *Buck Converter* menggunakan MOSFET IRFP460.
- Keseluruhan sistem alat bekerja mengisi baterai 12 volt dengan tegangan pengisian baterai 13 volt sampai 13,5 volt.
- Catu daya untuk *Charge Controller* ini 5 volt.

## 4.2 Diagram Blok Sistem

Berdasarkan spesifikasi yang telah ditentukan, maka alat dapat dirangkum dalam sebuah diagram blok seperti yang ditunjukkan Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram blok sistem *charge controller*

Keterangan Gambar 4.1 sebagai berikut :

- Alternator digunakan sebagai alat konversi tenaga kayuhan manusia menjadi energi listrik.
- Sensor arus digunakan untuk mengukur nilai arus medan ( $I_f$ ) yang masuk ke rotor alternator dan untuk mengukur nilai arus pengisian baterai.
- Sensor tegangan digunakan untuk mengukur nilai tegangan baterai.
- Mikrokontroler digunakan sebagai pembangkit *Pulse Width Modulation* (PWM) untuk mengatur nilai *duty cycle*.
- *Buck Converter* sebagai pengatur arus medan ( $I_f$ ) dari baterai.

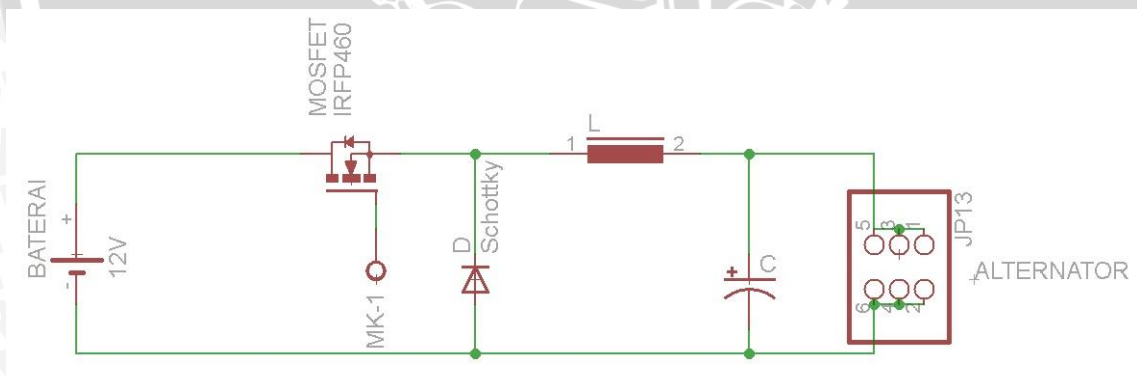
Sistem pada Gambar 4.1 dimulai dengan menutup Saklar secara manual, kemudian *Buck Converter* ON. Arus dari baterai akan mengalir menuju rangkaian *Buck Converter*. Nilai arus keluaran dari *buck converter* akan diukur oleh sensor arus, jika nilai arus keluaran dari *buck converter* belum mencapai arus medan minimum yang dibutuhkan alternator maka mikrokontroler akan mengatur nilai *duty cycle*. Alternator diputar

menggunakan sepeda statis, maka dengan energi kayuhan manusia akan menghasilkan energi listrik. Sensor tegangan digunakan untuk membaca nilai tegangan pengisian baterai yg keluar dari alternator. Jika tegangan keluaran alternator kurang atau lebih dari tegangan yang diperbolehkan untuk mengisi baterai, maka arus medan ( $I_f$ ) ditambah atau dikurangi dengan cara mengatur nilai *duty cycle* oleh mikrokontroler. Sensor arus yang dipasang digunakan untuk membaca nilai dari arus pengisian baterai. Jika nilai arus pengisian minimal terpenuhi, maka arus akan mengalir ke baterai. Mikrokontroler akan mengubah-ubah *duty cycle* sesuai dengan kebutuhan untuk mengatur arus medan ( $I_f$ ). *Duty cycle* merupakan perbandingan antara waktu *on* (logika 1) dan periode pensaklaran. Nilai *duty cycle* akan mempengaruhi rangkaian *Buck Converter* untuk menaikkan atau menurunkan nilai arus medan ( $I_f$ ).

### 4.3 Perancangan Perangkat Keras

#### 4.3.1 Perancangan Buck Converter

*Buck Converter* merupakan rangkaian yang dapat menurunkan tegangan dari tegangan masukan sesuai dengan kebutuhan. Rangkaian *Buck Converter* terdiri dari mosfet, dioda, kapasitor dan induktor. Rangkaian lengkap *buck converter* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Skematik rangkaian *Buck Converter*

##### 4.3.1.1 Pemilihan Induktor

Rangkaian buck converter yg dirancang memenuhi spesifikasi tegangan masukan ( $V_s$ ) = 12 volt, untuk pengaturan awal *duty cycle* minimal diatur 50%, sehingga nilai tegangan keluaran ( $V_o$ ) = 6 volt. Arus maksimum yang melewati induktor ( $I_L$ ) = 5 ampere, ripple arus pada induktor ( $\Delta i_L$ ) = 5% dari nilai arus yang



melewati induktor, dan *switching* frekuensi ( $f$ ) = 50 kHz. Perancangan buck converter ini menggunakan mode CCM (Continuous Conduction Mode), yaitu dimana nilai arus induktor harus di atas 0.

Maka nilai *ripple* arus ( $\Delta i_L$ ) adalah  $\Delta i_L = 0,05 \cdot I_L = (0,05)(5) = 0,25 \text{ A}$

Dari Persamaan (2-2) didapatkan nilai induktor.

$$L = \left( \frac{V_s - V_o}{\Delta i_L f} \right) D$$

$$L = \left( \frac{V_s - V_o}{\Delta i_L f} \right) D = \frac{12 - 6}{(0,25)(50 \times 10^3)} \times 0,5 = 0,24 \text{ mH}$$

#### 4.3.1.2 Pemilihan Kapasitor

Perancangan nilai kapasitor diawali dengan penentuan nilai *ripple* tegangan yang diperbolehkan melewati kapasitor. Untuk perancangan alat ini, ditentukan  $\Delta V_{oc} = 5\%$  dari tegangan rata-rata yang melewati kapasitor (C). Tegangan keluaran kapasitor adalah penjumlahan tegangan keluaran dan masukan pada buck converter.

$$V_{oc} = V_s + V_o = 12 + 6 = 18 \text{ Volt}$$

Untuk *ripple* tegangan :

$$\Delta V_{oc} = 0,05 \times 18 = 0,9 \text{ Volt}$$

Untuk mencari nilai kapasitor (C) dapat dilihat pada Persamaan (2-3).

$$C = \frac{1-D}{8 L (\Delta V_{oc} / V_{oc}) f^2} = \frac{(1-0,5)}{(8)(2,4 \times 10^{-4})(0,9/18)(50 \times 10^3)^2} = 2,083 \mu\text{F}$$

#### 4.3.1.3 Pemilihan Dioda

Dalam pemilihan dioda dipilih dioda *Schottky* karena dioda jenis ini memiliki tegangan maju yang rendah dan memiliki *reverse recovery time* yang cepat. Pemilihan dioda berdasarkan nilai *maximum recurrent peak reverse voltage* ( $V_{RRM}$ ) dan nilai rata-rata arus maju dioda ( $I_{AV}$ ). Pada saat kondisi dioda OFF, maka  $V_{RRM}$  dioda sama dengan tegangan rata-rata kapasitor (C), yaitu  $V_C = V_{RRM} = 18 \text{ volt}$ . Rata-rata arus maju dioda saat mosfet off adalah sama dengan arus induktor, maka  $I_{AV} = I_L = 5 \text{ ampere}$ . Untuk itu digunakan dioda tipe 6A05 MIC. Dipilih dioda tipe 6A05 MIC ini, karena berdasarkan

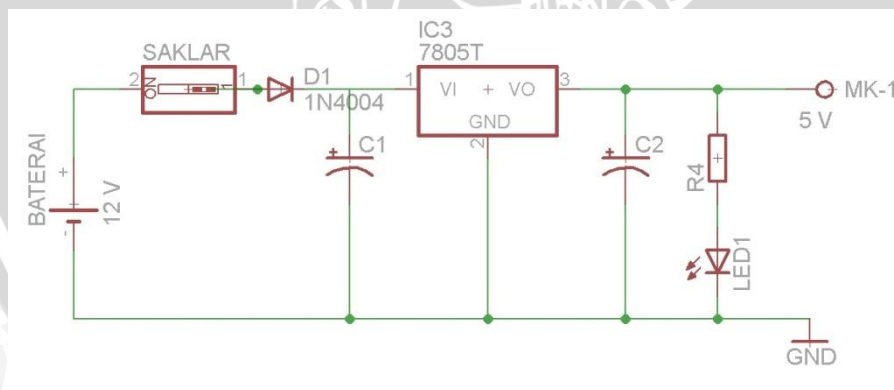
*datasheet* mempunyai  $V_{RRM}$  maksimum sebesar 50 volt dan  $I_{AV}$  maksimum sebesar 6,5 ampere.

#### 4.3.1.4 Pemilihan Mosfet

Mosfet daya biasanya digunakan untuk aplikasi yang mempunyai daya rendah. Tegangan mosfet dapat mencapai 12 volt, dikarenakan tegangan maksimum dari baterai untuk memicu mosfet maksimum juga 12 volt. Arus puncak dari mosfet sama dengan arus maju pada dioda yaitu 6,5 ampere. Untuk itu menggunakan mosfet yang tersedia di pasaran dan sesuai dengan ketentuan di atas, yaitu mosfet tipe IRFP460 dengan nilai  $I_D = 20$  ampere dan  $V_{DS} = 500$  volt.

#### 4.3.2 Perancangan Rangkaian Catu Daya

Pada perancangan rangkaian catu daya ini, tegangan keluaran yang dihasilkan adalah 5 volt. Karena sesuai dengan *datasheet* mikrokontroler ATmega8 dapat bekerja jika diberi catu tegangan antara 4,5 volt hingga 5,5 volt. Catu daya 5 volt diperoleh dari baterai. Keluaran maksimum dari baterai sebesar 12 volt, sehingga dibutuhkan rangkaian catu daya agar keluarannya menjadi 5 volt. Rangkaian catu daya ditunjukkan pada Gambar 4.3.

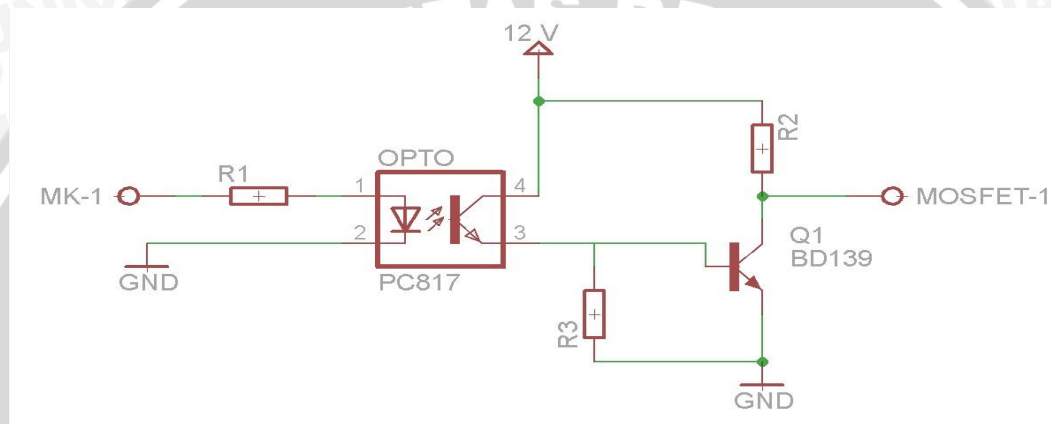


Gambar 4.3 Rangkaian catu daya 5 volt.

Tegangan DC 5 volt digunakan untuk memberikan catu daya pada rangkaian mikrokontroler, maka tegangan keluaran baterai diberikan ke rangkaian *Fixed Output Regulator* LM7805. Berdasarkan *datasheet* LM7805, tegangan masukan minimum regulator LM7805 agar dapat bekerja dengan baik sebesar 7 volt dan maksimum 25 volt, jadi tegangan keluaran dari baterai sebesar 12 volt dapat digunakan.

### 4.3.3 Perancangan *Driver* MOSFET

*Driver* MOSFET digunakan untuk memicu *gate* mosfet agar bekerja pada rangkaian *Buck Converter* serta memisahkan tegangan 5 volt dari mikrokontroler dengan tegangan 12 volt untuk *gate* mosfet. Optocoupler yang digunakan tipe PC817 yang berfungsi sebagai pengaman mikrokontroler, jika terjadi arus balik dari rangkaian *Buck Converter*. Optocoupler PC817 memiliki *time rise* dan *time fall* cukup kecil yaitu 4  $\mu$ s dan 3  $\mu$ s, sehingga dapat meneruskan sinyal dengan frekuensi tinggi. Rangkaian dari *driver* mosfet ditunjukkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Rangkaian *driver* MOSFET.

Optocoupler PC817 memiliki spesifikasi sebagai berikut :

- *Time rise* = 4  $\mu$ s
- *Time fall* = 3  $\mu$ s
- $I_{Fmax}$  = 50 mA
- $V_{Fmax}$  = 1,4 V
- $I_{Cmax}$  = 50 mA
- $V_{CEmax}$  = 0,2 V

Pada *collector* optocoupler diparalel dengan resistor R2 yang dihubungkan dengan *collector* dari transistor NPN BD139. Transistor BD139 memiliki spesifikasi sebagai berikut:

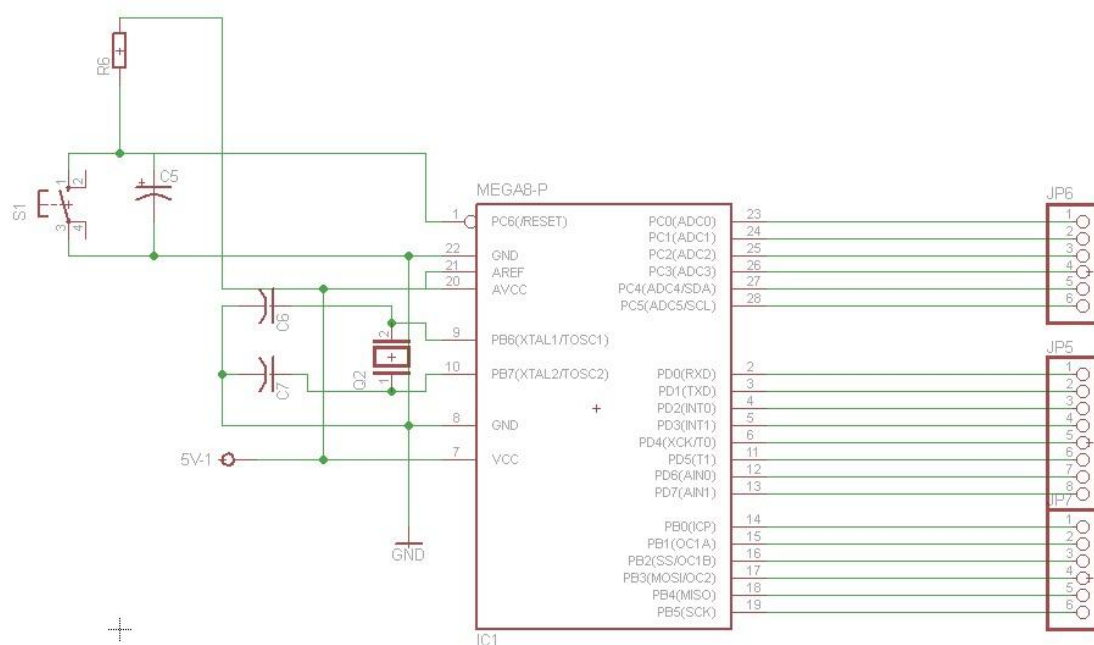
- $I_{B max}$  = 0,5 A
- $I_{Cmax}$  = 1,5 A



- $V_{CE\ sat}$  = 0,5 V
- $h_{fe\ max}$  = 160
- $V_{BE\ sat}$  = 1 V

#### 4.3.4 Minimum Sistem Mikrokontroler

Rangkaian mikrokontroler merupakan minimum sistem sederhana yang terdiri dari *crystal* 16 MHz untuk mengatur frekuensi *clock* pada PWM agar frekuensi yang dihasilkan lebih stabil, dan tombol *reset* yang digunakan untuk me-*restart* program sehingga kembali ke program awal. Mikrokontroler yang akan digunakan dalam alat ini adalah ATmega8. Rangkaian minimum mikrokontroler ditampilkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Minimum sistem mikrokontroler.

Mikrokontroler juga digunakan sebagai tempat penghasil sinyal PWM yang akan digunakan sebagai *switching* mosfet pada *Buck Converter* melalui rangkaian *driver* MOSFET. PIN yang digunakan pada mikrokontroller ATmega8 ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 PIN yang digunakan pada mikrokontroler ATmega8

No. PIN	Nama	Keterangan Fungsi
1	RESET	Reset mikrokontroler
22	GND	Ground
7	VCC	Catu daya mikrokontroler 5 volt
17-19	PB.(3-5)	PIN SPI
15	PB.1	PIN <i>timer</i> (PWM)
2-5	PD.(0-2)	PIN LCD
6, 11-13	PD.(4-7)	PIN LCD
23	PC.0	Sensor arus
24	PC.1	Sensor arus
25	PC.2	Sensor Tegangan

#### 4.3.4.1 Pulse Width Modulation (PWM)

Gelombang PWM yang dihasilkan oleh mikrokontroler merupakan fitur dari 16bit *Timer/Counter* 1 yang dioperasikan *Fast PWM mode*. Frekuensi yang dibutuhkan 50.000 Hz dengan komponen *crystal* yang terpasang pada mikrokontroler sebesar 16 MHz serta menggunakan *prescaller* (N) sebesar 1, maka dengan menggunakan persamaan (2-7) didapatkan nilai TOP.

$$(TOP + 1) = \frac{f_{clk} / O}{N \times f_{PWM}}$$

$$(TOP + 1) = \frac{16 \times 10^6}{1 \times 50 \times 10^3}$$

$$(TOP + 1) = 320$$

$$TOP = 319$$

Agar duty cycle dapat diubah dan dikeluarkan pada pin OCR1A, maka nilai TOP dimasukkan pada register ICR1 dan perubahan *duty cycle* dimasukkan pada register OCR1A. Nilai duty cycle dipengaruhi oleh nilai TOP. Semakin kecil nilai resolusi *duty cycle* tiap bit, maka semakin akurat nilai *duty cycle* dalam bentuk digital. Besar range OCR1A sama dengan nilai TOP, sehingga resolusi dari perubahan duty cycle setiap bit sebagai berikut :

$$Resolusi_{duty\ cycle} = \frac{100\%}{319} = 0,313\% / bit \quad (4-2)$$

Artinya dalam kenaikan 1 bit, maka nilai *duty cycle* akan naik sebesar 0,313%.

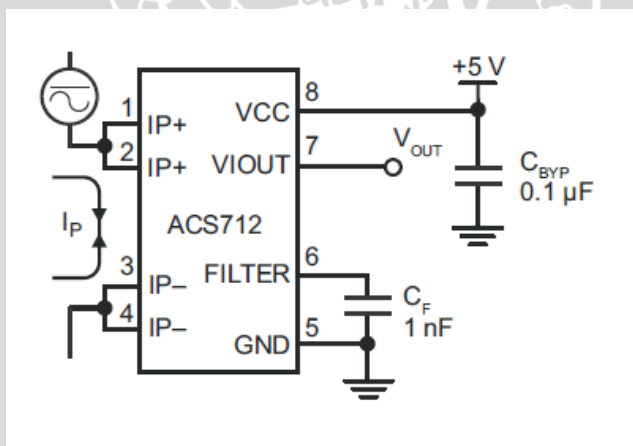
#### 4.3.4.2 Analog to Digital Converter

*Analog to Digital Converter* pada fitur mikrokontroler ATMega8 menggunakan resolusi 10-bit. Hal ini agar mendapatkan nilai yang akurat dalam pengambilan data keluaran konverter yang berupa tegangan dan arus. Nilai *range* dari keluaran sensor tegangan sebesar 0 sampai 5 volt dan untuk nilai *range* tegangan analog yang dihasilkan sensor arus sebesar 2,5 sampai 3 volt. Sehingga resolusi ADC untuk tegangan dan arus adalah sebagai berikut :

$$Resolusi_{ADC} = \frac{5}{1023} = 0,0048\ volt/bit \quad (4-3)$$

#### 4.3.5 Perancangan Rangkaian Sensor Arus

Rangkaian sensor arus untuk membaca nilai arus keluaran rangkaian *Buck Converter* dan arus pengisian baterai dari keluaran alternator. Rangkaian minimum sistem dari sensor arus ACS712 dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Rangkaian minimum sistem sensor arus ACS 712.

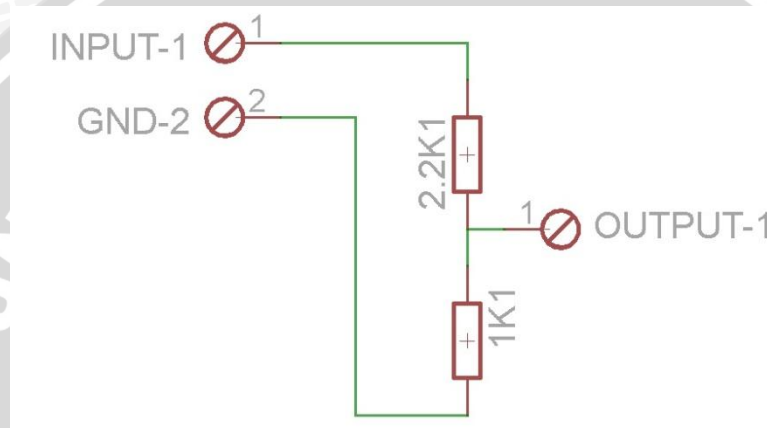
Dalam pembuatan alat ini, sensor arus yang digunakan adalah sensor arus ACS712 dari *Allegro MicroSystem*. Sensor ini dapat membaca arus DC maupun arus AC dengan *range* arus dari -20 sampai 20 ampere, serta memiliki impedansi yang kecil yaitu 1,2 mΩ, sehingga *losses* dari sensor arus ini kecil. Sensor arus ini mengeluarkan tegangan dari 0 - 5 volt, untuk *range* arus -5 sampai dengan 5 ampere, dimana saat arus



bernilai 0 ampere, maka tegangan keluaran dari sensor adalah 2,5 volt. Sedangkan saat arus bernilai 5 ampere tegangan keluaran dari sensor adalah 3 volt.

#### 4.3.6 Perancangan Sensor Tegangan

Rangkaian sensor tegangan digunakan untuk membaca nilai tegangan keluaran dari alternator. Sensor tegangan yang dirancang adalah rangkaian pembagi tegangan. Sensor ini dirancang dapat membaca tegangan maksimum 16 volt. Rangkaian sensor tegangan dapat dilihat pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 Rangkaian sensor tegangan.

Sensor ini mengeluarkan tegangan dari 0 - 5 volt, untuk range tegangan 0 - 16 volt. Pada perancangan sensor ini, untuk nilai  $R_2$  ditentukan sebesar 1 k $\Omega$ . Maka nilai resistor  $R_1$  dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times V_{in} \quad (4-4)$$

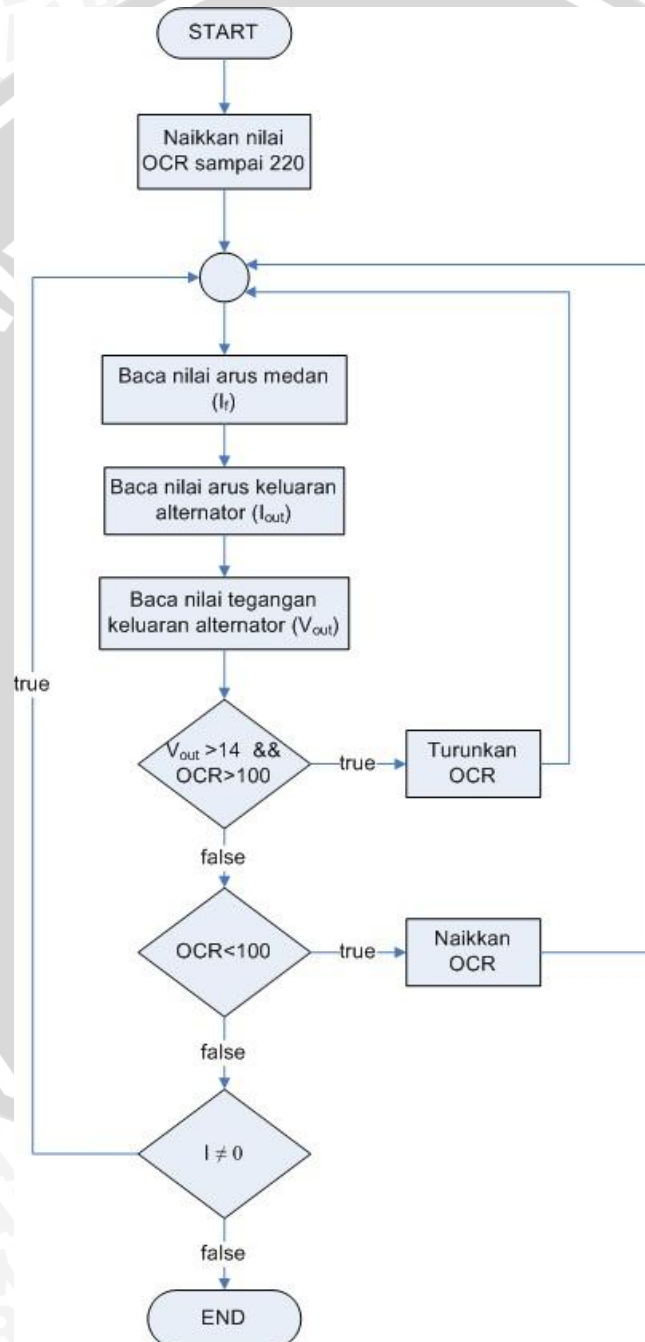
$$5 = \frac{1 \text{ k}\Omega}{R_1 + 1 \text{ k}\Omega} \times 16$$

$$R_1 = 2,2 \text{ k}\Omega$$

Jadi  $R_1$  yang digunakan dalam rangkaian sensor tegangan bernilai 2,2 k $\Omega$ ..

#### 4.4 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak digunakan sebagai pengendali dan pengatur kerja dari perangkat keras. Dalam perancangan perangkat lunak dibuat terlebih dahulu *flowchart* keseluruhan sistem, kemudian dilanjutkan dengan penerapan metode pengisian baterai dalam mikrokontroler ATmega8 menggunakan bahasa C dengan *compiler CodeVision AVR*. Diagram alir pada Gambar 4.8 menjelaskan tentang algoritma perangkat lunak untuk mendukung pengoperasian alat.

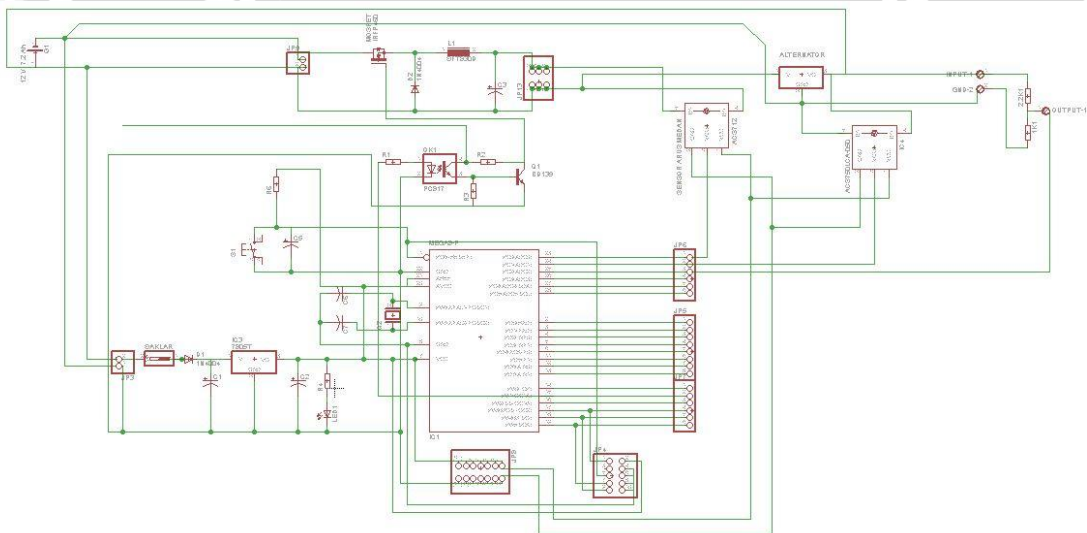


Gambar 4.8 Diagram alir perangkat lunak.

Untuk keadaan awal nilai *duty cycle* diatur dengan menaikkan nilai masukan OCR mulai dari 0 sampai 220. Kemudian dilanjutkan proses mikrokontroler membaca arus medan ( $I_f$ ) dari keluaran rangkaian *Buck Converter*, arus pengisian baterai ( $I$ ), dan tegangan pengisian baterai ( $V_{out}$ ) yang dikeluarkan oleh alternator. Nilai *duty cycle* akan diubah agar arus medan ( $I_f$ ) dari keluaran rangkaian *Buck Converter* juga berubah, sehingga tegangan yang dihasilkan alternator bisa diatur tidak lebih dari 14 volt, karena berdasarkan datasheet baterai, batas maksimal tegangan pengisian baterai yg diperlukan adalah 14 volt.

#### 4.5 Gambar Rangkaian Keseluruhan Sistem

Gambar keseluruhan sistem ditunjukkan pada gambar 4.9.



Gambar 4.9 Rangkaian keseluruhan sistem.



## BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS

Bab ini membahas pengujian dan analisis alat yang telah dirancang. Pengujian dilakukan pengukuran tiap-tiap blok untuk mengetahui kerja dari tiap blok apakah sesuai dengan yang telah direncanakan. Pengujian yang dilakukan adalah :

- 1) Pengujian rangkaian catu daya
- 2) Pengujian mikrokontroler
- 3) Pengujian rangkaian *driver* mosfet
- 4) Pengujian rangkaian *Buck Converter*
- 5) Pengujian sensor arus
- 6) Pengujian sensor tegangan
- 7) Pengujian secara keseluruhan

### 5.1 Pengujian Rangkaian Catu Daya Mikrokontroler

#### 5.1.1 Tujuan

Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah rangkaian catu daya mikrokontroler bekerja sesuai dengan fungsinya. Tegangan yang dibutuhkan sebesar 5 volt untuk mencatu mikrokontroler.

#### 5.1.2 Peralatan Pengujian

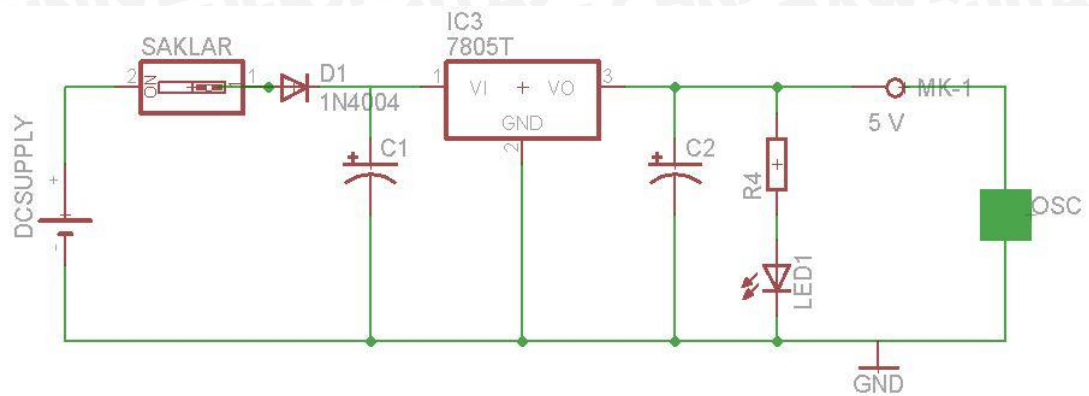
Dalam melakukan pengujian catu daya dibutuhkan beberapa peralatan berikut :

- a. Sumber tegangan DC
- b. *Regulator* LM7805
- c. Osiloskop

#### 5.1.3 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian melakukan pengujian rangkaian catu daya sebagai berikut:

1. Menyusun rangkaian seperti ditunjukkan pada Gambar 5.1.

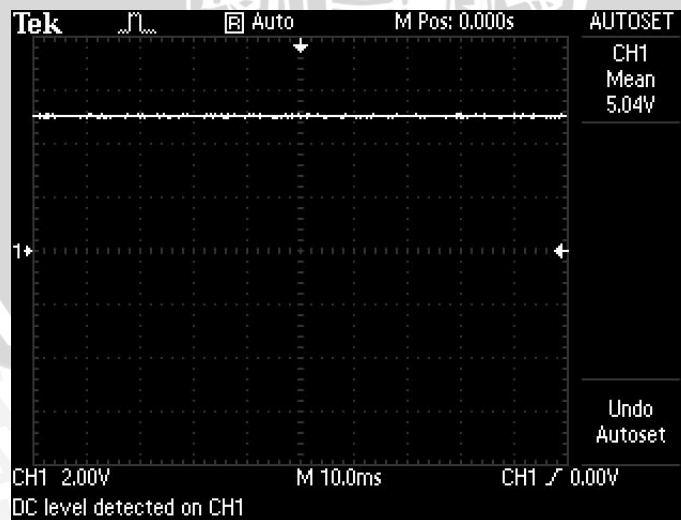


Gambar 5.1 Rangkaian Pengujian Catu Daya

2. Memberikan tegangan pada regulator di atas 5 volt.
3. Melihat tegangan keluaran dari regulator 5 volt.

#### 5.1.4 Hasil dan Pembahasan

Pada pengujian catu daya mikrokontroler, bertujuan melihat kerja dari regulator untuk mencatu tegangan 5 volt. Sumber DC memberikan nilai tegangan yang beragam pada regulator. Berdasarkan datasheet nilai batas tegangan minimumnya yaitu 7 volt. Gambar 5.2 menunjukkan contoh hasil pengujian catu daya 5 volt.



Gambar 5.2 Contoh hasil pengujian catu daya 5 volt

Hasil pengujian rangkaian catu daya dengan nilai tegangan masukan yg beragam dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Tabel hasil pengujian rangkaian catu daya

$V_{in}$ (volt)	$V_{out}$ (volt)
7	4,75
8	4,8
9	4,9
10	5
11	5,02
12	5,04

Dari hasil catu daya 5 volt di atas dengan tegangan masukan 12 volt, *regulator* LM7805 mengeluarkan tegangan sebesar 5,04 volt. Menurut *datasheet Regulator* LM7805 memiliki tegangan keluaran minimum sebesar 4,75 volt dan maksimum sebesar 5,25 volt. Sehingga *regulator* LM7805 bekerja dengan baik..

## 5.2 Pengujian PWM pada Mikrokontroler

### 5.2.1 Tujuan

Pengujian ini dilakukan untuk melihat bentuk gelombang PWM dan frekuensi yang diinginkan rangkaian *Buck Converter*. Berdasarkan perancangan pada *buck converter*, frekuensi yang dibutuhkan rangkaian sebesar 50kHz. Untuk melihat bentuk gelombang dan frekuensi PWM dibutuhkan osiloskop.

### 5.2.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah:

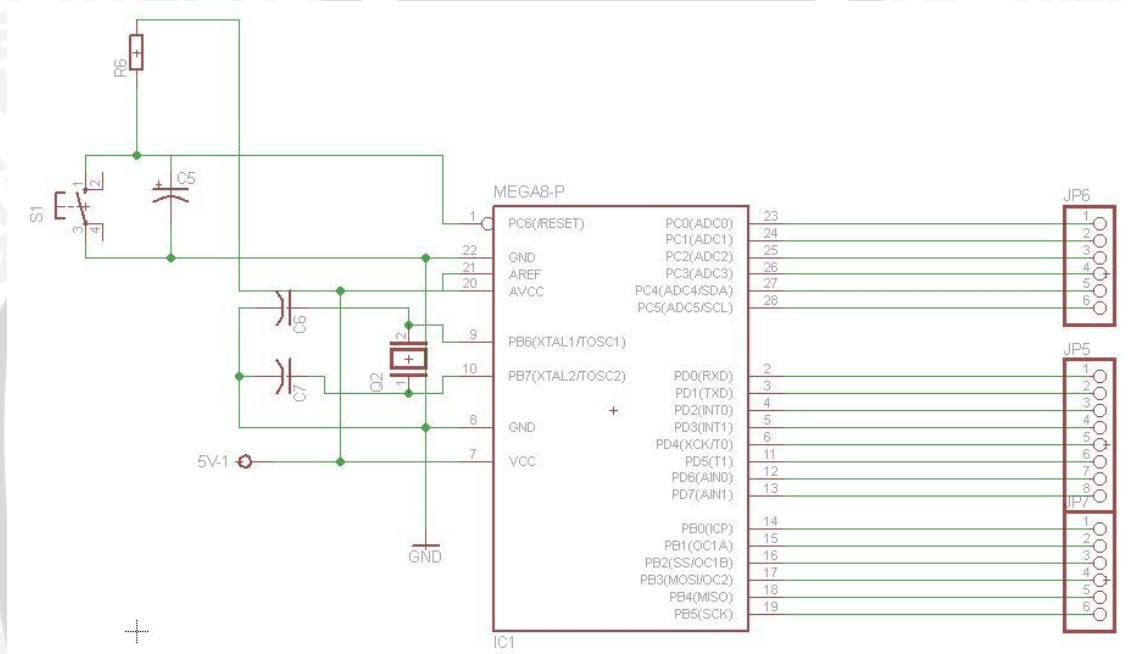
1. Mikrokontroler ATmega8 dan sumber tegangan DC 5 volt
2. Osiloskop



### 5.2.3 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian PWM pada mikrokontroler sebagai berikut:

1. Membuat perangkat lunak mikrokontroler ATmega8 yang digunakan untuk mengeluarkan PWM, dengan menggunakan program CAVR. Kemudian program di-*upload* ke dalam mikrokontroler.
2. Menyusun rangkaian yang ditunjukkan pada Gambar 5.3 berikut :

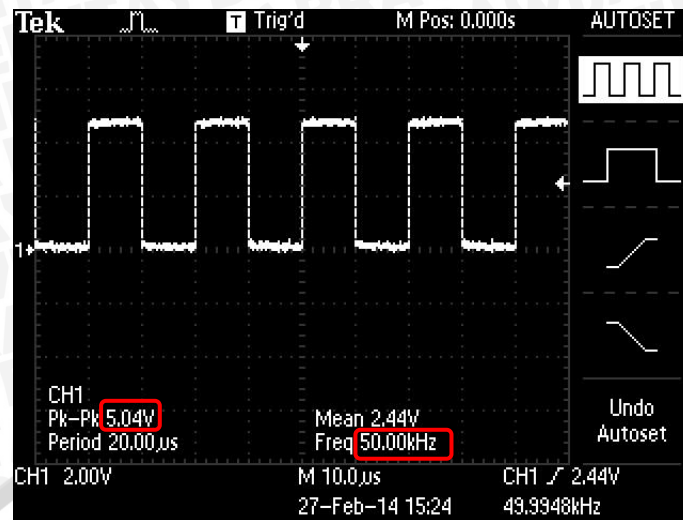


Gambar 5.3 Rangkaian Pengujian PWM Mikrokontroler ATmega8

3. Menghubungkan *probe* osiloskop pada PIN 15 mikrokontroler dan ground.
4. Melihat hasil PWM yang ditunjukkan pada osiloskop.

### 5.2.4 Hasil dan Pembahasan

Pada mikrokontroler di-*upload* dengan *duty cycle* senilai 50% dan frekuensi 50 kHz. Contoh bentuk gelombang PWM dengan tegangan masukan 5 volt, diatur *duty cycle* 50% dan frekuensi 50 kHz yang dihasilkan mikrokontroler dapat ditunjukkan pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Bentuk gelombang PWM 50% dan frekuensi 50 kHz

Hasil pengujian PWM pada mikrokontroler dengan nilai duty cycle yg beragam dapat dilihat pada Tabel 5.2.

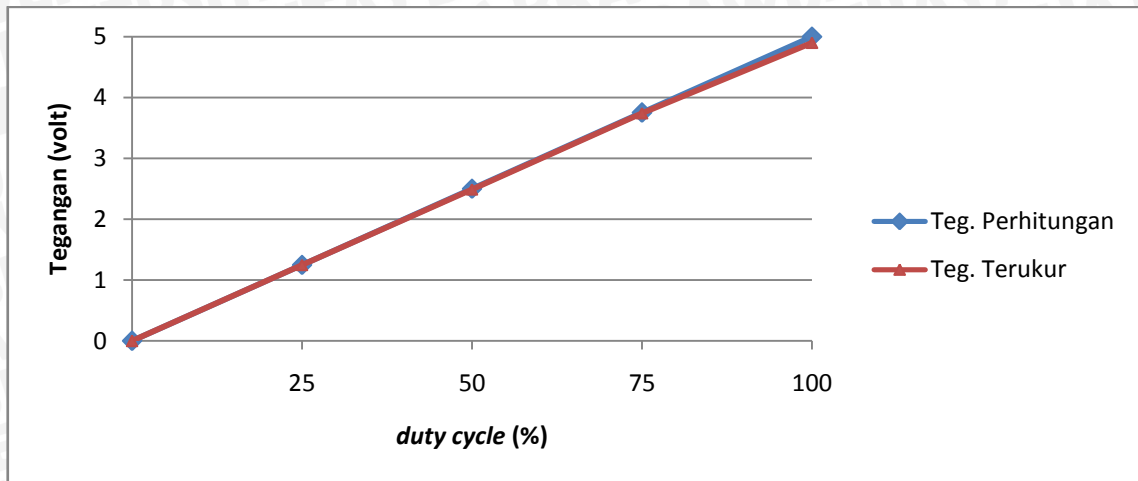
Tabel 5.2 Tabel hasil pengujian PWM mikrokontroler

No.	Duty Cycle (%)	Tegangan Perhitungan (volt)	Tegangan Terukur (volt)	Kesalahan (%)
1.	0	0	0	0
2.	25	1,25	1,25	0
3.	50	2,50	2,44	0,24
4.	75	3,75	3,74	0,27
5.	100	5,00	4,9	0,4

Tegangan perhitungan didapat dari persamaan berikut:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{per hitungan}} &= V_{CC} \times PWM \\
 &= 5 \text{ volt} \times 50\% \\
 &= 2,50 \text{ volt}
 \end{aligned}$$

Grafik perbandingan antara tegangan yang sebenarnya dengan tegangan terukur ditunjukkan Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Grafik perbandingan pengukuran tegangan sebenarnya dengan tegangan hasil pengukuran

### 5.3 Pengujian *Driver* MOSFET

#### 5.3.1 Tujuan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah *driver* mosfet dapat meneruskan sinyal keluaran dari mikrokontroler dan sesuai dengan yang dibutuhkan rangkaian.

#### 5.3.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah:

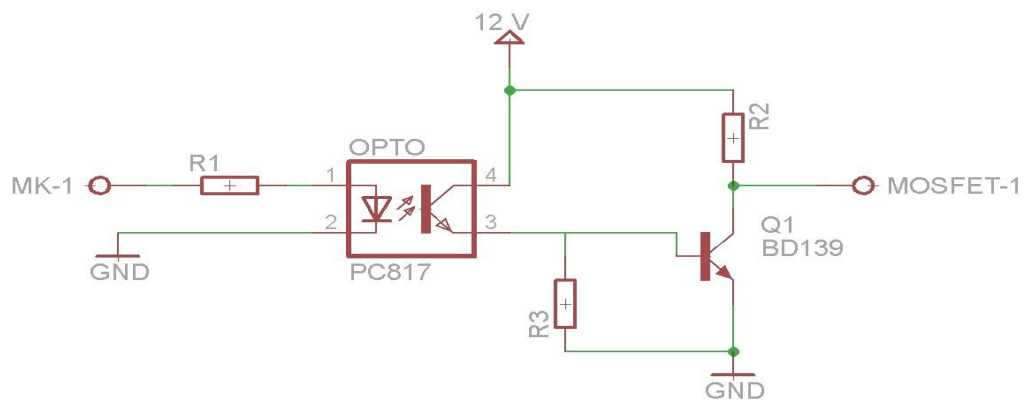
1. Mikrokontroler ATmega 8
2. *Optocoupler* PC817
3. Osiloskop

#### 5.3.3 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian *driver* MOSFET adalah:

1. Membuat rangkaian seperti pada Gambar 5.6 berikut :





Gambar 5.6 Rangkaian pengujian driver MOSFET

2. Menghubungkan PIN 15 pada mikrokontroler dengan rangkaian *driver* MOSFET.
3. Menghubungkan *probe* osiloskop pada keluaran *driver* MOSFET.
4. Melihat bentuk gelombang yang dihasilkan *driver* MOSFET.

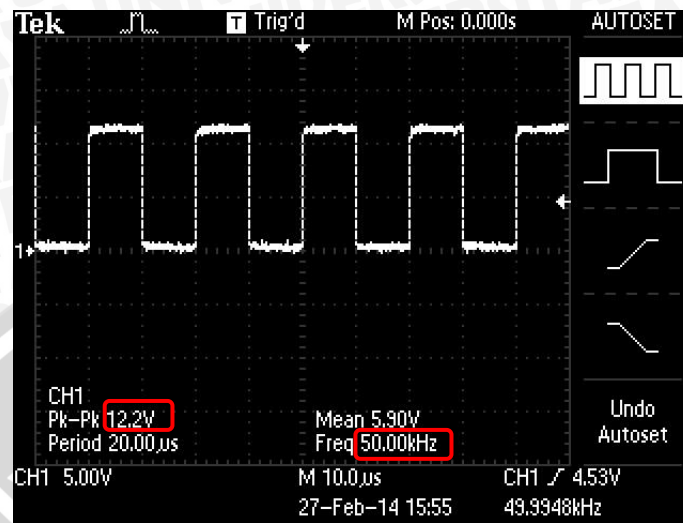
### 5.3.4 Hasil dan Pembahasan

Pengujian ini melihat bentuk gelombang PWM dari keluaran *driver* mosfet dengan memberikan tegangan masukan sebesar 12 volt. Hasil pengujian keluaran pada *driver* MOSFET dengan nilai *duty cycle* yg beragam dapat dilihat pada Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Tabel hasil pengujian driver MOSFET

No.	<i>Duty Cycle</i> (%)	Tegangan Perhitungan (volt)	Tegangan Terukur (volt)
1.	0	0	0
2.	25	3	3,20
3.	35	4,2	4,47
4.	50	6	5,90
5.	75	9	9,02
6.	100	12	11,80

Contoh hasil bentuk gelombang keluaran *driver* mosfet ditunjukkan pada Gambar 5.7 berikut :



Gambar 5.7 Contoh bentuk gelombang keluaran driver MOSFET dengan duty cycle 50%

Bentuk gelombang dari rangkaian *driver* mosfet sudah sesuai dengan masukannya. Masukan dari *driver* mosfet merupakan PWM dari mikrokontroler. Kesalahan pembacaan tegangan dan frekuensi yang ditunjukkan Gambar 5.7 disebabkan ketidakstabilan dari sumber tegangan.

## 5.4 Pengujian Rangkaian *Buck Converter*

### 5.4.1 Tujuan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah rangkaian *Buck Converter* dapat bekerja sesuai dengan fungsinya. *Buck Converter* bekerja untuk menurunkan tegangan dari baterai ke alternator. Hal ini dilakukan dengan memberikan tegangan pada rangkaian *Buck Converter* menggunakan baterai sebagai sumber DC. Tegangan keluaran *Buck Converter* sesuai dengan nilai PWM yang telah di-*upload* pada mikrokontroler.

### 5.4.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam pengujian ini adalah:

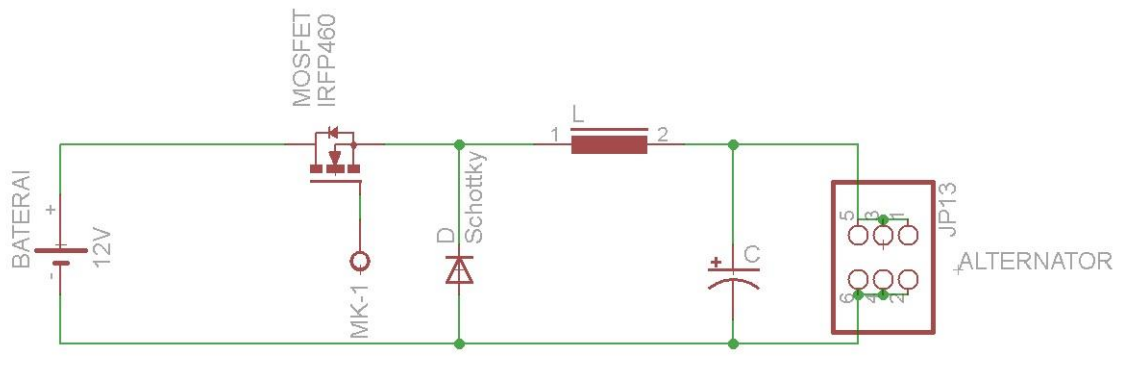
1. Baterai sebagai sumber tegangan DC

2. Rangkaian *Buck Converter*
3. Multimeter digital

### 5.4.3 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian rangkaian *Buck Converter* dilakukan beberapa tahap, yaitu :

1. Menyusun rangkaian seperti pada Gambar 5.8 berikut :



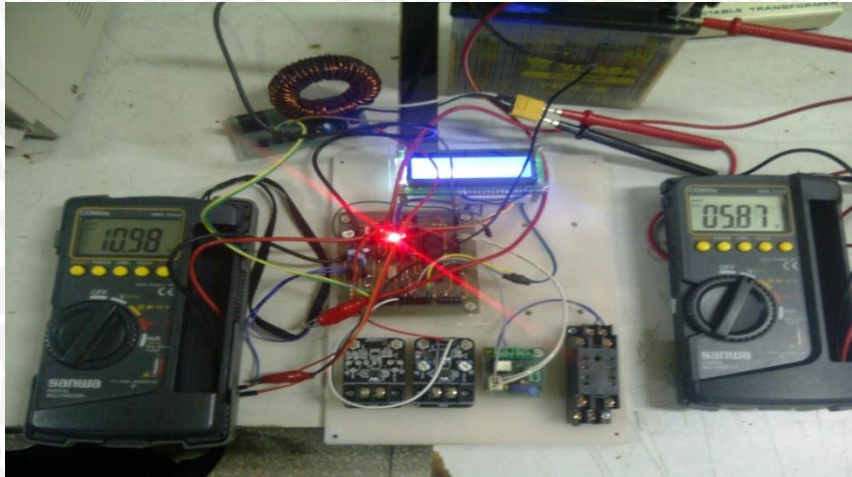
Gambar 5.8 Rangkaian pengujian *Buck Converter*

2. Memberikan tegangan masukan ke rangkaian *Buck converter*.
3. Melihat tegangan keluaran dari rangkaian *Buck converter*.

### 5.4.4 Hasil dan Pembahasan

Pada pengujian ini melihat kerja dari rangkaian *Buck Converter* dalam menurunkan tegangan. Pengujian dilakukan dengan memberikan tegangan sumber dari baterai yg mempunyai tegangan 10,98 volt pada masukan *Buck Converter*. Gambar 5.9 menunjukkan hasil pengujian rangkaian *Buck Converter* dengan menurunkan tegangan 10,98 volt menjadi 5,87 volt. Jadi rangkaian *buck converter* ini dapat bekerja dengan baik.





Gambar 5.9 Hasil pengujian rangkaian *Buck Converter* untuk menurunkan tegangan

## 5.5 Pengujian Sensor Arus

### 5.5.1 Tujuan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sensor arus dapat membaca arus keluaran dari rangkaian *Buck Converter* dan arus keluaran dari alternator. Hal ini dilakukan dengan memberikan arus pada sensor arus, kemudian sensor arus mengkonversi besar arus menjadi besar tegangan yang akan terbaca pada tegangan keluaran sensor arus.

### 5.5.2 Peralatan

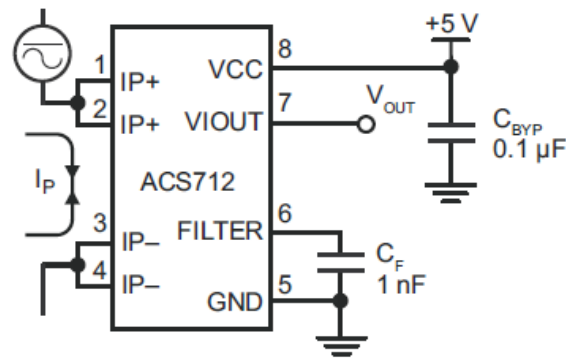
Pengujian sensor arus dilakukan dengan menggunakan peralatan berikut :

1. Sumber tegangan DC
2. Sensor arus ACS712
3. Osiloskop

### 5.5.3 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian sensor arus dilakukan beberapa tahap, yaitu :

1. Menyusun rangkaian seperti Gambar 5.10 berikut :

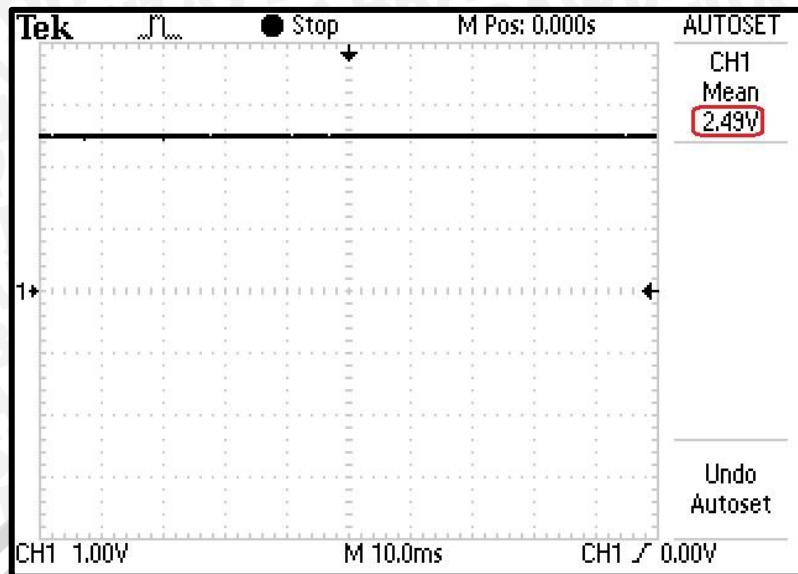


Gambar 5.10 Rangkaian pengujian sensor arus

2. Menghubungkan sumber tegangan DC dengan sensor arus
3. Menghubungkan sensor arus pada catu daya 5 volt
4. Memberikan tegangan pada sensor arus, hal ini juga mengalirkan arus pada sensor arus
5. Melihat hasil konversi arus menjadi tegangan yang terbaca pada tegangan keluaran sensor arus dengan menggunakan osiloskop

#### 5.5.4 Hasil dan Pembahasan

Pada pengujian ini membandingkan hasil pengujian dengan *datasheet* sensor arus ACS712. Untuk pengujian pertama, diberikan arus 0 ampere, maka tegangan keluaran yang terbaca pada sensor arus sebesar 2,5 volt. Contoh gelombang hasil pengujian sensor arus dapat dilihat pada Gambar 5.11.



Gambar 5.11 Contoh hasil pengujian sensor arus ACS712

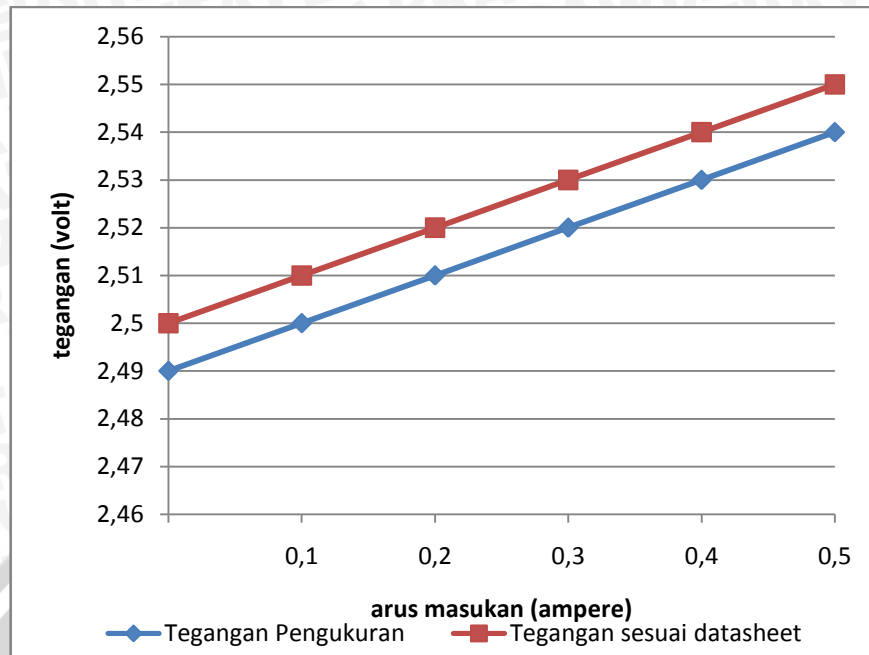
Tabel 5.4 menunjukkan hasil pengujian sensor arus dengan berbagai nilai arus.

Tabel 5.4 Hasil pengujian sensor arus ACS712

No.	Arus Masukan (ampere)	Tegangan Keluaran (volt)	Tegangan Sesuai Datasheet (volt)	Kesalahan (%)
1.	0	2,49	2,50	0,4
2.	0,1	2,50	2,51	0,4
3.	0,2	2,51	2,52	0,4
4.	0,3	2,52	2,53	0,4
5.	0,4	2,53	2,54	0,4
6.	0,5	2,54	2,55	0,4

Pada Tabel 5.4 rata-rata kesalahan dari sensor arus ACS712 sebesar 0,4 %, sedangkan pada *datasheet* kesalahan pembacaan maksimum 1,5 %, sehingga sensor ini bekerja dengan baik. Kesalahan pembacaan sensor tersebut diakibatkan tegangan sumber yang kurang stabil. Grafik perbandingan tegangan hasil pengukuran dengan *datasheet* dapat dilihat pada Gambar 5.12.





Gambar 5.12 Grafik Perbandingan Tegangan Hasil Pengukuran dengan *Datasheet*

## 5.6 Pengujian Sensor Tegangan

### 5.6.1 Tujuan

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah sensor tegangan dapat membaca tegangan keluaran dari alternator. Hal ini dilakukan dengan memberikan tegangan pada rangkaian sensor tegangan, kemudian data pembacaan sensor tegangan dibandingkan dengan data pembacaan dari multimeter.

### 5.6.2 Peralatan

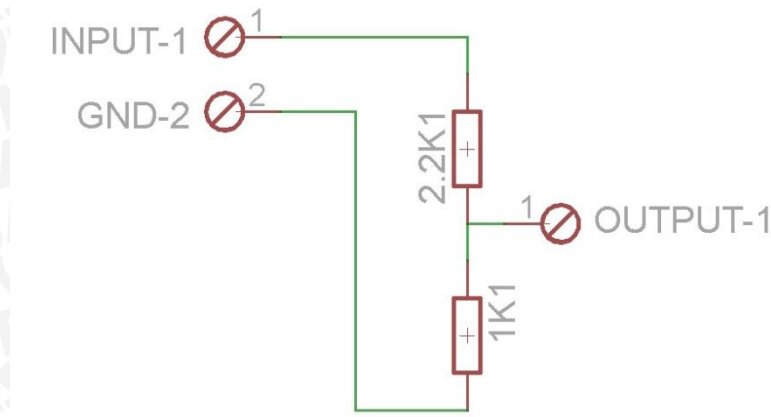
Pengujian sensor arus dilakukan dengan menggunakan peralatan berikut :

1. Sumber tegangan DC
2. Rangkaian sensor tegangan
3. Multimeter digital

### 5.6.3 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian sensor arus dilakukan beberapa tahap, yaitu :

1. Menyusun rangkaian seperti Gambar 5.13 berikut :

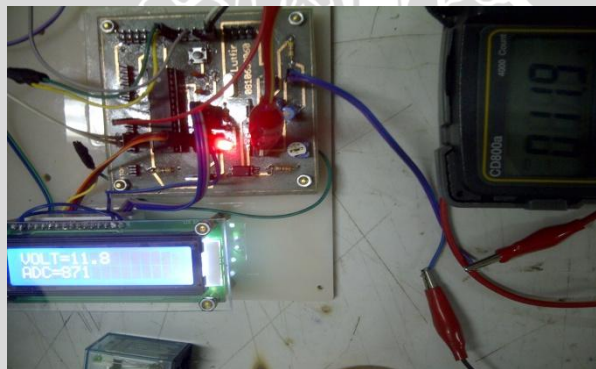


Gambar 5.13 Rangkaian pengujian sensor tegangan

2. Memberikan tegangan masukan ke rangkaian sensor tegangan.
3. Membandingkan tegangan keluaran dari rangkaian sensor tegangan dengan multimeter .

#### 5.6.4 Hasil dan Pembahasan

Pada pengujian ini melihat kerja dari rangkaian sensor tegangan dalam membaca tegangan. Pengujian dilakukan dengan memberikan beberapa nilai tegangan yang bervariasi pada masukan sensor tegangan. Gambar 5.14 menunjukkan contoh hasil pengujian rangkaian sensor tegangan pada saat pembacaan tegangan 11,9 volt.



Gambar 5.14 Hasil pengujian rangkaian sensor tegangan.

Hasil pengujian sensor tegangan dapat dilihat pada Tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil pengujian sensor tegangan

No.	V sensor (volt)	V multimeter (volt)	Kesalahan (%)
1.	0	0	0
2.	1,1	1,1	0
3.	2	2	0
4.	3	3	0
5.	5	5	0
6.	11,8	11,9	0,8

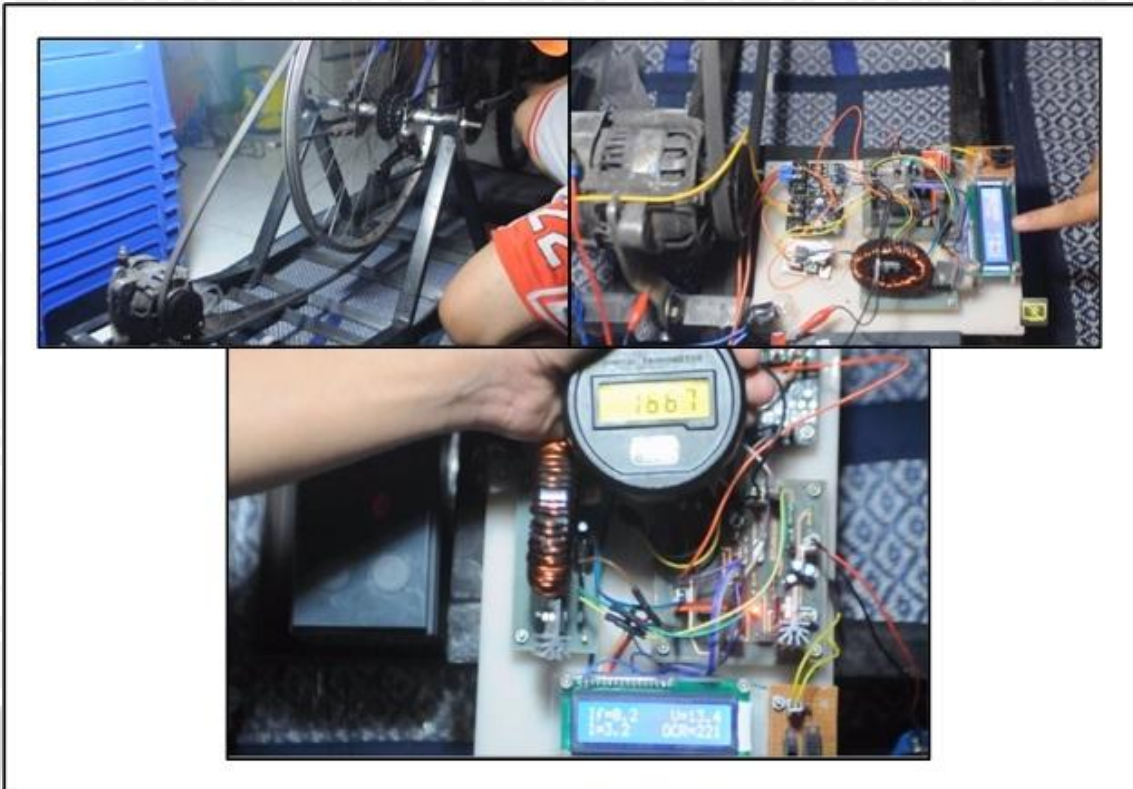
Pada Tabel 5.5 rata-rata kesalahan dari sensor tegangan sebesar 0,13 %, sehingga sensor ini bekerja dengan baik. Kesalahan pembacaan sensor tersebut diakibatkan tegangan sumber yang kurang stabil.

## 5.7 Pengujian Keseluruhan Sistem

### 5.7.1 Tujuan

Metode pengujian alat secara keseluruhan ini untuk melihat keberhasilan dari tiap blok rangkaian yang disusun menjadi satu sistem. Sistem akan berhasil jika dapat menunjukkan tegangan keluaran alternator yg stabil antara 13 -13,5 volt dengan kondisi kecepatan putaran alternator yg berbeda-beda. Gambar 5.15 menunjukkan pengujian keseluruhan sistem.





Gambar 5.15 Pengujian keseluruhan sistem.

### 5.7.2 Peralatan

Pengujian alat secara keseluruhan dilakukan dengan peralatan:

1. Alat yang telah selesai dirancang
2. Alternator
3. Baterai 12 volt
4. Tachometer
5. Sepeda
6. *Bike stand*
7. *V-belt*

### 5.7.3 Prosedur Pengujian

Prosedur pengujian yang digunakan adalah dengan merangkai semua sub sistem sesuai dengan diagram blok alat dalam perancangan. Pengujian dilakukan dengan memberikan putaran yang berubah-ubah pada alternator, kemudian akan terukur

tegangan dan arus keluaran alternator, kecepatan putaran alternator, dan keluaran *Buck Converter* sebagai arus medan untuk alternator. Pada alat ini dipasang LCD agar lebih mudah dalam pengambilan data.

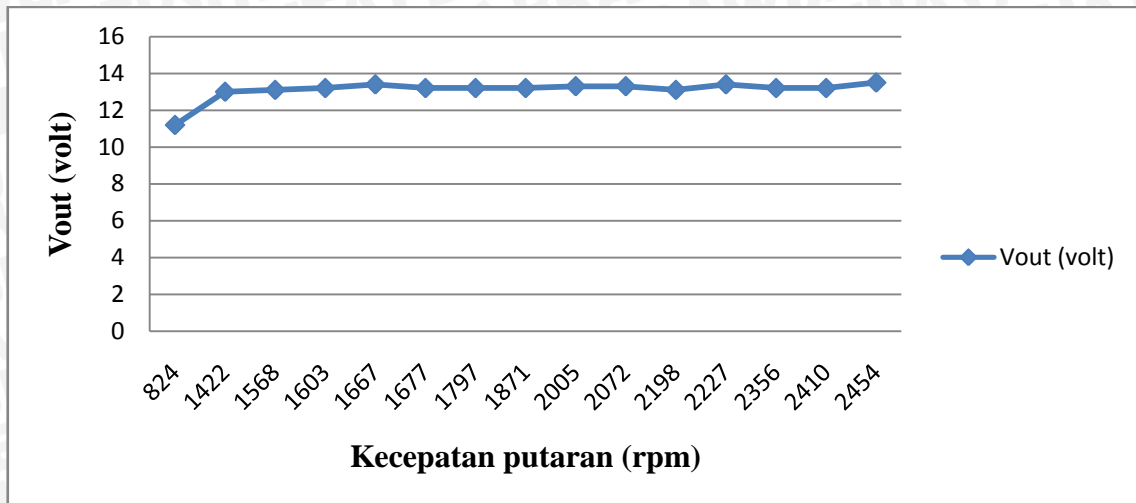
#### 5.7.4 Hasil dan Pembahasan

Data hasil pengujian sistem keseluruhan terhadap beragam nilai kecepatan putaran alternator ditunjukkan Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Data hasil pengujian keseluruhan sistem

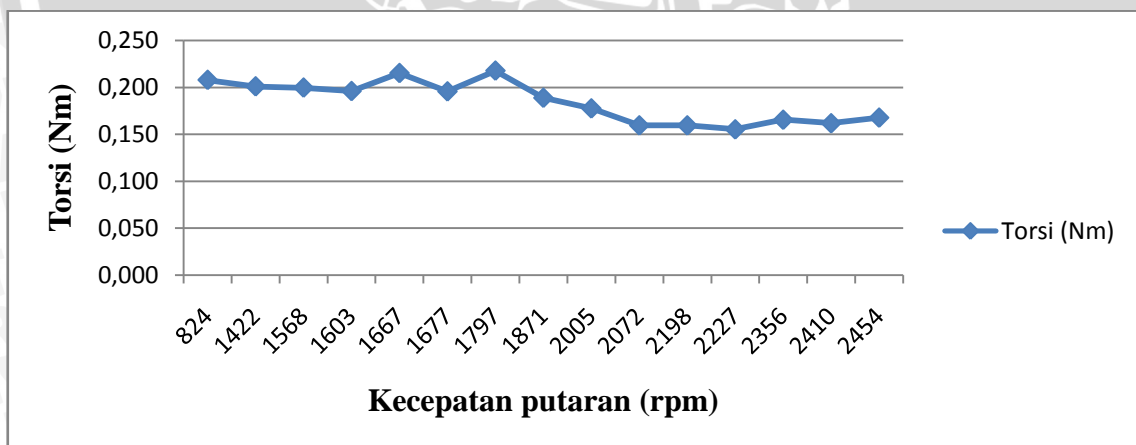
Kecepatan putaran (rpm)	I <sub>f</sub> (ampere)	V <sub>out</sub> (volt)	I <sub>out</sub> (ampere)	Torsi (Nm)
824	0,3	11,2	1,6	0,208
1422	0,2	13	2,3	0,201
1568	0,1	13,1	2,5	0,200
1603	0,2	13,2	2,49	0,196
1667	0,2	13,4	2,8	0,215
1677	0,1	13,2	2,6	0,196
1797	0,2	13,2	3,1	0,218
1871	0,2	13,2	2,8	0,189
2005	0,1	13,3	2,8	0,177
2072	0,1	13,3	2,6	0,159
2198	0,1	13,1	2,8	0,159
2227	0,1	13,4	2,7	0,155
2356	0,1	13,2	3,09	0,165
2410	0,1	13,2	3,09	0,162
2454	0,1	13,5	3,19	0,168

Tabel 5.6 menunjukkan nilai-nilai dari hasil pengujian keseluruhan sistem yaitu pada saat kecepatan putaran berubah – ubah. Kecepatan putaran diatur pada 1422 – 2454 rpm atau sekitar 18 – 32 km/jam.



Gambar 5.16 Grafik tegangan keluaran terhadap kecepatan putaran

Gambar 5.16 menunjukkan grafik tegangan keluaran terhadap kecepatan putaran. Pada saat nilai putaran tinggi maupun rendah, nilai Vout tidak berbeda jauh atau cenderung sama karena hanya memiliki selisih nilai yg kecil. Contohnya pada nilai putran 1677 rpm dan 2356 rpm, Vout bernilai sama yaitu 13,2 volt. Hal ini dapat menunjukkan bahwa alat bekerja sesuai dengan yang diharapkan, yaitu menghasilkan tegangan keluaran yang stabil dengan nilai di antara 13 – 13,5 volt.



Gambar 5.17 Grafik torsi terhadap kecepatan putaran

Gambar 5.17 menunjukkan grafik torsi yg dihasilkan terhadap kecepatan putaran. Dari nilai putaran rendah ke tinggi, nilai torsi yg dihasilkan tidak berbeda jauh atau cenderung stabil karena hanya memiliki selisih nilai yg kecil. Dan nilai grafik semakin turun sedikit demi sedikit seiring dengan bertambahnya kecepatan putaran. Hal ini dapat menunjukkan bahwa alat bekerja sesuai dengan yang diharapkan, yaitu



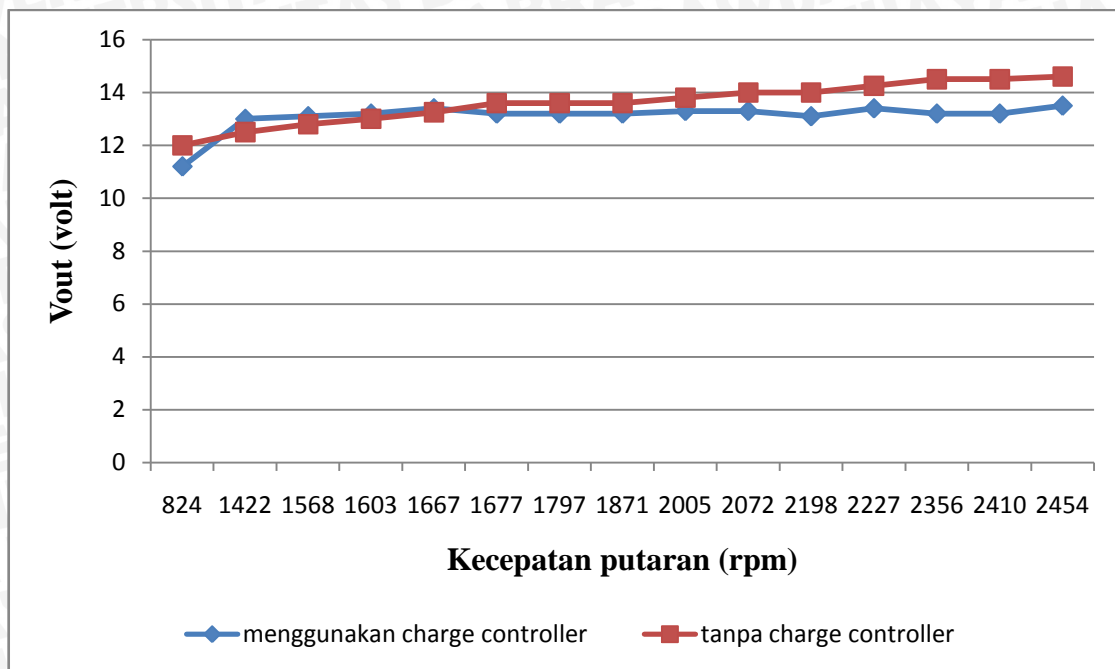
menghasilkan nilai torsi yg tidak terlalu tinggi agar saat awal *bicycle power generator* digunakan, tidak memerlukan tenaga kayuhan awal yang sangat besar. Sehingga dapat memudahkan orang yg mengayuh *bicycle power generator* jadi merasa lebih ringan.

Analisis selanjutnya dari pengujian keseluruhan sistem ini yaitu dengan membandingkan data nilai tegangan keluaran dan torsi yg dihasilkan pada saat menggunakan *charge controller* dengan data nilai-nilai tersebut saat belum dipasang *charge controller*. Tabel 5. 7 menunjukkan nilai-nilai dari hasil pengambilan data pada *bicycle power generator* sebelum dipasang *charge controller*.

Tabel 5.7 Data hasil pengujian sebelum dipasang *charge controller*

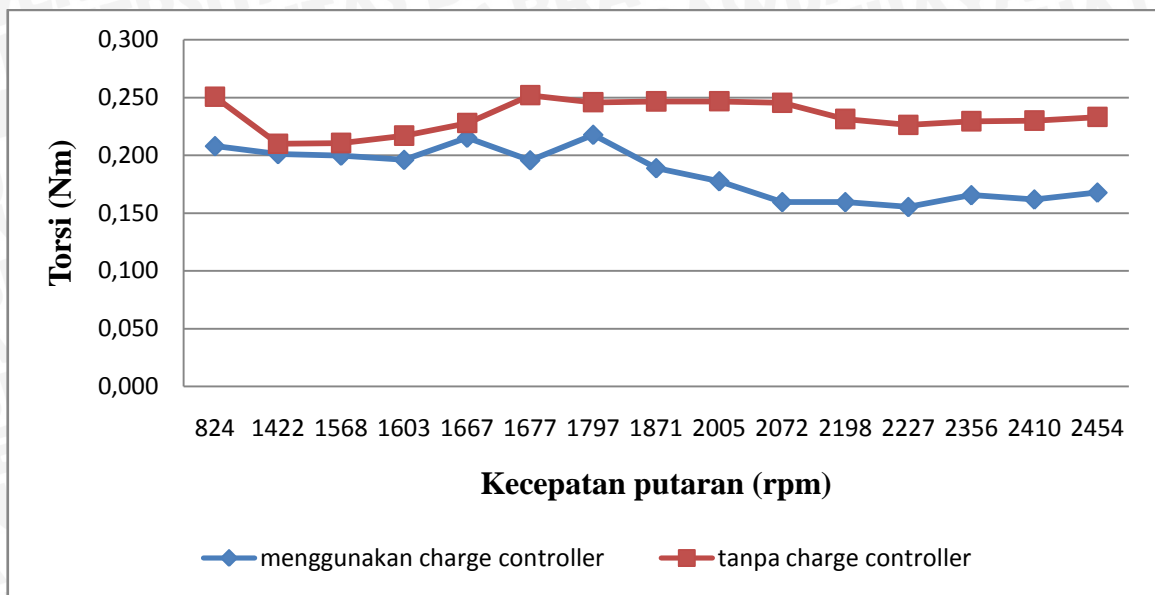
Kecepatan putaran (rpm)	If (ampere)	Vout (volt)	Iout (ampere)	Torsi (Nm)
824	0,20	12	1,8	0,250
1422	0,24	12,5	2,5	0,210
1568	0,25	12,8	2,7	0,211
1603	0,28	13	2,8	0,217
1667	0,3	13,25	3	0,228
1677	0,33	13,6	3,25	0,252
1797	0,34	13,6	3,4	0,246
1871	0,38	13,6	3,55	0,247
2005	0,35	13,8	3,75	0,247
2072	0,36	14	3,8	0,245
2198	0,38	14	3,8	0,231
2227	0,36	14,25	3,7	0,226
2356	0,38	14,5	3,9	0,229
2410	0,38	14,5	4	0,230
2454	0,39	14,6	4,1	0,233

Grafik yang menunjukkan perbandingan dari tegangan keluaran saat dipasang *charge controller* dengan pada saat belum dipasang *charge controller*, ditunjuk pada Gambar 5.18 dan Gambar 5.19.



Gambar 5.18 Grafik perbandingan tegangan keluaran menggunakan *charge controller* dengan tidak menggunakan *charge controller*

Gambar 5.18 menunjukkan grafik perbandingan tegangan keluaran menggunakan *charge controller* dengan tidak menggunakan *charge controller*. Dari nilai putaran rendah ke tinggi, pada garis grafik yang tidak menggunakan *charge controller*, nilai  $V_{out}$  bertambah terus dari nilai 12 volt sampai dengan 14,6 volt. Hal ini menunjukkan tegangan tidak stabil karena terus bertambah nilainya. Sehingga jika digunakan untuk mengisi baterai, akan membuat baterai cepat rusak akibat tegangan yang tidak stabil. Sedangkan pada garis grafik yang menggunakan *charge controller*, nilai  $V_{out}$  cenderung stabil antara 13-13,5 volt, sehingga aman untuk proses pengisian baterai.



Gambar 5.19 Grafik perbandingan antara torsi menggunakan *charge controller* dengan tidak menggunakan *charge controller*

Gambar 5.19 menunjukkan grafik torsi yang dihasilkan terhadap kecepatan putaran, yaitu pada saat menggunakan *charge controller* dan tidak menggunakan *charge controller*. Dari nilai putaran rendah ke tinggi, nilai torsi yg dihasilkan grafik garis pada saat tanpa menggunakan *charge controller*, nilai torsi tinggi, dan cenderung naik. Sehingga pada saat orang mengayuh bicycle power generator ini, awalnya akan terasa sangat berat. Sedangkan pada grafik garis pada saat menggunakan *charge controller*, nilai torsinya kecil dan selalu di bawah garis grafik yang sebelum *charge controller* dipasang. Dan nilai torsi pun cenderung turun. Sehingga saat awal *bicycle power generator* digunakan, tidak memerlukan tenaga kayuhan awal yang sangat besar dan dapat memudahkan orang yg mengayuh *bicycle power generator* jadi merasa lebih ringan.



## BAB VI PENUTUP

Setelah melakukan perencanaan dan pembuatan alat serta pengujian dan analisa, maka dapat ditarik kesimpulan dan saran dari kegiatan yang telah dilakukan.

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis perancangan *Charge controller* untuk *Bicycle Power Generator* pada instalasi listrik *DC House* ini dapat disimpulkan bahwa *Charge controller* menggunakan topologi *Buck Converter* mampu mengatur arus medan yang masuk ke alternator. Tetapi dalam beberapa rangkaian elektrik yang digunakan dalam sistem ini masih memiliki persentase kesalahan. Hal ini disebabkan karena pemilihan komponen yang kurang tepat. Namun rangkaian *Buck Converter* masih dapat berfungsi dengan baik, dibuktikan dengan hasil tegangan keluaran yang stabil dan nilai torsi yang lebih kecil daripada sebelum menggunakan *charge controller*.

### 6.2 Saran

Pemilihan komponen dan metode pengisian baterai dalam merancang *Charge controller* sangatlah perlu diperhatikan, dan pengembangan dari alat ini masih dapat dilakukan. Oleh karena itu beberapa saran dalam skripsi ini antara lain :

- a. Memperbaiki metode yang digunakan, sehingga daya yang didapat dari alternator tidak banyak terbuang dan pengisian baterai lebih stabil. Misalnya dengan ditambahkan *buck boost converter* untuk mengatur keluaran alternator.
- b. Membuat sistem pengaturan baru pada *bicycle power generator*. Misal untuk kegiatan olahraga, yaitu dengan tambahan pembuatan beberapa macam berat beban kayuhan dari pengaturan torsi yang bervariasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Allegro. 2011. ACS712. Massachusetts : Allegro Microsystems, Inc.
- Arifianto, Syaiful. 2010. Rancang Bangun Charger Baterai Dengan Buck Boost Converter. Surabaya : Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- Arifin, Zaenal. 2009. *Portable Solar Charger*. Surabaya : Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- Atmel. 2011. *ATmega8/ATmega8L, 8-bit AVR Microcontroller with 8 Kbytes in-System Programmable Flash*. California: Atmel.
- Carter, Bruce and Thomas,R, Brown, 2001. *Handbook of operational Amplifier Applications*. Dallas : Texas Instruments.
- Chaidez, Jessica E. 2011. *DC House Modeling and Sistem Design*. San Luis Obispo : California Polytechnic State University.
- Hart, Daniel W. 2010. *Power Electronics*. New York : McGraw-Hill.
- Hasan, Umar. 2011. Sistem Charging Baterai pada Perancangan Mobil Hibryd. Surabaya : Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- Hayes, Brandon & Goguely, Louis. 2011. *Bicycle Power Generator Design for DC House: Off Grid Energy Solutions*. San Luis Obispo : California Polytechnic State University.
- Majid, Ahmad Alvin. 2012. Prototype Sistem Penerangan Rumah Darurat untuk Pemulihan pada Daerah Pasca Bencana. Surabaya : Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- Mazda, Fraidoon. 1997. *Power Electronics Handbook 3<sup>rd</sup> Edition*. Oxford : Newnes.
- Rashid, Muhammad H. 2001. *Power Electronics Handbook*. London : Academic Press.
- Salam, Zainal. 2003. *Power Electronics and Drives*. Johor Bahru : Universiti Teknologi Malaysia.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Listing Program



Listing  
Program



```

/*****
*****
This program was produced
by the
CodeWizardAVR V2.05.0
Professional
Automatic Program
Generator
© Copyright 1998-2010
Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
http://www.hpinfotech.com
Project :
Version :
Date : 21/02/2014
Author :
Company :
Comments:
Chip type :
ATmega8
Program type :
Application
AVR Core Clock frequency:
16,000000 MHz
Memory model : Small
External RAM size : 0
Data Stack size : 256
*****
*****
#include <mega8.h>
#include <delay.h>
#include <stdio.h>
// Alphanumeric LCD
Module functions
#include <alcd.h>
#define ADC_VREF_TYPE
0x00
char
lcd_buff[33],buf[33],buff[33],lcd[33],
lcd_buff[33];
float hasil;
unsigned char n;
unsigned int
x,arus,y,pembagi,DC,d,e;
float without,tegangan,with;
int volt;
unsigned char n;
//define
void inisialisasi_sistem();
void ukur_if();

```



```

void ukur arus(); // Declare your global
void ukur tegangan(); variables here
void nilai ocr();
void ocr proses(); void ukur if()
void tampil(); {
void tutup(); with=((read_adc(0)*0.098)-
// Read the AD conversion 512)/10;
result sprintf(buf,"If=%0.1f",with);
unsigned int {
read_adc(unsigned char adc_input) void ukur arus()
{ {
ADMUX=adc_input | without=((read_adc(1)*0.098
(ADC_VREF_TYPE & 0xff); )-51)/10;//min
// Delay needed for the sprintf(lcd_buf,"I=%0.1f",wit
stabilization of the ADC input hout);
voltage {
delay_us(10); void ukur tegangan()
// Start the AD conversion {
ADCSRA|=0x40; volt=read_adc(3);
// Wait for the AD conversion tegangan=(float)volt/66;
to complete sprintf(lcd,"V=%0.1f",tegang
while ((ADCSRA & an);
0x10)==0); }
ADCSRA|=0x10; void nilai_ocr()
return ADCW; {
} for(n=0;n<191;n++)
{

```

```

OCR1A=n;                                delay_ms(25);
delay_ms(15);                             lcd_gotoxy(9,1);printf(buff,"
printf(buff,"OCR=%d",OCR                 OCR=%d",d);
1A);                                       lcd_puts(buff);
lcd_gotoxy(9,1);lcd_puts(buf             }
f);                                       }
//lcd_clear();                             void tampil()
}                                           {
}                                           inisialisasi_sistem();
void ocr_proses()                          lcd_clear();
{                                           d=220;
OCR1A=207;                                nilai_ocr();
if (tegangan<12)                          while (1)
{                                           {
PORTC.2=1;                                lcd_gotoxy(0,1);ukur_arus();l
cd_puts(lcd buf);
else if(tegangan>15)                       lcd_gotoxy(0,0);ukur_if();lcd
puts(buff);
OCR1A--;                                  lcd_gotoxy(10,0);ukur_tegan
gan();lcd_puts(lcd);
delay_ms(250);
//lcd_clear();
void tutup()
{
for(d=0;d<220;d++)                         //OCR1A=255;
{                                           if (tegangan<12)
OCR1A=d;                                   {PORTC.2=1;}

```



```

if(tegangan>14      &&
OCR1A>100)//tegangan>14 &&
    {d=d-5;}
if(OCR1A<=100)//
without<0
    {d++;}
if (without<=0)
    {tutup();}
delay_ms(500);
//if (without<0)
// {d++;}
OCR1A=d;
printf(lcd buff,"OCR=%d",
d);
lcd_gotoxy(9,1);lcd_puts(lcd
buff);

//lcd_gotoxy(9,1);lcd_puts();
}
}

void main(void)
{
//inisialisasi_sistem();
tampil();
}
void inisialisasi_sistem()
{
// Declare your local variables
here
// Input/Output Ports
initialization
// Port B initialization
// Func7=In Func6=In
Func5=In Func4=In Func3=In
Func2=In Func1=Out Func0=In
// State7=T State6=T
State5=T State4=T State3=T
State2=T State1=0 State0=T
PORTB=0x00;
DDRB=0x02;
// Port C initialization
// Func6=In Func5=In
Func4=Out Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In
// State6=T State5=T
State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T
PORTC=0x00;
DDRC=0x04;
}

```

```

// Compare A Match
// Port D initialization
Interrupt: Off
// Func7=In Func6=In // Compare B Match
Func5=In Func4=In Func3=In Interrupt: Off
Func2=In Func1=In Func0=In TCCR1A=0xC2;
// State7=T State6=T TCCR1B=0x19;
State5=T State4=T State3=T TCNT1H=0x00;
State2=T State1=T State0=T TCNT1L=0x00;
PORTD=0x00; ICR1H=0x01;
DDRD=0x00; ICR1L=0x3F;
// Timer/Counter 1 OCR1AH=0x00;
initialization OCR1AL=0x00;
// Clock source: System OCR1BH=0x00;
Clock OCR1BL=0x00;
// Clock value: 16000,000
kHz // Timer(s)/Counter(s)
// Mode: Fast PWM Interrupt(s) initialization
top=ICR1 TIMSK=0x00;
// OC1A output: Non-Inv. // ADC initialization
// OC1B output: Discon. // ADC Clock frequency:
// Noise Canceler: Off 1000,000 kHz
// Input Capture on Falling // ADC Voltage Reference:
Edge AREF pin
// Timer1 Overflow Interrupt: ADMUX=ADC_VREF_TYP
Off E & 0xff;
// Input Capture Interrupt: Off ADCSRA=0x84;

```



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

UNIVERSITAS BRAWIJAYA







Datasheet  
Atmega8



## Features

- High-performance, Low-power Atmel® AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
  - 130 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
  - 32 x 8 General Purpose Working Registers
  - Fully Static Operation
  - Up to 16MIPS Throughput at 16MHz
  - On-chip 2-cycle Multiplier
- High Endurance Non-volatile Memory segments
  - 8KBytes of In-System Self-programmable Flash program memory
  - 512Bytes EEPROM
  - 1KByte Internal SRAM
  - Write/Erase Cycles: 10,000 Flash/100,000 EEPROM
  - Data retention: 20 years at 85°C/100 years at 25°C<sup>(1)</sup>
  - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
    - In-System Programming by On-chip Boot Program
    - True Read-While-Write Operation
  - Programming Lock for Software Security
- Peripheral Features
  - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescaler, one Compare Mode
  - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
  - Real Time Counter with Separate Oscillator
  - Three PWM Channels
  - 8-channel ADC in TQFP and QFN/MLF package
    - Eight Channels 10-bit Accuracy
  - 6-channel ADC in PDIP package
    - Six Channels 10-bit Accuracy
  - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
  - Programmable Serial USART
  - Master/Slave SPI Serial Interface
  - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
  - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
  - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
  - Internal Calibrated RC Oscillator
  - External and Internal Interrupt Sources
  - Five Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, and Standby
- I/O and Packages
  - 23 Programmable I/O Lines
  - 28-lead PDIP, 32-lead TQFP, and 32-pad QFN/MLF
- Operating Voltages
  - 2.7 - 5.5V
  - 0 - 16MHz
- Power Consumption at 4MHz, 3V, 25°C
  - Active: 3.6mA
  - Idle Mode: 1.0mA
  - Power-down Mode: 0.5µA



**8-bit AVR<sup>®</sup>**  
**with 8KBytes**  
**In-System**  
**Programmable**  
**Flash**

**ATmega8A**

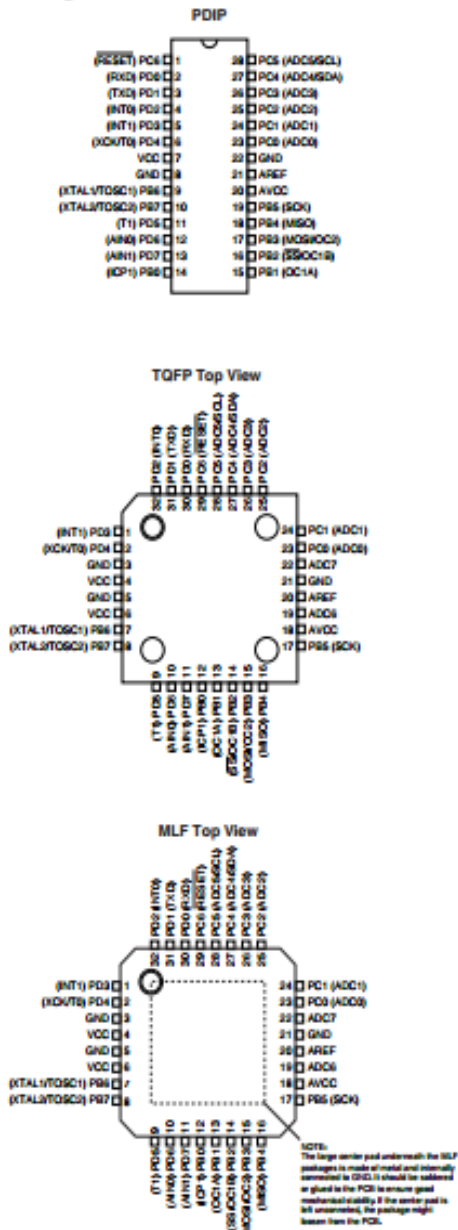
81590-AVR-02/11



ATmega8A

1. Pin Configurations

Figure 1-1. Pinout ATmega8A





## ATmega8A

### 25. Electrical Characteristics

Note: Typical values contained in this datasheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

#### 25.1 Absolute Maximum Ratings\*

Operating Temperature.....	-55°C to +125°C
Storage Temperature.....	-65°C to +150°C
Voltage on any Pin except $\overline{\text{RESET}}$ with respect to Ground .....	-0.5V to $V_{\text{CC}}+0.5\text{V}$
Voltage on $\overline{\text{RESET}}$ with respect to Ground.....	-0.5V to +13.0V
Maximum Operating Voltage .....	6.0V
DC Current per I/O Pin .....	40.0mA
DC Current $V_{\text{CC}}$ and GND Pins.....	300.0mA

\*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

#### 25.2 DC Characteristics

$T_A = -40^\circ\text{C}$  to  $85^\circ\text{C}$ ,  $V_{\text{CC}} = 2.7\text{V}$  to  $5.5\text{V}$  (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Typ	Max	Units
$V_{\text{IL}}$	Input Low Voltage except XTAL1 and $\overline{\text{RESET}}$ pins	$V_{\text{CC}} = 2.7\text{V} - 5.5\text{V}$	-0.5		$0.2 V_{\text{CC}}^{(1)}$	V
$V_{\text{IH}}$	Input High Voltage except XTAL1 and $\overline{\text{RESET}}$ pins	$V_{\text{CC}} = 2.7\text{V} - 5.5\text{V}$	$0.6 V_{\text{CC}}^{(2)}$		$V_{\text{CC}} + 0.5$	V
$V_{\text{IL1}}$	Input Low Voltage XTAL1 pin	$V_{\text{CC}} = 2.7\text{V} - 5.5\text{V}$	-0.5		$0.1 V_{\text{CC}}^{(1)}$	V
$V_{\text{IH1}}$	Input High Voltage XTAL1 pin	$V_{\text{CC}} = 2.7\text{V} - 5.5\text{V}$	$0.8 V_{\text{CC}}^{(2)}$		$V_{\text{CC}} + 0.5$	V
$V_{\text{IL2}}$	Input Low Voltage $\overline{\text{RESET}}$ pin	$V_{\text{CC}} = 2.7\text{V} - 5.5\text{V}$	-0.5		$0.2 V_{\text{CC}}$	V
$V_{\text{IH2}}$	Input High Voltage $\overline{\text{RESET}}$ pin	$V_{\text{CC}} = 2.7\text{V} - 5.5\text{V}$	$0.9 V_{\text{CC}}^{(2)}$		$V_{\text{CC}} + 0.5$	V
$V_{\text{IL3}}$	Input Low Voltage $\overline{\text{RESET}}$ pin as I/O	$V_{\text{CC}} = 2.7\text{V} - 5.5\text{V}$	-0.5		$0.2 V_{\text{CC}}$	V
$V_{\text{IH3}}$	Input High Voltage $\overline{\text{RESET}}$ pin as I/O	$V_{\text{CC}} = 2.7\text{V} - 5.5\text{V}$	$0.6 V_{\text{CC}}^{(2)}$ $0.7 V_{\text{CC}}^{(2)}$		$V_{\text{CC}} + 0.5$	V
$V_{\text{OL}}$	Output Low Voltage <sup>(3)</sup> (Ports B,C,D)	$I_{\text{OL}} = 20\text{mA}$ , $V_{\text{CC}} = 5\text{V}$ $I_{\text{OL}} = 10\text{mA}$ , $V_{\text{CC}} = 3\text{V}$			0.9 0.6	V V
$V_{\text{OH}}$	Output High Voltage <sup>(4)</sup> (Ports B,C,D)	$I_{\text{OH}} = -20\text{mA}$ , $V_{\text{CC}} = 5\text{V}$ $I_{\text{OH}} = -10\text{mA}$ , $V_{\text{CC}} = 3\text{V}$	4.2 2.2			V V
$I_{\text{L}}$	Input Leakage Current I/O Pin	$V_{\text{CC}} = 5.5\text{V}$ , pin low (absolute value)			1	$\mu\text{A}$



## ATmega8A

$T_A = -40^{\circ}\text{C}$  to  $85^{\circ}\text{C}$ ,  $V_{CC} = 2.7\text{V}$  to  $5.5\text{V}$  (unless otherwise noted) (Continued)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Typ	Max	Units	
$I_{IH}$	Input Leakage Current I/O Pin	$V_{CC} = 5.5\text{V}$ , pin high (absolute value)			1	$\mu\text{A}$	
$R_{RST}$	Reset Pull-up Resistor		30		80	$\text{k}\Omega$	
$R_{PU}$	I/O Pin Pull-up Resistor		20		50	$\text{k}\Omega$	
$I_{CC}$	Power Supply Current	Active 4MHz, $V_{CC} = 3\text{V}$		2	5	$\text{mA}$	
		Active 8MHz, $V_{CC} = 5\text{V}$		6	15	$\text{mA}$	
		Idle 4MHz, $V_{CC} = 3\text{V}$		0.5	2	$\text{mA}$	
		Idle 8MHz, $V_{CC} = 5\text{V}$		2.2	7	$\text{mA}$	
	Power-down mode <sup>(5)</sup>	WDT enabled, $V_{CC} = 3\text{V}$			<10	28	$\mu\text{A}$
		WDT disabled, $V_{CC} = 3\text{V}$			<1	3	$\mu\text{A}$
$V_{ACIO}$	Analog Comparator Input Offset Voltage	$V_{CC} = 5\text{V}$ $V_{IN} = V_{CC}/2$			40	$\text{mV}$	
$I_{ACLK}$	Analog Comparator Input Leakage Current	$V_{CC} = 5\text{V}$ $V_{IN} = V_{CC}/2$	-50		50	$\text{nA}$	
$t_{ACPD}$	Analog Comparator Propagation Delay	$V_{CC} = 2.7\text{V}$ $V_{CC} = 5.0\text{V}$		750 500		$\text{ns}$	

- Notes:
- "Max" means the highest value where the pin is guaranteed to be read as low
  - "Min" means the lowest value where the pin is guaranteed to be read as high
  - Although each I/O port can sink more than the test conditions (20mA at  $V_{CC} = 5\text{V}$ , 10mA at  $V_{CC} = 3\text{V}$ ) under steady state conditions (non-transient), the following must be observed:  
PDIP, TQFP, and QFNMLF Package:  
1] The sum of all IOL, for all ports, should not exceed 300mA.  
2] The sum of all IOL, for ports C0 - C5 should not exceed 100mA.  
3] The sum of all IOL, for ports B0 - B7, C6, D0 - D7 and XTAL2, should not exceed 200mA.  
If IOL exceeds the test condition, VOL may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test condition.
  - Although each I/O port can source more than the test conditions (20mA at  $V_{CC} = 5\text{V}$ , 10mA at  $V_{CC} = 3\text{V}$ ) under steady state conditions (non-transient), the following must be observed:  
PDIP, TQFP, and QFNMLF Package:  
1] The sum of all IOH, for all ports, should not exceed 300mA.  
2] The sum of all IOH, for port C0 - C5, should not exceed 100mA.  
3] The sum of all IOH, for ports B0 - B7, C6, D0 - D7 and XTAL2, should not exceed 200mA.  
If IOH exceeds the test condition, VOH may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to source current greater than the listed test condition.
  - Minimum  $V_{CC}$  for Power-down is 2.5V.

Datasheet  
IRFP460







## IRFP460

N - CHANNEL 500V - 0.22 Ω - 20 A - TO-247  
PowerMESH™ MOSFET

TYPE	V <sub>DSS</sub>	R <sub>DS(on)</sub>	I <sub>D</sub>
IRFP460	500 V	< 0.27 Ω	20 A

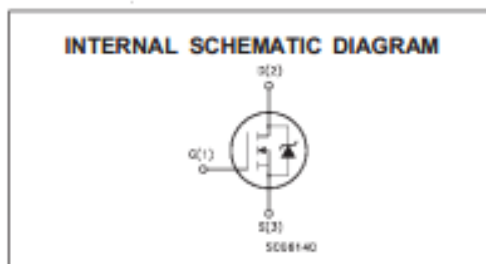
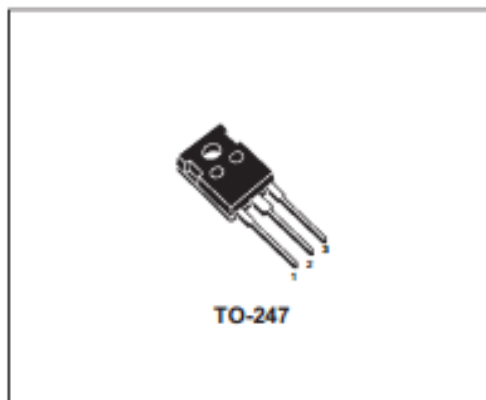
- TYPICAL R<sub>DS(on)</sub> = 0.22 Ω
- EXTREMELY HIGH dv/dt CAPABILITY
- 100% AVALANCHE TESTED
- VERY LOW INTRINSIC CAPACITANCES
- GATE CHARGE MINIMIZED

### DESCRIPTION

This power MOSFET is designed using the company's consolidated strip layout-based MESH OVERLAY™ process. This technology matches and improves the performances compared with standard parts from various sources.

### APPLICATIONS

- HIGH CURRENT SWITCHING
- UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY (UPS)
- DC/DC CONVERTERS FOR TELECOM, INDUSTRIAL, AND LIGHTING EQUIPMENT.



### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value	Unit
V <sub>DS</sub>	Drain-source Voltage (V <sub>GS</sub> = 0)	500	V
V <sub>DGR</sub>	Drain-gate Voltage (R <sub>GS</sub> = 20 kΩ)	500	V
V <sub>GS</sub>	Gate-source Voltage	± 20	V
I <sub>D</sub>	Drain Current (continuous) at T <sub>c</sub> = 25 °C	20	A
I <sub>D</sub>	Drain Current (continuous) at T <sub>c</sub> = 100 °C	13	A
I <sub>DM</sub> (*)	Drain Current (pulsed)	80	A
P <sub>tot</sub>	Total Dissipation at T <sub>c</sub> = 25 °C	250	W
	Derating Factor	2	W/°C
dv/dt(1)	Peak Diode Recovery voltage slope	3.5	V/ns
T <sub>stg</sub>	Storage Temperature	-65 to 150	°C
T <sub>j</sub>	Max. Operating Junction Temperature	150	°C

(\*) Pulse width limited by safe operating area

(1) I<sub>DM</sub> ≤ 20 A, dv/dt ≤ 150 A/μs, V<sub>DS</sub> ≤ V<sub>DSmax</sub>, T<sub>j</sub> ≤ T<sub>max</sub>



## IRFP460

## THERMAL DATA

$R_{th(j-case)}$	Thermal Resistance Junction-case	Max	0.5	$^{\circ}\text{C/W}$
$R_{th(j-amb)}$	Thermal Resistance Junction-ambient	Max	30	$^{\circ}\text{C/W}$
$R_{th(c-sink)}$	Thermal Resistance Case-sink	Typ	0.1	$^{\circ}\text{C/W}$
$T_l$	Maximum Lead Temperature For Soldering Purpose		300	$^{\circ}\text{C}$

## AVALANCHE CHARACTERISTICS

Symbol	Parameter	Max Value	Unit
$I_{AR}$	Avalanche Current, Repetitive or Not-Repetitive (pulse width limited by $T_j$ max)	20	A
$E_{AS}$	Single Pulse Avalanche Energy (starting $T_j = 25^{\circ}\text{C}$ , $I_D = I_{AR}$ , $V_{DD} = 50\text{ V}$ )	1000	mJ

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ( $T_{case} = 25^{\circ}\text{C}$  unless otherwise specified)

## OFF

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{(BR)DSS}$	Drain-source Breakdown Voltage	$I_D = 250\ \mu\text{A}$ $V_{GS} = 0$	500			V
$I_{DSS}$	Zero Gate Voltage Drain Current ( $V_{GS} = 0$ )	$V_{DS} = \text{Max Rating}$ $V_{DS} = \text{Max Rating}$ $T_c = 125^{\circ}\text{C}$			10 100	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$
$I_{GSS}$	Gate-body Leakage Current ( $V_{DS} = 0$ )	$V_{GS} = \pm 20\text{ V}$			$\pm 100$	nA

## ON (\*)

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	$V_{DS} = V_{GS}$ $I_D = 250\ \mu\text{A}$	2	3	4	V
$R_{DS(on)}$	Static Drain-source On Resistance	$V_{GS} = 10\text{ V}$ $I_D = 12\text{ A}$		0.22	0.27	$\Omega$
$I_{D(on)}$	On State Drain Current	$V_{DS} > I_{D(on)} \times R_{DS(on)max}$ $V_{GS} = 10\text{ V}$	20			A

## DYNAMIC

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$g_{fs} (*)$	Forward Transconductance	$V_{DS} > I_{D(on)} \times R_{DS(on)max}$ $I_D = 12\text{ A}$	13			S
$C_{iss}$	Input Capacitance	$V_{DS} = 25\text{ V}$ $f = 1\text{ MHz}$ $V_{GS} = 0$		4200		pF
$C_{oss}$	Output Capacitance			500		pF
$C_{rss}$	Reverse Transfer Capacitance			50		pF

IRFP460

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

SWITCHING ON

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$t_{d(on)}$ $t_r$	Turn-on Time Rise Time	$V_{DD} = 250\text{ V}$ $I_D = 10\text{ A}$ $R_G = 4.7\ \Omega$ $V_{GS} = 10\text{ V}$ (see test circuit, figure 1)		32 15		ns ns
$Q_g$ $Q_{gs}$ $Q_{gd}$	Total Gate Charge Gate-Source Charge Gate-Drain Charge	$V_{DD} = 400\text{ V}$ $I_D = 20\text{ A}$ $V_{GS} = 10\text{ V}$		100 21 37	130	nC nC nC

SWITCHING OFF

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$t_{e(voff)}$ $t_f$	Off-voltage Rise Time Fall Time	$V_{DD} = 400\text{ V}$ $I_D = 20\text{ A}$ $R_G = 4.7\ \Omega$ $V_{GS} = 10\text{ V}$ (see test circuit, figure 5)		20 25		ns ns
$t_c$	Cross-over Time			47		ns

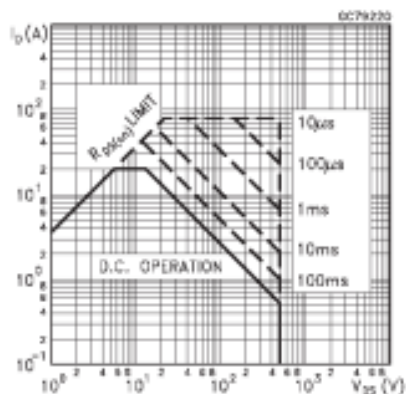
SOURCE DRAIN DIODE

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
$I_{SD}$ $I_{SDM}(\ast)$	Source-drain Current Source-drain Current (pulsed)				20 80	A A
$V_{SD}(\ast)$	Forward On Voltage	$I_{SD} = 20\text{ A}$ $V_{GS} = 0$			1.6	V
$t_{rr}$	Reverse Recovery Time	$I_{SD} = 20\text{ A}$ $di/dt = 100\text{ A}/\mu\text{s}$ $V_{DD} = 100\text{ V}$ $T_J = 150\text{ }^\circ\text{C}$ (see test circuit, figure 3)		700		ns
$Q_{rr}$	Reverse Recovery Charge			9		$\mu\text{C}$
$I_{RRM}$	Reverse Recovery Current			25		A

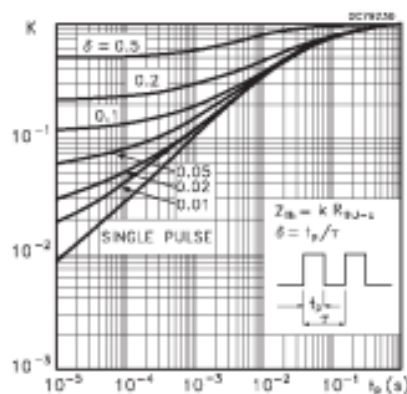
(\*) Pulsed: Pulse duration = 300  $\mu\text{s}$ , duty cycle 1.5%

(\*) Pulse width limited by safe operating area

Safe Operating Area



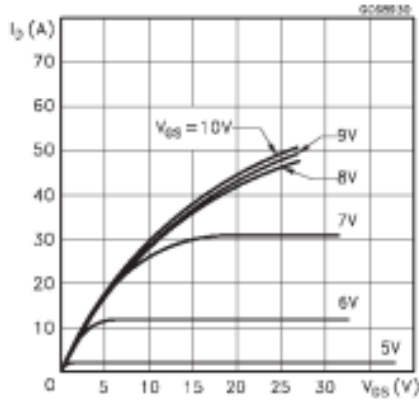
Thermal Impedance



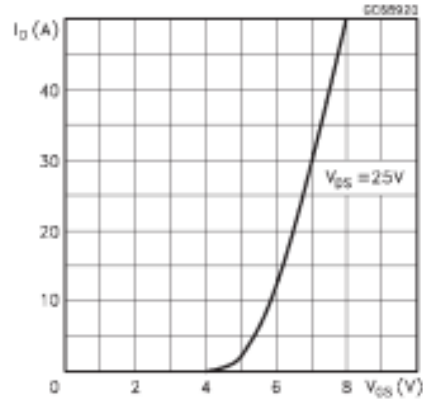


IRFP460

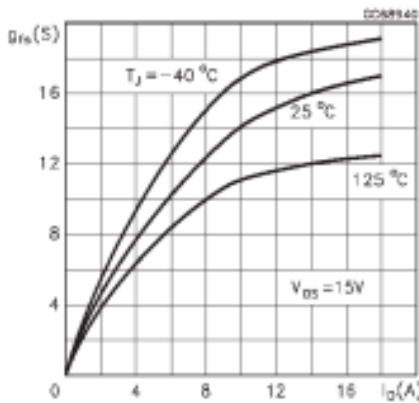
Output Characteristics



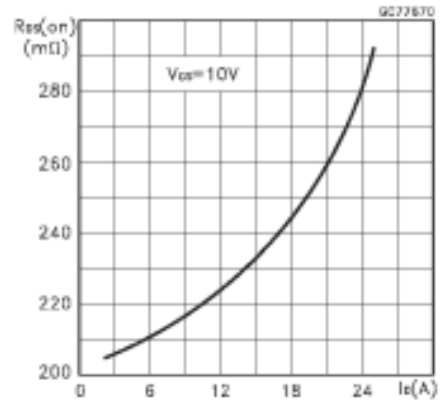
Transfer Characteristics



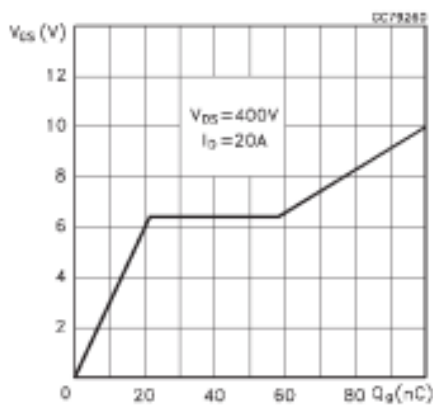
Transconductance



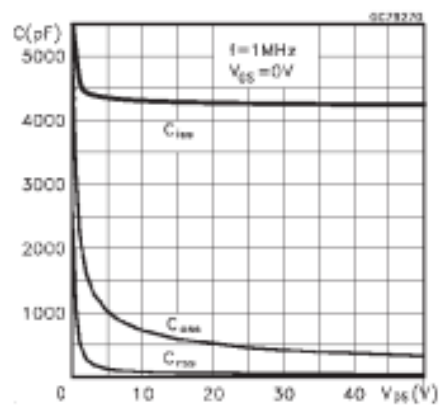
Static Drain-source On Resistance



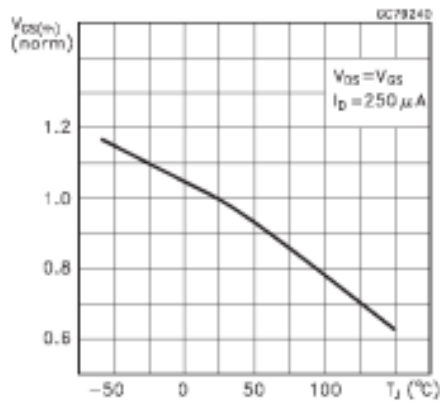
Gate Charge vs Gate-source Voltage



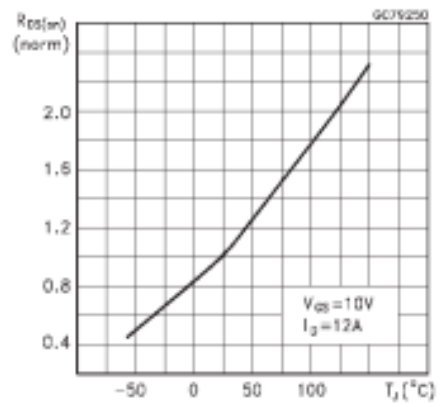
Capacitance Variations



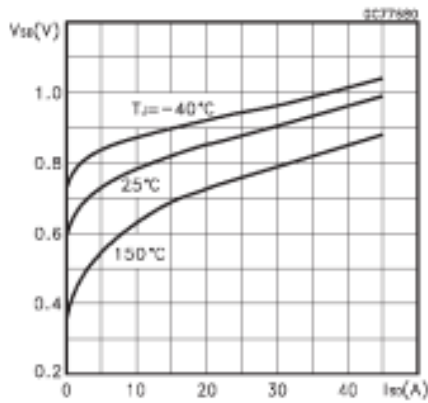
Normalized Gate Threshold Voltage vs



Normalized On Resistance vs Temperature



Source-drain Diode Forward Characteristics



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Datasheet  
PC817



# PC817 Series

## High Density Mounting Type Photocoupler

- Lead forming type (I type) and taping reel type (P type) are also available. (PC817I/PC817P)
- TÜV (VDE0884) approved type is also available as an option.

### ■ Features

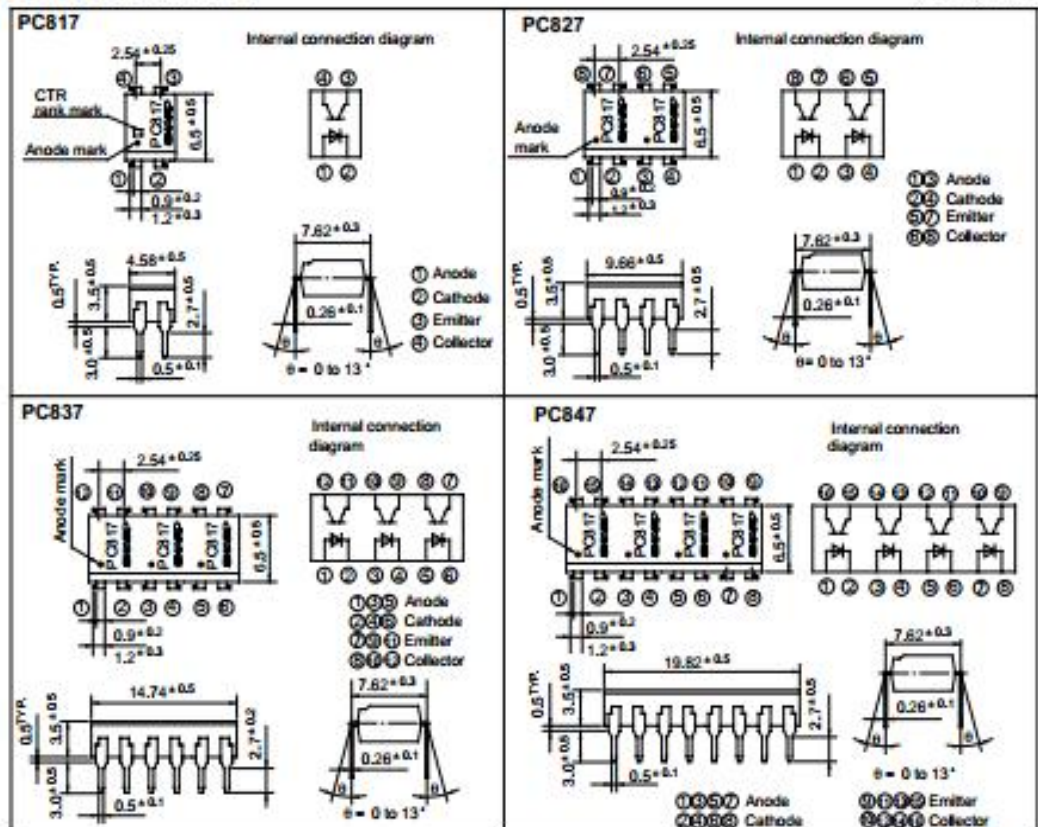
1. Current transfer ratio  
(CTR: MIN. 50% at  $I_F = 5\text{mA}$ ,  $V_{CE} = 5\text{V}$ )
2. High isolation voltage between input and output ( $V_{iso} : 5000\text{V}_{rms}$ )
3. Compact dual-in-line package  
 PC817 : 1-channel type  
 PC827 : 2-channel type  
 PC837 : 3-channel type  
 PC847 : 4-channel type
4. Recognized by UL, file No. E64380

### ■ Applications

1. Computer terminals
2. System appliances, measuring instruments
3. Registers, copiers, automatic vending machines
4. Electric home appliances, such as fan heaters, etc.
5. Signal transmission between circuits of different potentials and impedances

### ■ Outline Dimensions

(Unit : mm)



SHARP

PC817 Series

## ■ Absolute Maximum Ratings

(Ta = 25°C)

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Forward current	$I_F$	50	mA
*1 Peak forward current	$I_{FM}$	1	A
Reverse voltage	$V_R$	6	V
Power dissipation	P	70	mW
Collector-emitter voltage	$V_{CEO}$	35	V
Emitter-collector voltage	$V_{ECO}$	6	V
Collector current	$I_C$	50	mA
Collector power dissipation	$P_C$	150	mW
Total power dissipation	$P_{tot}$	200	mW
*2 Isolation voltage	$V_{iso}$	5 000	$V_{rms}$
Operating temperature	$T_{op}$	- 30 to + 100	°C
Storage temperature	$T_{stg}$	- 55 to + 125	°C
*3 Soldering temperature	$T_{sol}$	260	°C

\*1 Pulse width  $\leq 100\mu s$ , Duty ratio : 0.001

\*2 40 to 60% RH, AC for 1 minute

\*3 For 10 seconds

## ■ Electro-optical Characteristics

(Ta = 25°C)

Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit	
Forward voltage	$V_F$	$I_F = 20mA$	-	1.2	1.4	V	
Peak forward voltage	$V_{FM}$	$I_{FM} = 0.5A$	-	-	3.0	V	
Reverse current	$I_R$	$V_R = 4V$	-	-	10	$\mu A$	
Terminal capacitance	$C_t$	$V = 0, f = 1kHz$	-	30	250	pF	
Output	Collector dark current	$I_{C0}$	$V_{CE} = 20V$	-	-	$10^{-7}$	A
Transfer characteristics	*4 Current transfer ratio	CTR	$I_F = 5mA, V_{CE} = 5V$	50	-	600	%
	Collector-emitter saturation voltage	$V_{CE(sat)}$	$I_F = 20mA, I_C = 1mA$	-	0.1	0.2	V
	Isolation resistance	$R_{iso}$	DC500V, 40 to 60% RH	$5 \times 10^9$	$10^{11}$	-	$\Omega$
	Floating capacitance	$C_f$	$V = 0, f = 1MHz$	-	0.6	1.0	pF
	Cut-off frequency	$f_c$	$V_{CE} = 5V, I_C = 2mA, R_L = 100\Omega, -3dB$	-	80	-	kHz
Response time	Rise time	$t_r$	$V_{CE} = 2V, I_C = 2mA, R_L = 100\Omega$	-	4	18	$\mu s$
	Fall time	$t_f$		-	3	18	$\mu s$

\*4 Classification table of current transfer ratio is shown below.

Model No.	Rank mark	CTR (%)
PC817A	A	80 to 160
PC817B	B	130 to 260
PC817C	C	200 to 400
PC817D	D	300 to 600
PC8●7AB	A or B	80 to 260
PC8●7BC	B or C	130 to 400
PC8●7CD	C or D	200 to 600
PC8●7AC	A, B or C	80 to 400
PC8●7BD	B, C or D	130 to 600
PC8●7AD	A, B, C or D	80 to 600
PC8●7	A, B, C, D or No mark	50 to 600

● : 1 or 2 or 3 or 4

Fig. 1 Forward Current vs. Ambient Temperature

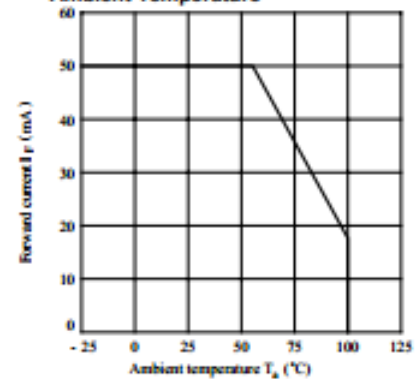




Fig. 2 Collector Power Dissipation vs. Ambient Temperature

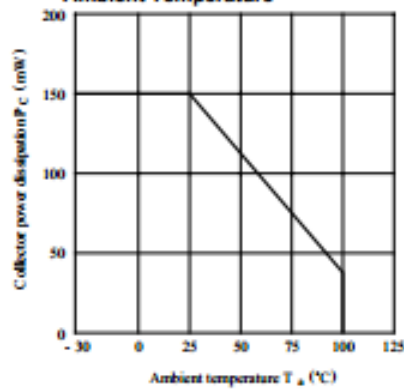


Fig. 3 Peak Forward Current vs. Duty Ratio

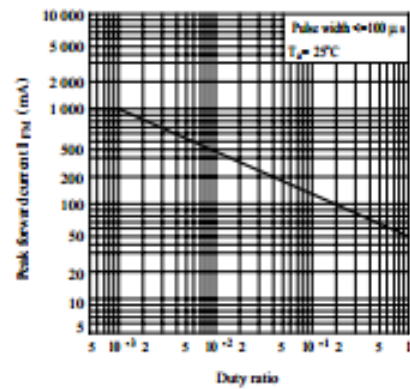


Fig. 4 Current Transfer Ratio vs. Forward Current

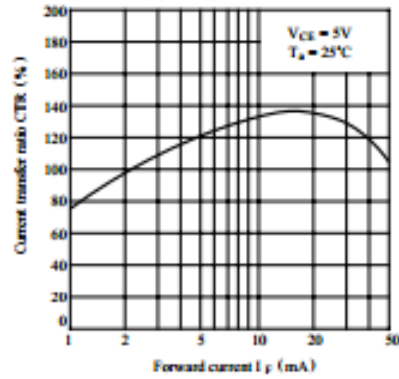


Fig. 5 Forward Current vs. Forward Voltage

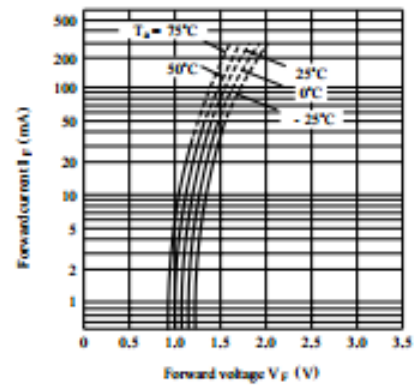


Fig. 6 Collector Current vs. Collector-emitter Voltage

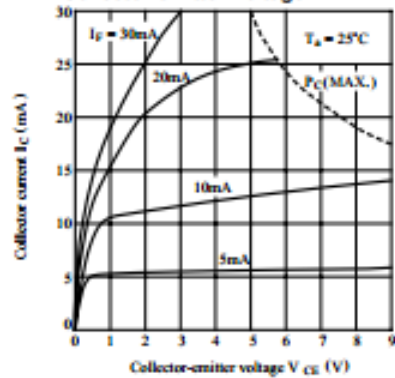


Fig. 7 Relative Current Transfer Ratio vs. Ambient Temperature

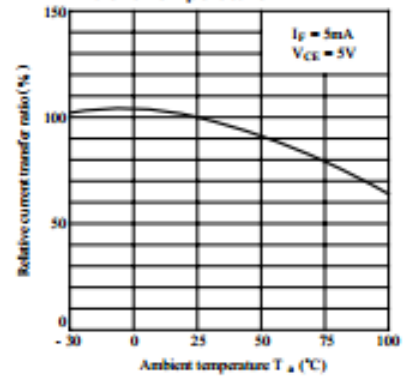




Fig. 8 Collector-emitter Saturation Voltage vs. Ambient Temperature

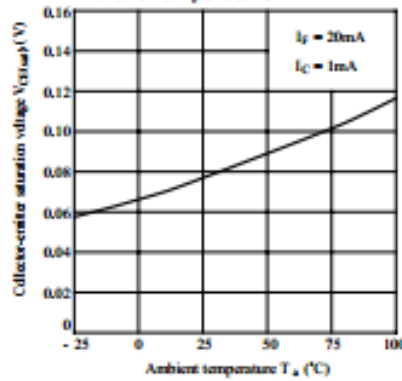


Fig. 9 Collector Dark Current vs. Ambient Temperature

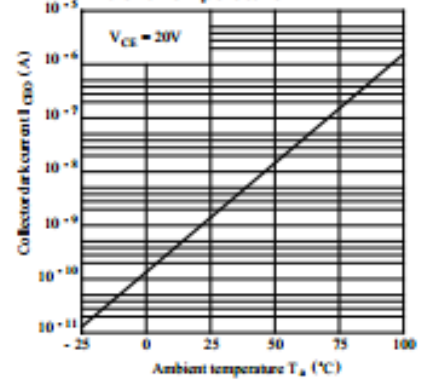


Fig.10 Response Time vs. Load Resistance

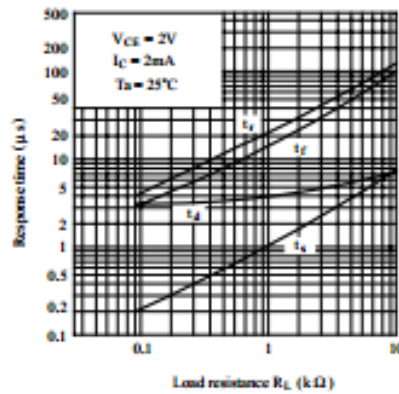
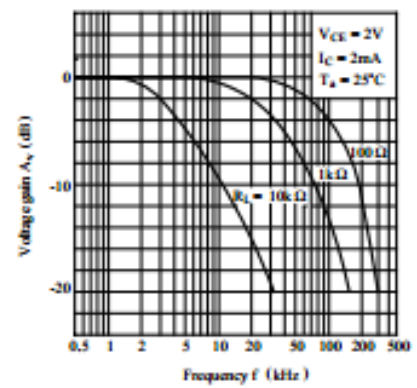
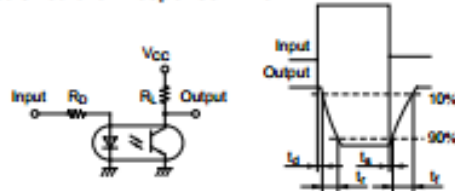


Fig.11 Frequency Response



Test Circuit for Response Time



Test Circuit for Frequency Response

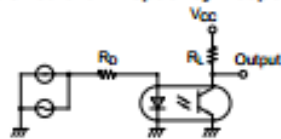
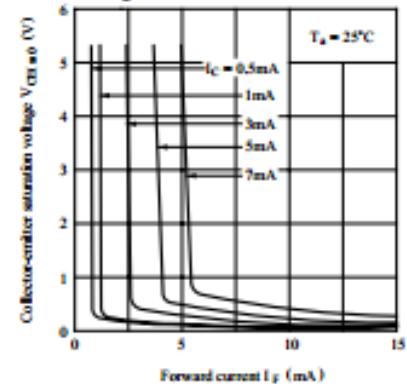


Fig.12 Collector-emitter Saturation Voltage vs. Forward Current



● Please refer to the chapter "Precautions for Use"

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Datasheet  
ACS712



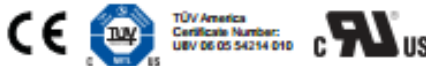


## ACS712

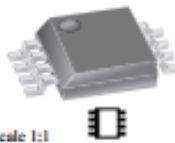
### Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor

#### 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  $T_A = 25^\circ\text{C}$
- 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

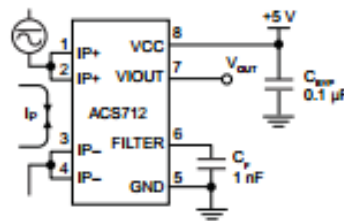
The Allegro<sup>®</sup> ACS712 provides economical and precise solutions for AC or DC current sensing in industrial, commercial, and communications systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switch-mode 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,  $V_{OUT}$ , 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 5 $\times$  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>RROUT</sub>		-0.1	V
Reinforced Isolation Voltage	V <sub>ISO</sub>	Pins 1-4 and 5-8; 60 Hz, 1 minute, T <sub>A</sub> =25°C	2100	VAC
		Maximum working voltage according to UL60950-1	184	V <sub>peak</sub>
Basic Isolation Voltage	V <sub>ISO(Basic)</sub>	Pins 1-4 and 5-8; 60 Hz, 1 minute, T <sub>A</sub> =25°C	1500	VAC
		Maximum working voltage according to UL60950-1	354	V <sub>peak</sub>
Output Current Source	I <sub>OUT(SOURCE)</sub>		3	mA
Output Current Sink	I <sub>OUT(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

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



Allegro Microsystems, Inc.  
115 Northeast Cutoff  
Worcester, Massachusetts 01915-0036 U.S.A.  
1.508.853.5000; www.allegromicro.com



# ACS712

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

COMMON OPERATING CHARACTERISTICS<sup>1</sup> over full range of  $T_A$ ,  $C_F = 1$  nF, and  $V_{CC} = 5$  V, unless otherwise specified

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

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

<sup>2</sup>1G = 0.1 mT.

<sup>3</sup> $R_{FILTER}$  forms an RC circuit via the FILTER pin.

## COMMON THERMAL CHARACTERISTICS<sup>1</sup>

			Min.	Typ.	Max.	Units
Operating Internal Leadframe Temperature	$T_A$	E range	–40	–	85	$^\circ\text{C}$
Junction-to-Lead Thermal Resistance <sup>2</sup>	$R_{\theta JL}$	Mounted on the Allegro A5EK 712 evaluation board			5	$^\circ\text{C/W}$
Junction-to-Ambient Thermal Resistance	$R_{\theta JA}$	Mounted on the Allegro 85-0322 evaluation board, includes the power consumed by the board			23	$^\circ\text{C/W}$

<sup>1</sup>Additional thermal information is available on the Allegro website.

<sup>2</sup>The Allegro evaluation board has 1500 mm<sup>2</sup> of 2 oz. copper on each side, connected to pins 1 and 2, and to pins 3 and 4, with thermal vias connecting the layers. Performance values include the power consumed by the PCB. Further details on the board are available from the Frequently Asked Questions document on our website. Further information about board design and thermal performance also can be found in the Applications Information section of this datasheet.



Allegro MicroSystems, Inc.  
115 Northeast Cutoff  
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.  
1.508.853.5000; www.allegromicro.com



## ACS712

Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC  
with 2.1 kVRMS Isolation and a Low-Resistance Current Conductor**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	$\Delta I_{\text{OUT(0)}}$	$T_A = -40^\circ\text{C}$ 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	$\Delta I_{\text{OUT(0)}}$	$T_A = -40^\circ\text{C}$ 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	$\Delta I_{\text{OUT(0)}}$	$T_A = -40^\circ\text{C}$ 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.



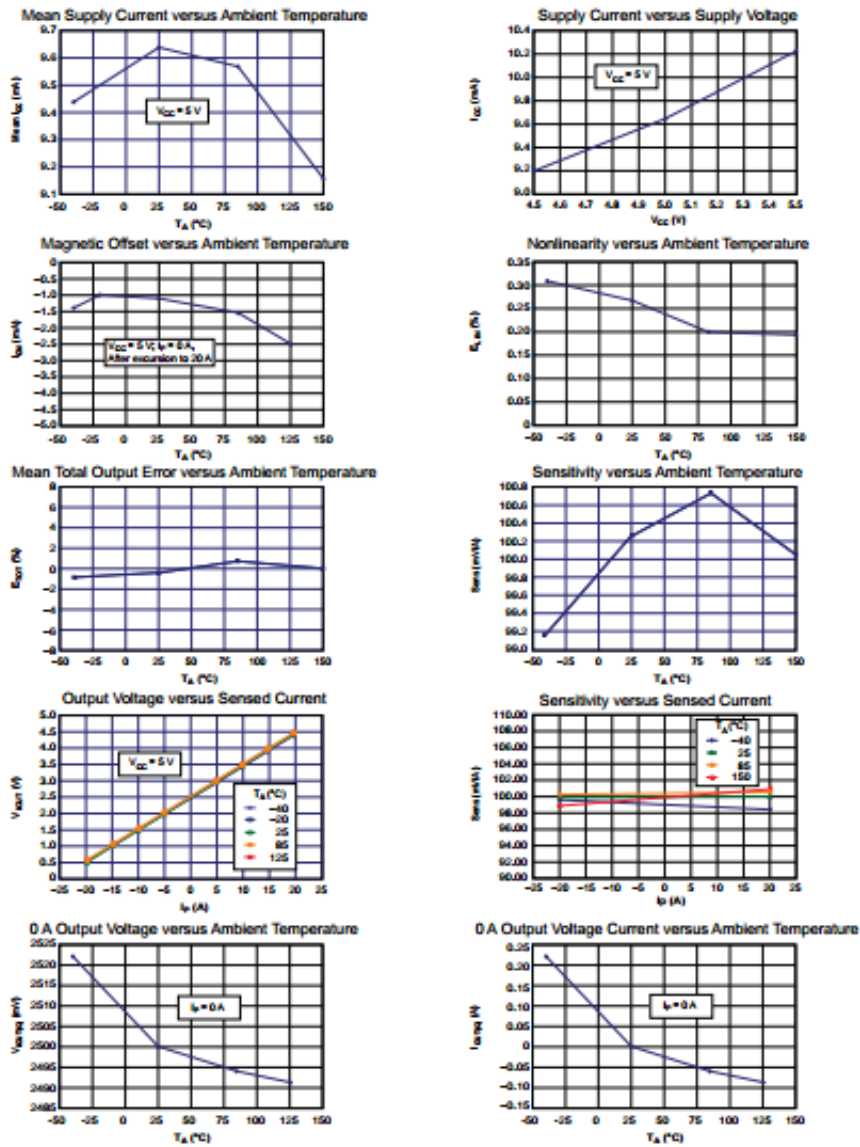
Allegro MicroSystems, Inc.  
115 Northeast Cutoff  
Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.  
1.508.853.5000; www.allegromicro.com



ACS712

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

Characteristic Performance  
 $I_p = 20\text{ A}$ , unless otherwise specified



Allegro MicroSystems, Inc.  
 155 Northeast Street  
 Worcester, Massachusetts 01615-0036 U.S.A.  
 1.508.853.3000; www.allegromicro.com

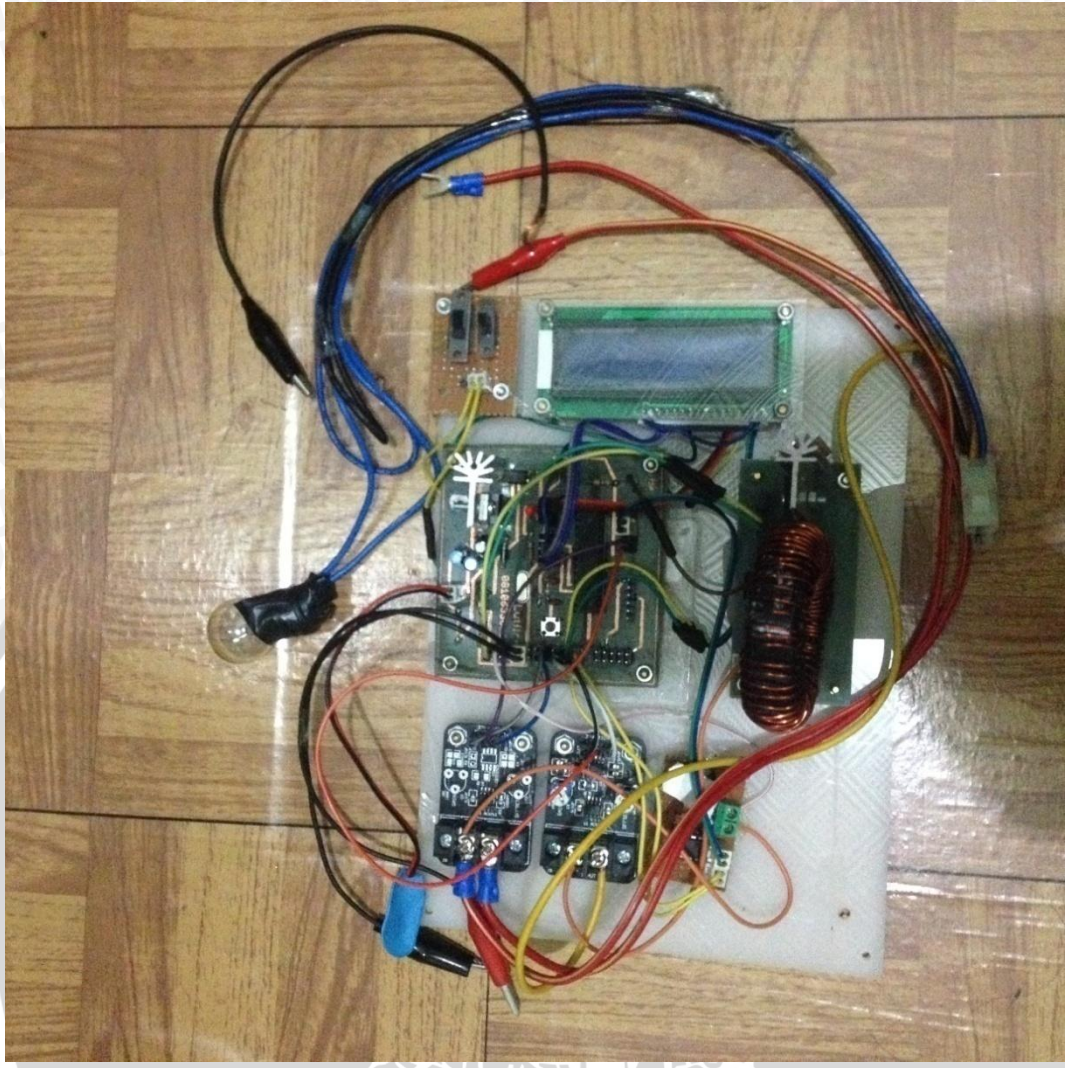


UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Foto Charge  
Controller







## Lampiran 7 Perhitungan kecepatan putaran

Diketahui :

Diameter pulley = 7 cm.

Kecepatan putaran = 1422 rpm.

Jadi keliling lingkaran =  $\pi \times D$

$$= 22 \text{ cm.}$$

$$= 0,22 \text{ m.}$$

Jadi kecepatan putaran =  $1422 \times 0,22$

$$= 312,8 \text{ m/menit}$$

$$= (312,8 \times 10^{-3}) \text{ km} : (1/60) \text{ jam}$$

$$= 18,7 \text{ km/jam}$$

Kecepatan putaran (rpm)	Kecepatan puaran (km/jam)
824	10,8
1422	18,7
1568	20,6
1603	21,1
1667	21,9
1677	22,1
1797	23,6
1871	24,6
2005	26,4
2072	27,2
2198	28,9
2227	29,3
2356	31,0
2410	31,7
2454	32,3