



**RANCANG BANGUN *PORTABLE SOLAR CHARGER*
BERBASIS ARDUINO UNO**

SKRIPSI

oleh

**Arobin Jaka Mahendra
111910201036**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji hanya untuk ALLAH SWT, Tuhan yang Maha Pengasih bagi semua makhlukNya didunia lagi Maha Penyayang kepada kepada makhlukNya diakhirat kelak. Sholawat serta salam tetap tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW, untuk itu saya persembahkan penulisan skripsi ini kepada :

1. Allah SWT atas semua rahmat dan hidayah-Nya.
2. Nabi Muhammad SAW sebagai panutan hidupku.
3. Aba, Ummi dan Ibu sebagai penuntun langkah hidupku menuju kepada kebenaran sesuai Alquran dan sunnah, yang selalu aku butuhkan ridlo, do'a dan kasih sayangnya sepanjang hidupku baik didunia maupun di akhirat khususnya. Seluruh keluargaku yang selalu mendoakan untuk kelancaran skripsi ini.
4. Maulana siddiq dan nurul afiqah sebagai adik-adik yang selalu memberikan motivasi tersirat dalam hati.
5. Kakakku tersayang Rohmatillah, S.E. dan Nurhasan yang selalu memberikan motivasi.
6. Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. dan Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T. terima kasih atas kesabaran dan saran yang diberikan serta bersedia menjadi pendamping dan membimbing dengan segenap hati dalam mengerjakan skripsi ini sampai selesai.
7. Guru-guruku sejak Sekolah Dasar hingga semua dosen selama di Perguruan Tinggi yang terhormat, terima kasih telah mendidik saya dan memberikan banyak ilmu dengan penuh kesabaran.
8. Dulur-dulurku Teknik Elektro 2011, yang telah banyak membantu selama ini.
9. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember yang saya banggakan, terima kasih telah membuka jalan untuk saya menuju masa depan.

MOTTO

Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antara kamu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.

(terjemahan Surat *Al-Mujadalah* ayat 11)

Barangsiapa bertawakkal pada Allah, maka Allah akan memberikan kecukupan padanya, sesungguhnya Allah lah yang akan melaksanakan urusan

(yang dikehendaki)-Nya.”

(terjemahan Surat *Ath-Thalaq* ayat 3)

“Barangsiapa yang mempermudah urusan orang yang mengalami kesulitan, maka Allah akan mempermudah urusannya di dunia dan di akhirat”

(HR. Ibnu Majah).

PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Arobin Jaka Mahendra

NIM : 111910201036

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya tulis yang berjudul :

“Rancang Bangun *Portable Solar Charger* Berbasis *Arduino UNO*“ adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 15 Juni 2016

Yang menyatakan,

Arobin Jaka Mahendra

NIM. 111910201036

SKRIPSI

**RANCANG BANGUN *PORTABLE SOLAR CHARGER*
BERBASIS *ARDUINO UNO***

Oleh :

Arobin Jaka Mahendra

NIM 111910201036

Pembimbing

Dosen Pembimbing I : Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing II : Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T.

LEMBAR PENGESAHAN

Skripsi berjudul "*Rancang Bangun Portable Solar Charger Berbasis Arduino UNO*" telah diuji dan disahkan oleh Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

hari :

tanggal :

tempat : Laboratorium Konversi Energi Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik
Universitas Jember

Tim Penguji

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,

Dr. Triwahju Hardianto, ST., MT

Dr. Bambang Sri Kaloko, S.T., M.T.

NIP. 19700826 199702 1 001

NIP. 19710402 200312 1 001

Anggota I,

Anggota II,

Dr. Ir. Bambang Sujanarko, M.M.

Ir. Widyono Hadi, M.T.

NIP. 19631201 199402 1 002

NIP. 19610414 198902 1 001

Mengesahkan

Dekan,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.

NIP. 196612151995032001

ABSTRACT

Design Of Portable Solar Charger Based Arduino UNO; Arobin Jaka Mahendra; 1119102036; 2016: 54 pages; The Study of Engineering Bachelor Programme (S1), Department Of Electrical Engineering, the Faculty of Engineering, Jember University.

The development of modern electronic tool like gadgets that support telecommunications has changed the lifestyle of the community for the better. However, there are limitations to the energy in the device which makes an important problem to the users. The solar panel is one of the appropriate energy to overcome the problem. In this system there is 20 wp solar panels used to charge the battery by converting sun's rays into electricity and there are control devices Arduino UNO which is used to generate a pulse wave that triggered the IRFP460 MOSFET in DC-DC converters that is used in the system. The resulting voltage by the solar panels amount of ± 19.3 V derived using buck converter becomes ± 13.9 V with a maximum charging current of 0.97 A to charge the battery back-up 12 V for ± 4 hours. Then the back-up battery voltage 12 V was lowered again with buck converter to 4.96 V with a current of 0.5 A for charging mobile phones. On the other hand there is a boost converter is used to raise the voltage of the battery back-up becomes 19.96 V with a current of 2 A for charging laptop battery.

On the change of load, duty cycle value that is used according to the determination of the desired voltage load, to reduce ripple in the output converter used a series L and C as an LC filter so that the output waveform obtained better.

Keywords: *gadgets, solar panels, buck converter, boost converter, solar panels, Arduino UNO, duty cycle.*

RINGKASAN

Rancang Bangun *Portable Solar Charger* Berbasis *Arduino UNO*; Arobin Jaka Mahendra; 1119102036; 2016: 54 halaman; Program Studi Strata Satu Teknik (S1), Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Jember.

Perkembangan dari peralatan elektronik modern seperti *gadget* guna menunjang proses telekomunikasi telah banyak merubah gaya hidup masyarakat menjadi lebih baik. Namun terdapat keterbatasan energi pada perangkat tersebut yang membuat masalah penting kepada penggunaannya. Panel surya merupakan salah satu energi tepat guna yang dapat mengatasi masalah tersebut. Dalam sistem ini terdapat panel surya sebesar 20 wp yang digunakan untuk mengisi baterai dengan mengubah sinar matahari menjadi arus listrik, serta terdapat piranti kontrol *Arduino UNO* yang digunakan untuk menghasilkan gelombang pulsa yang memicu MOSFET IRFP460 pada konverter DC-DC yang digunakan pada sistem. Tegangan yang dihasilkan panel surya sebesar $\pm 19,3$ V diturunkan menggunakan konverter *buck* menjadi $\pm 13,9$ V dengan arus maksimum pengisian 0,97 A untuk mengisi baterai *back-up* 12 V selama ± 4 jam. Setelah itu tegangan baterai *back-up* 12 V diturunkan kembali dengan Konverter *buck* menjadi 4,96 V dengan arus 0,5 A untuk pengisian baterai *handphone*. Di sisi lain terdapat konverter *boost* yang digunakan untuk menaikkan tegangan baterai *back-up* menjadi 19,96 V dengan arus 2 A untuk pengisian baterai *laptop*.

Pada perubahan beban, nilai *duty cycle* yang digunakan disesuaikan dengan penentuan tegangan yang diinginkan beban, untuk mengurangi riak pada hasil keluaran konverter digunakan rangkaian L dan C sebagai *filter* LC sehingga gelombang keluaran yang didapatkan lebih baik.

Kata kunci: *gadget*, panel surya, konverter *buck*, konverter *boost*, *panel surya*, *Arduino UNO*, *duty cycle*.

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul "Rancang Bangun *Portable Solar Charger* Berbasis *Arduino UNO*". Proposal Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember

Penyusunan proposal skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Triwahju Hardianto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, serta Dr. Bambang Srikaloko, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, pikiran dan perhatian dalam penulisan proposal skripsi ini;
2. Dr. Azmi Saleh, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama penulis menjadi mahasiswa;
3. rekan kerjaku seangkatan yang telah membantu analisis maupun memberikan semangat untuk penulisan proposal skripsi ini;
4. semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan proposal skripsi ini. Akhirnya penulis berharap semoga proposal skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, 15 Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PEMBIMBINGAN SKRIPSI	v
HALAMAN PENGESAHAN	vi
ABSTRACT	vii
RINGKASAN	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Panel Surya	5
2.2 Baterai	8
2.3 <i>State of Charge</i>.....	9
2.4 Depht Of Discharge	10

2.5 LCD	11
2.6 Dioda.....	12
2.7 <i>Arduino UNO</i>	13
2.8 PWM.....	14
2.9 Konverter <i>buck</i>	15
2.10 Konverter <i>Boost</i>	15
2.11 Kapasitor	16
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	17
3.2 Metode Kegiatan.....	18
3.3 Alat dan Bahan	20
3.4 Diagram Alir	21
3.5 Perancangan Sistem <i>Portable Solar Charger</i> Berbasis <i>Arduino UNO</i>	22
BAB 4. ANALISA DAN PEMBAHASAN	36
4.1 Pengujian Rangkaian Sensor Tegangan.....	36
4.2 Pengujian Rangkaian Sensor Arus	37
4.3 Pengujian <i>Solar Cell</i>	38
4.4 Pengujian Rangkaian Pembangkit PWM	41
4.4 Pengujian Rangkaian Konverter DC-DC	42
4.5 Pengujian Rangkaian Pengaman	52
BAB 5. PENUTUP	54
5.1 Kesimpulan	54
5.2 Saran.....	55
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	57

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Prosentase tegangan menurut spesifikasinya..... 10
Tabel 2.2	Karakteristik <i>Arduino UNO</i> 13
Tabel 3.1	Jadwal kegiatan penelitian..... 17
Tabel 3.2	Spesifikasi <i>Arduino UNO</i> 23
Tabel 3.3	Perhitungan kapasitas baterai 23
Tabel 3.4	Karakteristik panel surya..... 24
Tabel 3.5	Kondisi sensor tegangan pada panel surya..... 34
Tabel 3.6	Kondisi sensor tegangan pada Baterai <i>Back-up</i> 34
Tabel 3.7	Logika penyulutan rele 35
Tabel 4.1	Hasil pengujian sensor tegangan 37
Tabel 4.2	Hasil pengujian sensor arus 38
Tabel 4.3	Data pengukuran keluaran panel surya..... 38
Tabel 4.4	Data Pengujian Konverter <i>buck</i> untuk baterai <i>backup</i> 42
Tabel 4.5	Perbandingan nilai V_{DC} Pengukuran dengan V_{DC} teori 44
Tabel 4.6	Data pengisian baterai SAMSUNG SM-G530H..... 45
Tabel 4.7	Perbandingan nilai V_{DC} Pengukuran dengan V_{DC} teori 48
Tabel 4.8	Data Pengujian Konverter <i>boost</i> untuk baterai <i>laptop</i> 49
Tabel 4.9	Perbandingan nilai V_{DC} Pengukuran dengan V_{DC} teori 52
Tabel 4.10	Hasil penyulutan pada rangkaian pengaman 53

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Gambar <i>p-n Junction</i> sebelum tersambung	5
Gambar 2.2 Sambungan bermuatan positif	6
Gambar 2.3 a) Proses perpindahan elektron	
b) <i>PN Junction</i> diberi beban lampu	6
Gambar 2.4 Baterai dengan bahan Lithium Ion	8
Gambar 2.5 (a) Block Diagram LCD (b) LCD 16x2 karakter	11
Gambar 2.6 Simbol Dioda.....	13
Gambar 2.7 <i>Arduino UNO</i>	14
Gambar 2.8 Sinyal PWM dengan berbagai <i>duty cycle</i>	14
Gambar 2.9 Rangkaian konverter <i>Buck</i>	15
Gambar 2.10 Rangkaian Konverter <i>Boost</i>	16
Gambar 3.1 Gambar Diagram Alir Penelitian.....	21
Gambar 3.2 Blok diagram <i>Portable Solar Charger</i> berbasis <i>Arduino UNO</i>	22
Gambar 3.3 <i>Arduino UNO</i>	22
Gambar 3.4 Baterai <i>back-up</i>	23
Gambar 3.5 Penampang <i>panel surya</i> yang digunakan	24
Gambar 3.6 Rangkaian konverter <i>Boost</i>	25
Gambar 3.7 Rangkaian konveter <i>Buck</i> pada baterai <i>handphone</i>	26
Gambar 3.8 Rangkaian konveter <i>Buck</i> pada baterai <i>back-up</i>	29
Gambar 3.9 Sensor Tegangan	32
Gambar 3.10 Skema sensor arus	32
Gambar 3.11 Rangkaian LCD.....	33
Gambar 3.12 Karakter pengisian baterai back-up oleh	

	panel surya sedang berlangsung	34
Gambar 3.13	Karakter pengisian baterai back-up oleh panel surya sedang telah dihentikan	34
Gambar 3.14	<i>Flowchart</i> Pengisian baterai <i>back-up</i>	37
Gambar 3.15	<i>Flowchart</i> pembebanan baterai <i>back-up</i>	38
Gambar 4.1	Sensor tegangan.....	36
Gambar 4.2	Sensor arus ACS712-20A.....	37
Gambar 4.3	Data grafik perubahan tegangan dan daya terhadap waktu	40
Gambar 4.4	PWM dengan <i>duty cycle</i> 70%	41
Gambar 4.5	PWM dengan <i>duty cycle</i> 41,7%	41
Gambar 4.6	PWM dengan <i>duty cycle</i> 40%	41
Gambar 4.7	Rangkaian konverter <i>buck</i> untuk baterai <i>back-up</i>	42
Gambar 4.8	Grafik perubahan tegangan tegangan panel dan konverter <i>back-up</i> terhadap waktu	43
Gambar 4.9	Grafik perubahan tegangan baterai <i>back-up</i> terhadap waktu.....	44
Gambar 4.10	Rangkaian <i>buck</i> untuk baterai <i>handphone</i>	45
Gambar 4.11	Grafik perubahan tegangan baterai <i>handphone</i> terhadap waktu.....	46
Gambar 4.12	Grafik perubahan arus baterai <i>handphone</i> terhadap waktu	47
Gambar 4.13	Grafik perubahan tegangan pengisian baterai <i>handphone</i> terhadap waktu.....	47
Gambar 4.14	Konverter <i>boost</i>	49
Gambar 4.15	Grafik hubungan tegangan baterai <i>laptop</i> terhadap waktu	50
Gambar 4.16	Grafik hubungan arus pengisian baterai <i>laptop</i> terhadap waktu.....	51
Gambar 4.17	Grafik perubahan tegangan pengisian baterai <i>laptop</i> terhadap waktu.....	51
Gambar 4.18	Rangkaian pengamanan.....	53

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam perputaran roda perekonomian nasional, kemudahan dalam berkomunikasi merupakan salah satu faktor penting dalam menunjang aktivitas bisnis masyarakatnya. Pesatnya perkembangan teknologi informasi dan komunikasi telah banyak menciptakan inovasi baru untuk mempermudah masyarakat guna berkomunikasi lebih cepat dan efisien, salah satu contohnya yaitu *handphone*, *tablet* dan *notebook*.

Millward (2014:10) menyatakan bahwa Indonesia menempati di urutan teratas di dunia dalam penggunaan *gadget* seperti *smartphone*, *televisi*, *tablet*, dan *laptop* dengan waktu pemakaian rata-rata selama 540 menit/hari, dimana masyarakat Indonesia menghabiskan waktunya dengan ponsel rata-rata sebanyak 181 menit/hari.

Fakta tersebut menunjukkan bahwa saat ini *gadget* sudah menjadi suatu kebutuhan pokok yang sangat penting bagi masyarakat Indonesia untuk mempermudah kegiatannya baik itu di dalam rumah ataupun di luar rumah. Permasalahan baru muncul ketika seseorang berada jauh dari jangkauan sumber arus listrik PLN, dengan kapasitas baterai yang terbilang kecil tidaklah cukup untuk penggunaan *gadget* dalam waktu yang lama. Maka dari itu, perlu adanya energi alternatif dan tepat guna sebagai pemasok energi listrik untuk mengisi ulang baterai pada *gadget* yang mereka miliki.

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang terkait dengan pemecahan masalah tersebut yaitu dengan *Portable solar charger*, salah satunya studi yang berjudul "Rancang Bangun *Portable Solar Charger* Untuk Peralatan Elektronik Bergerak" yang dilakukan oleh Denny Indra Purnama pada tahun 2011. Pada penelitian tersebut menggunakan rangkaian *buck converter* dan *boost converter* sebagai konverter DC-DC, namun terdapat beberapa kekurangan pada hasil penelitian

tersebut yaitu tidak adanya indikator tegangan dan arus, serta piranti kontrol yang digunakan berbasis analog. Dimana, saklar elektrik dipicu dengan sinyal *monostable multivibrator* dengan menggunakan IC NE555. Dapat diketahui, penggunaan kontrol analog sangat rentan terhadap noise, serta tingkat akurasi dan resolusi sistem analog kurang begitu presisi bila dibandingkan dengan sistem digital.

Berdasarkan masalah di atas penulis mencoba untuk mengadakan penelitian yang berjudul "**Rancang Bangun Portable Solar Charger Berbasis Arduino UNO**", Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian yang sudah ada sebelumnya, tetapi dengan menggunakan kontrol yang berbeda yaitu dengan menggunakan *arduino UNO* sebagai kontroler pada sistem *portable solar charger*. Selain itu, terdapat sensor tegangan dan arus sebagai indikator pada sistem ini. Disisi lain, *Arduino* merupakan salah satu piranti kontroler yang lebih relevan, efisien, dan kompetibel pada saat ini. Dalam pembuatan bahasa pemrogramannya, *Arduino* dapat dibidang lebih mudah apabila dibandingkan dengan mikrokontroler. Selain itu, *arduino* memiliki sarana komunikasi USB yang lebih praktis untuk dapat menghubungkan dengan komputer secara langsung tanpa menggunakan piranti lain seperti USB Downloader pada mikrokontroler. diharapkan dengan penelitian ini pada akhirnya dapat membantu menyelesaikan masalah yang dimiliki masyarakat ketika membutuhkan sumber energi listrik untuk mengisi baterai *gadget* dimanapun mereka berada. Disisi lain, penelitian ini dapat menjadi salah satu solusi untuk meningkatkan ketahanan energi listrik nasional.

1.2 Rumusan Masalah

Berpijak dari latar belakang di atas, maka yang menjadi rumusan masalah pada penulisan skripsi ini sebagai berikut.

1. Bagaimanakah merancang dan membangun *Portable Solar Charger* Berbasis *Arduino UNO* dengan memperhatikan fluktuasi tegangan dan arus yang keluar dari panel surya?

2. Bagaimanakah mengatur kestabilan nilai tegangan dan arus keluaran dengan mudah melalui penerapan *arduino UNO*?

1.3 Tujuan

Dalam penyusunan skripsi ini, tujuan yang hendak dicapai adalah:

1. Merancang dan membangun *Portable Solar Charger* Berbasis *Arduino UNO* dengan memperhatikan fluktuasi tegangan dan arus yang keluar dari panel surya.
2. Mengatur kestabilan nilai tegangan dan arus keluaran dengan mudah melalui penerapan *Arduino UNO*.

1.4 Manfaat

Dalam penyusunan skripsi ini, manfaat yang hendak dicapai adalah:

1. Sebagai dasar untuk merencanakan pembangunan pembangkit listrik tenaga surya dalam skala kecil.
2. Untuk mengoptimalkan potensi energi matahari menjadi potensi sumber energi listrik.
3. Untuk mengimplementasikan ilmu pengetahuan yang didapatkan selama bangku perkuliahan.

1.5 Batasan Masalah

Untuk memperjelas arah pembahasan skripsi ini maka batasan masalah yang akan diambil antara lain:

1. Perancangan dan pembuatan *Portable Solar Charger* dengan menggunakan sel surya berdaya 10 wp.
2. Tidak membahas pengaruh suhu dan kelembaban terhadap pengisian baterai oleh panel surya.
3. *Gadget* yang digunakan sebagai beban sistem adalah *Handphone* dan *Laptop* dengan tegangan pengisian masing-masing sebesar 5 Volt dan 20 Volt.

4. Sistem pengisian baterai pada beban sistem dan baterai *back-up* pada sistem menggunakan *constant voltage* dan *constan current*.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penelitian ini dikerjakan melalui beberapa tahapan-tahapan dan disusun secara sistematis yang terdiri dari beberapa bagian seperti di bawah ini.

BAB 1. PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi tentang latar belakang, tujuan pembahasan, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Berisi mengenai penjelasan secara teoritis yang berhubungan dengan panel surya, PWM, baterai, arduino dan konverter.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan tentang metode kajian yang digunakan untuk menyelesaikan skripsi ini, serta proses perancangan rangkaian pada sistem *Portable Solar Charger* Berbasis *Arduino uno*.

BAB 4. ANALISA DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini menjelaskan mengenai pengolahan data, menampilkan data penelitian, grafik yang didapatkan dari pengujian, hasil dari pengujian serta analisa dari hasil penelitian.

BAB 5. PENUTUP

Bab ini menguraikan kesimpulan yang diperoleh dari penelitian dan mengemukakan saran untuk penelitian selanjutnya sehingga dapat memperoleh hasil yang lebih baik.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Panel Surya

Panel surya adalah suatu komponen utama dalam membuat suatu kesatuan sistem pembangkit listrik tenaga surya. Panel surya berfungsi merubah energi surya menjadi energi listrik. Arus keluaran yang dihasilkan berupa arus searah DC (*Direct Current*). Hal ini memberikan keuntungan terhadap pembangkitan energi listrik karena kemudahan dalam proses penyimpanannya. Dilihat dari cara penyimpanan, baterai bekerja pada sumber arus listrik searah.

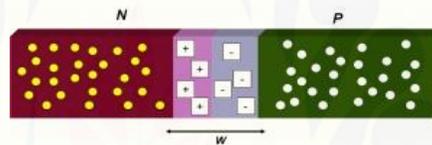
Panel surya terdiri dari bagian-bagian kecil yang disebut *solar cell*. Sel-sel tersebut hanya dapat menghasilkan daya yang terbilang kecil, sehingga untuk mendapatkan tegangan dan arus yang diinginkan maka sel-sel tersebut harus disusun dan dirangkai sedemikian rupa guna mendapatkan daya yang lebih besar. Prinsip dasar pembuatan sel surya adalah memanfaatkan efek fotovoltaiik, yaitu suatu efek yang dapat mengubah langsung cahaya matahari menjadi energi listrik. Material yang sering digunakan untuk membuat sel surya adalah silikon kristal, Agar dapat digunakan sebagai bahan sel surya, silikon dimurnikan hingga satu tingkat yang sangat tinggi.

Prinsip kerja sel surya silikon adalah berdasarkan konsep semikonduktor *p-n junction*. Sel terdiri dari lapisan semikonduktor doping-n dan doping-p yang membentuk *p-n junction*, lapisan antirefleksi, dan substrat logam sebagai tempat mengalirnya arus dari lapisan tipe- n (elektron) dan tipe-p (hole) seperti dijelaskan pada gambar 2.1.



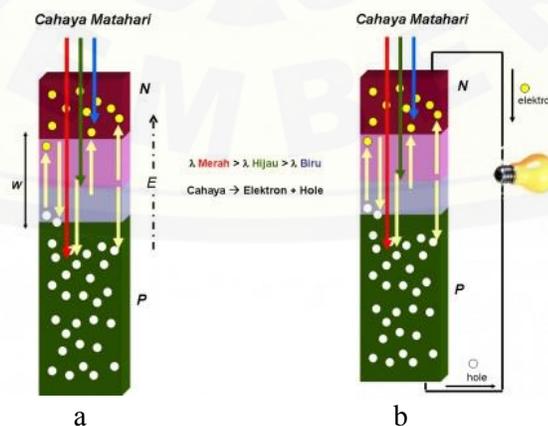
Gambar 2.1 *p-n Junction* sebelum tersambung

Semikonduktor tipe-n didapatkan dengan cara mendoping atom silikon intrinsik dengan unsur dari pentavalen (golongan V) sehingga terdapat kelebihan elektron valensi dibanding atom sekitar, dengan kata lain pada lapisan ini elektron membawa muatan mayoritas. Sedangkan pada semikonduktor tipe-p didapatkan dengan cara mendoping atom intrinsik dengan atom trivalen (golongan III) sehingga elektron valensinya defisit satu dibanding atom sekitarnya. Ketika dua tipe material tersebut mengalami kontak maka kelebihan elektron dari tipe-n berdifusi pada tipe-p. Sehingga area doping-n akan bermuatan positif sedangkan area doping-p akan bermuatan negatif. Medan elektrik yang terjadi antara keduanya mendorong elektron kembali ke daerah-n dan hole ke daerah-p. Pada proses ini terbentuklah *p-n junction* seperti gambar 2.2.



Gambar 2.2 Sambungan bermuatan positif

Ketika sambungan semikonduktor ini terkena cahaya matahari, maka elektron mendapat energi dari cahaya matahari untuk melepaskan dirinya dari semikonduktor *n*, daerah deplesi maupun semikonduktor. Terlepasnya elektron ini meninggalkan *hole* pada daerah yang ditinggalkan oleh elektron yang disebut dengan fotogenerasi elektron-hole (*electron-hole photo generation*) yaitu terbentuknya pasangan elektron dan *hole* akibat cahaya matahari. Hal dapat ditunjukkan pada gambar 2.3 a.



Gambar 2.3 a) Proses perpindahan elektron b) PN Junction diberi beban lampu

Selanjutnya, dikarenakan pada sambungan pn terdapat medan listrik E , elektron hasil fotogenerasi tertarik ke arah semikonduktor n , begitu pula dengan $hole$ yang tertarik ke arah semikonduktor p . Seperti yang terlihat pada gambar 2.3 b, Jika kedua bagian semikonduktor tersebut dihubungkan menggunakan rangkaian kawat konduktor, maka elektron akan mengalir melalui kawat konduktor tersebut. Jika sebuah lampu kecil dihubungkan ke kabel, lampu tersebut menyala dikarenakan mendapat arus listrik, dimana arus listrik ini timbul akibat pergerakan elektron.

2.1.1 Faktor pengoperasian sel surya:

Berikut ini faktor yang mempengaruhi kerja sel surya.

a. *Ambient Air Temperature*

Sebuah sel surya dapat beroperasi secara maksimum jika suhu sel tetap normal (25°C), kenaikan suhu lebih tinggi dari suhu normal, maka sel PV akan melemahkan tegangan (V_{oc}). Setiap kenaikan suhu sel surya 1°C (dari 25°C) akan berkurang sekitar 0,4% pada total 8 tenaga yang dihasilkan atau akan melemah 2x lipat untuk kenaikan suhu setiap 10°C .

b. Radiasi Solar Matahari (*Insulation*)

Radiasi matahari di bumi dan berbagai lokasi bervariasi, dan sangat tergantung keadaan spektrum solar ke bumi. Insulation solar matahari akan banyak berpengaruh pada arus (I) dan sedikit pengaruh pada tegangan (V).

c. Kecepatan angin bertiup

Kecepatan angin bertiup disekitar lokasi PV array akan banyak membantu dalam mendinginkan permukaan suhu kaca-kaca PV array.

d. Keadaan atmosfer bumi

Keadaan atmosfer bumi yang mendung, berawan, jenis partikel debu udara, asap, uap air udara (R_h), kabut, polusi sangat menentukan hasil maksimum arus listrik dari deretan PV.

e. Orientasi panel atau *array* PV

Orientasi PV ke arah matahari secara optimum adalah penting agar panel/deretan PV dapat menghasilkan energi maksimum. Selain arah orientasi, sudut orientasi (*tilt angle*) dari panel/deretan PV juga sangat mempengaruhi hasil energi maksimum (lihat penjelasan *tilt angle*). Sebagai acuan, untuk lokasi yang terletak di utara khatulistiwa, maka panel/deretan PV sebaiknya diorientasikan ke selatan. Begitu juga sebaliknya dengan lokasi di selatan khatulistiwa. Orientasi ke timur maupun ke barat walaupun juga menghasilkan sejumlah energi dari panel/deretan PV tetapi tidak akan mendapatkan energi matahari optimum.

f. Posisi letak sel surya (*array*) terhadap matahari (*tilt angle*)

Sudut orientasi matahari berguna untuk mempertahankan sinar matahari jatuh ke permukaan PV secara tegak lurus sehingga akan mendapatkan energi maksimum $\pm 1000 \text{ W/m}^2$ atau 1 kW/m^2 . Kalau tidak dapat mempertahankan ketegak lurus antara sinar matahari dengan bidang PV, maka ekstra luasan bidang panel PV dibutuhkan (bidang panel PV terhadap *sun altitude* yang berubah).

2.2 Baterai

Baterai berfungsi sebagai media penyimpanan dan penyedia energi listrik. Sumber energi listrik yang digunakan sebagai pembangkit daya dalam bentuk arus searah (DC). Alat ini digunakan di dunia elektronika untuk menjalankan fungsi dari alat-alat elektronika itu sendiri, pada gambar 2.4 merupakan gambar dari salah satu jenis baterai yang biasa digunakan dalam kehidupan sehari-hari.



Gambar 2.4 Baterai dengan bahan *Lithium Ion*

Setiap Baterai terdiri dari Terminal Positif (Katoda), Terminal Negatif (Anoda) dan Elektrolit yang berfungsi sebagai penghantar serta separator sebagai pemisah yang secara elektrik mengisolasi elektroda negatif dan positif.

Baterai terdiri dari dua macam yaitu baterai primer dan baterai sekunder, baterai primer merupakan baterai yang tidak dapat diisi ulang dayanya, dengan kata lain baterai ini hanya dapat dipakai sekali saja, sedangkan baterai sekunder adalah baterai yang dapat diisi ulang dayanya (*Rechargeable Battery*). sehingga dapat digunakan berkali-kali, hal ini dapat terjadi karena sifat baterai sekunder yang berbeda dengan baterai primer, dikarenakan reaksi bahan kimia di dalam baterai sekunder bisa dibalik (*reversible reaction*).

Pada saat Baterai digunakan dengan menghubungkan beban pada terminal Baterai (*discharge*), Elektron akan mengalir dari Negatif ke Positif. Sedangkan pada saat Sumber Energi Luar (*Charger*) dihubungkan ke Baterai Sekunder, elektron akan mengalir dari Positif ke Negatif sehingga terjadi pengisian muatan pada baterai.

2.3 State of charge

State Of Charge merupakan rasio total kapasitas energi yang dapat digunakan sebuah baterai dengan kapasitas seluruhnya. SOC menjelaskan energi yang tersedia yang dituliskan dalam presentase sesuai beberapa referensi, dengan mengetahui SOC suatu baterai maka kita dapat mengetahui total energi yang dapat digunakan pada baterai, hal ini dikarenakan sebuah baterai tidak dapat menghasilkan nominal kapasitas energi total yang dimiliki. Adapun cara mengukur SOC pada sebuah baterai, antara lain:

1. Pengukuran secara langsung, dapat dilakukan jika baterai dapat didischarge pada nilai yang konstan
2. SOC dari pengukuran *specific gravity* (SG), cara ini bergantung pada perubahan pengukuran dari berat bahan kimia aktif.
3. Perkiraan SOC berdasarkan tegangan, dilakukan dengan mengukur tegangan Sel baterai sebagai dasar untuk menghitung SOC. Hasil dapat berubah

bergantung pada level tegangan nyata, temperatur, nilai *discharge* dan umur sel serta kompensasi untuk faktor harus tersedia untuk mendapatkan akurasi yang pantas.

Tabel 2.1 Prosentase baterai menurut spesifikasi tegangannya

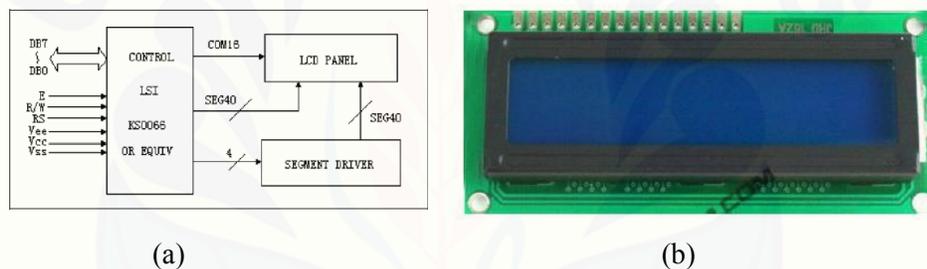
Prosentase Pengisian	6 V (volt)	8 V (volt)	12 V (volt)	24 V (volt)	36 V (volt)	42 V (volt)	48 V (volt)	72 V (volt)	120V (volt)
100%	6,37	8,49	12,73	25,48	38,22	44,59	50,96	76,44	127,4
90%	6,31	8,41	12,62	25,24	27,86	44,17	50,48	75,72	126,2
80%	6,25	8,33	12,5	25,0	27,5	43,75	50,0	75,0	125
70%	6,19	8,25	12,37	24,76	37,14	43,33	49,52	74,28	123,8
60%	6,12	8,15	12,24	24,48	36,72	42,84	48,96	73,44	122,4
50%	6,05	8,07	12,1	24,2	36,3	42,35	48,5	72,6	121,0
40%	5,98	7,97	11,86	23,92	35,88	41,86	47,84	71,76	119,6
30%	5,91	7,88	11,71	23,64	35,64	41,37	47,28	70,92	118,2
20%	5,75	7,67	11,66	23,32	34,98	40,81	46,64	69,96	116,6
10%	5,75	7,67	11,51	23,0	34,5	40,25	46,0	69,0	115

2.4 *Depth Of Discharge*

Pada umumnya, energi yang tersimpan pada baterai tidak dapat dikeluarkan seluruhnya, hal ini akan dikarenakan dampak negatif yang ditimbulkan berupa kerusakan pada baterai. *Depth of discharge* ini menentukan daya maksimum yang dapat digunakan dari baterai. Sehingga dari kapasitas yang tersedia dari spesifikasinya, tidak semuanya dapat digunakan. Dengan kata lain DOD merupakan energi yang dapat digunakan dari baterai dan dapat ditetapkan oleh manufaktur. Untuk contoh 100 Ah dengan DOD 30%, maka baterai tersebut hanya menyediakan $30\% \times 100 \text{ Ah} = 30\text{Ah}$

2.5 LCD

LCD adalah lapisan dari campuran organik antara lapisan kaca bening dengan elektroda transparan indium oksida dalam bentuk tampilan seven-segment dan lapisan elektroda pada kaca belakang. Ketika elektroda diaktifkan dengan medan listrik (tegangan), molekul organik yang panjang dan silindris menyesuaikan diri dengan elektroda dari segmen. Lapisan *sandwich* memiliki *polarizer* cahaya vertikal depan dan *polarizer* cahaya horisontal belakang yang diikuti dengan lapisan reflektor. Cahaya yang dipantulkan tidak dapat melewati molekul-molekul yang telah menyesuaikan diri dan segmen yang diaktifkan terlihat menjadi gelap dan membentuk karakter data yang ingin ditampilkan. Pada gambar 2.5 merupakan salah satu contoh Bentuk LCD (*Liquid Cristal Display*).



Gambar 2.5 (a) Block Diagram LCD (b) LCD 16x2 karakter

Display LCD sebuah *liquid crystal* atau perangkat elektronik yang dapat digunakan untuk menampilkan angka atau teks. Ada dua jenis utama layar LCD yang dapat menampilkan numerik (digunakan dalam jam tangan, kalkulator dll) dan menampilkan teks *alfanumerik* (sering digunakan pada mesin foto kopi dan telepon genggam). Dalam menampilkan numerik ini kristal yang dibentuk menjadi bar, dan dalam menampilkan *alfanumerik* kristal hanya diatur kedalam pola titik. Setiap kristal memiliki sambungan listrik individu sehingga dapat dikontrol secara independen. Ketika kristal off' (yakni tidak ada arus yang melalui kristal) cahaya kristal terlihat sama dengan bahan latar belakangnya, sehingga kristal tidak dapat terlihat. Namun ketika arus listrik melewati kristal, itu akan merubah bentuk dan menyerap lebih banyak cahaya. Hal ini membuat kristal terlihat lebih gelap dari penglihatan mata

manusia sehingga bentuk titik atau bar dapat dilihat dari perbedaan latar belakang. Sangat penting untuk menyadari perbedaan antara layar LCD dan layar LED. Sebuah LED display (sering digunakan dalam radio jam) terdiri dari sejumlah LED yang benar-benar mengeluarkan cahaya (dan dapat dilihat dalam gelap). Sebuah layar LCD hanya mencerminkan cahaya, sehingga tidak dapat dilihat dalam gelap. LMB162A adalah modul LCD matrix dengan konfigurasi 16 karakter dan 2 baris dengan setiap karakternya dibentuk oleh 8 baris pixel dan 5 kolom pixel (1 baris terakhir adalah kursor). Memori LCD terdiri dari 9.920 bit CGROM, 64 byte CGRAM dan 80x8 bit DDRAM yang diatur pengalamatannya oleh *Address Counter* dan akses datanya (pembacaan maupun penulisan datanya) dilakukan melalui register data.

Pada LMB162A terdapat register data dan register perintah. Proses akses data ke atau dari register data akan mengakses ke CGRAM, DDRAM atau CGROM bergantung pada kondisi *Address Counter*, sedangkan proses akses data ke atau dari Register perintah akan mengakses *Instruction Decoder* (dekoder instruksi) yang akan menentukan perintah-perintah yang akan dilakukan oleh LCD.

2.6 Dioda

Hampir semua peralatan elektronika memerlukan sumber arus searah. Penyearah digunakan untuk mendapatkan arus searah dari suatu arus DC (*Direct Current*). Arus atau tegangan tersebut harus benar-benar rata tidak boleh berdenyut-denyut agar tidak menimbulkan gangguan bagi peralatan yang dicatu. Dioda sebagai salah satu komponen aktif sangat populer digunakan dalam rangkaian elektronika, karena bentuknya sederhana dan penggunaannya sangat luas. Ada beberapa macam rangkaian dioda, diantaranya : penyearah setengah gelombang (*Half-Wave Rectifier*), penyearah gelombang penuh (*Full-Wave Rectifier*), rangkaian pemotong (*Clipper*), rangkaian penjepit (*Clamper*) maupun pengganda tegangan (*Voltage Multiplier*). Adapun simbol yang digunakan untuk dioda penyearah seperti yang terlihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Simbol Dioda

2.7 Arduino UNO

Arduino UNO merupakan suatu *board* berbasis mikrokontroler dengan ATmega328. Dalam *board* ini memiliki 14 digital *input / output* pin dengan 6 pin dapat digunakan sebagai *output PWM*, 6 input *analog*, dan terdapat 16 MHz *osilator* kristal, koneksi USB, jack listrik tombol reset. Beberapa pin tersebut berisi semua yang diperlukan untuk mendukung mikrokontroler, hanya terhubung ke komputer dengan kabel USB atau sumber tegangan bisa didapat dari adaptor AC-DC atau baterai untuk menggunakannya.

Adapun beberapa karakteristik *Arduino UNO* ditunjukkan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Karakteristik *Arduino UNO*

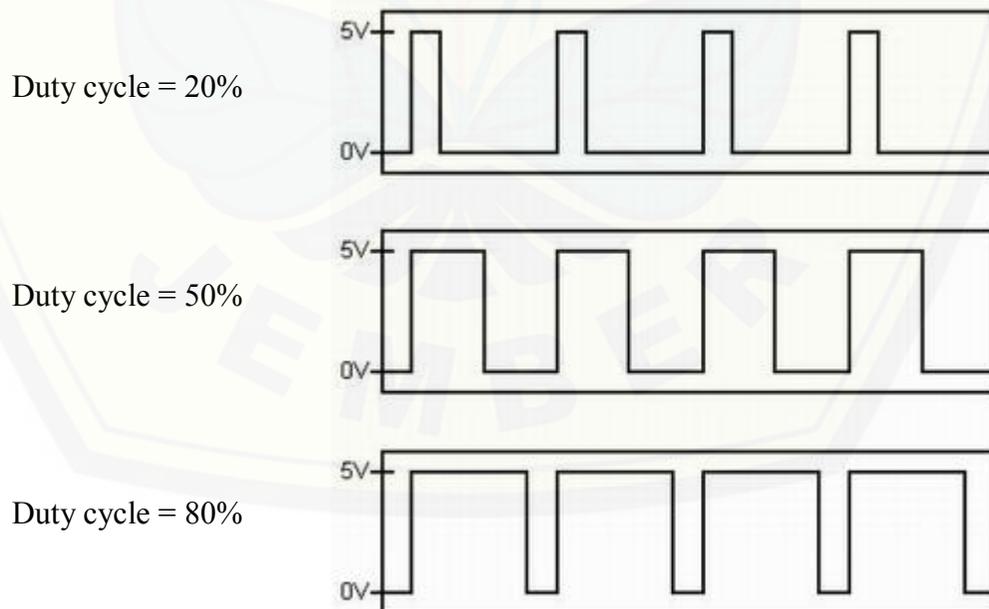
Mikrokontroler ATmega328	Operasi Voltage 5 V
Input Voltage 7 – 12 V (rekomendasi)	Input Voltage 6 – 20 V (limit)
I/O 14 pin (6 pin untuk	PWM)
Arus 50 mA	Flash Memory 32 KB
Bootloader SRAM 2 KB	EEPROM 1 KB
Kecepatan 16 MHz	
Mikrokontroler ATmega328	Operasi Voltage 5 V
Input Voltage 7 – 12 V (rekomendasi)	Input Voltage 6 – 20 V (limit)
I/O 14 pin (6 pin untuk	PWM)
Arus 50 mA	Flash Memory 32 KB



Gambar 2.7 Arduino UNO

2.8 PWM

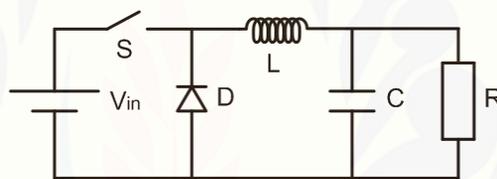
Pulse Width Modulation (PWM) merupakan sebuah cara memanipulasi lebar dari pulsa dalam periode yang tetap untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Lebar pulsa tersebut dinamakan dengan *duty cycle*, untuk mengetahui besaran nilai *duty cycle* tersebut dapat digunakan persamaan $D = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} \times 100\%$.

Gambar 2.8 Sinyal PWM dengan berbagai *duty cycle*

T_{on} merupakan waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi *high* (1), sedangkan T_{off} adalah waktu dimana tegangan keluaran berada pada posisi *low* (0). T_{total} adalah waktu satu siklus atau penjumlahan antara T_{on} dengan T_{off} , waktu ini biasa disebut dengan istilah periode.

2.9 Konverter Buck

Konverter jenis Buck merupakan konverter penurun tegangan yang dapat mengkonversikan tegangan masukan DC menjadi tegangan DC lainnya yang lebih rendah. Seperti terlihat pada gambar di bawah ini rangkaian konverter *buck* terdiri atas satu saklar aktif, satu saklar pasif (diode), dan induktor sebagai tapis keluarannya.



Gambar 2.9 Rangkaian Konverter *Buck*

Terdapat banyak keuntungan pada rangkaian ini, antara lain:

1. Rangkaian yang sederhana
2. Tidak memerlukan transformer
3. Memiliki efisiensi yang tinggi
4. Menghasilkan riak (*ripple*) tegangan yang rendah

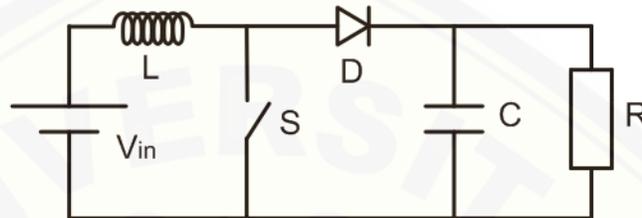
Kekurangan pada rangkaian buck adalah tidak adanya isolasi antara masukan dan keluaran, selain itu rangkaian ini hanya satu keluaran yang dihasilkan.

2.10 Konverter Boost

Konverter ini adalah konverter DC- DC jenis penaik tegangan (*step up*). Konverter *boost* dapat menghasilkan nilai tegangan keluaran yang sama atau lebih besar dari tegangan sumbernya. Konverter *boost* dapat menaikkan tegangan tanpa

membutuhkan transformator. konverter *boost* memiliki efisiensi yang tinggi karena hanya menggunakan satu semikonduktor.

Adapun gambar rangkaian dari konverter *boost* ditunjukkan seperti pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Rangkaian Konverter *Boost*

2.11 Kapasitor

Kapasitor merupakan salah satu komponen dari rangkaian listrik yang memiliki berbagai macam fungsi, salah satunya sebagai penstabil tegangan DC dalam rangkaian catu daya atau tapis gelombang AC. Komponen ini memiliki satuan pengukuran *farad* (F), jangkauannya antara 1 pF (*pico-Farad*) hingga 1 F. Kapasitor terbagi menjadi dua jenis yaitu kapasitor polar dan non-polar.

Kapasitansi kapasitor dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini.

$$C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d}$$

Dimana: C = Kapasitansi

ϵ_0 = permitivitas hampa

ϵ_r = permitivitas relatif

A = luas pelat

d = jarak antar pelat/tebal dielektrik

Pada badan kapasitor memiliki sejumlah angka dan huruf sebagai kode nilai besaran kapasitans, selain itu juga terdapat huruf dan angka tambahan yang berfungsi sebagai penunjuk spesifikasi suhu kerja.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian "Rancang Bangun *Portable Solar Charger* berbasis *Arduino UNO*" dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Listrik Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Jember, sedangkan waktu pelaksanaan penelitian kurang lebih selama 12 bulan yaitu dari bulan juli 2015 sampai bulan Juli 2016.

3.2 Metode Penelitian

Dalam penulisan skripsi ini, penulis melakukan beberapa metode kegiatan yang antara lain:

3.2.1 Studi literatur disertai konsultasi dengan dosen pembimbing.

Tahap awal dalam penelitian ini yaitu pencarian literatur yang relevan dan memiliki korelasi dengan rumuan masalah pada skripsi ini, pengumpulan bahan referensi penunjang didapatkan melalui jurnal, paper, buku-buku, *e-mail*, *e-book* dan *e-news*.

3.2.2 Perancangan alat

Dalam proses ini merupakan tahapan menerjemahkan hasil analisa kebutuhan kedalam suatu rancangan model rangkaian. Pada rancangan alat dalam penelitian ini meliputi pembuatan desain dan pemilihan bahan yang akan digunakan. Selain itu, hasil setiap rancangan awal tersebut akan dikonsultasikan dengan dosen pembimbing guna memperoleh masukan rancangan yang lebih baik. Pada tahapan ini terdiri dari tiga bagian, antara lain :

a. Analisa rangkaian

Perancangan rangkaian diawali dengan analisa rangkaian berdasarkan teori yang telah ada sesuai literatur yang digunakan dalam penelitian ini.

b. Perancangan Skematik

Hasil analisa rangkaian akan diterjemahkan kedalam suatu rancangan model rangkaian atau skema *layout* PCB sistem *Portable Solar Charger* berbasis *Arduino Uno* dengan menggunakan perangkat lunak *Eagle 5.7.0*.

c. Pembuatan *Hardware*

Tahap ini adalah penyablonan rangkaian hingga penyolderan komponen yang dipilih kedalam PCB dan merangkai seluruh sistem yang ada dalam penelitian ini.

d. Pembuatan *Software*

Adapun *Software* yang diperlukan dalam perancangan alat pada penelitian ini yaitu *Arduino 1.6.4* yang digunakan sebagai program *compiler* pada *Arduino UNO*, dan bahasa yang digunakan adalah bahasa C.

3.2.3 Uji coba dan pengamatan

Pada tahapan ini setiap konverter akan diuji kelayakannya dengan melihat nilai keluaran yang dihasilkan, kemudian nilai tersebut akan dibandingkan dengan nilai teoritis. Sedangkan untuk hasil sensor tegangan dan arus yang telah dibangun akan dibandingkan dengan alat uji laboratorium. Perbandingan tersebut akan menghasilkan *error* persen (E%), apabila nilai *error* persen lebih besar dari 10% maka bisa dikatakan alat yang telah dibangun belum berhasil serta tahapan akan kembali menuju proses perancangan alat, sedangkan apabila *error* persen lebih kecil dari 10% maka dapat dikatakan sistem yang telah dibangun pada penelitian ini telah berhasil.

3.2.4 Analisa data dan Pembahasan

Analisis yang dilakukan adalah analisis teknik yang meliputi perhitungan sistem efisiensi biaya perancangan dan efisiensi daya yang dihasilkan oleh sistem *portable solar charger* berbasis *Arduino UNO*.

Data yang akan di ambil dalam penelitian ini yaitu data keadaan dari baterai seperti tegangan awal dan tegangan akhir pengisian terhadap waktu, arus pengisian dan tegangan pengisian beban konverter.

3.2.5 Penulisan Laporan

Pada proses ini merupakan proses akhir dari penelitian yang mana hasil dari semua data yang didapatkan dan dianalisa akan di tulis dalam skripsi ini. Kemudian, dapat ditarik bebarapa kesimpulan mengenai kinerja pada alat yang telah dibangun dan memberikan saran yang dimaksudkan untuk memperbaiki kekurangan yang ada sehingga dapat dimungkinkan dapat dikembangkan di masa mendatang.

3.3 Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini, antara lain:

3.3.1 Perangkat Lunak

- *Easily Applicable Graphical Layout Editor (EAGLE)* versi 5.7.0
- Notepad

3.3.2 Peralatan

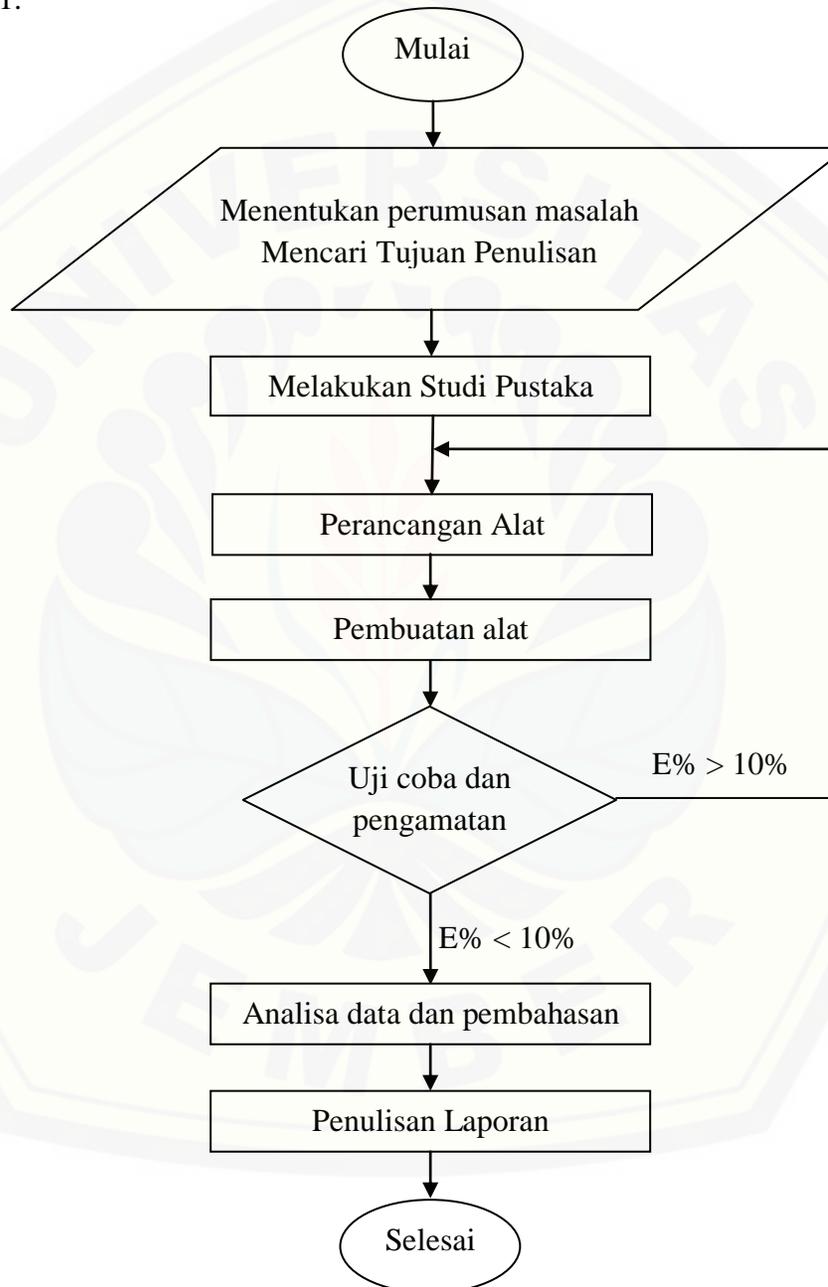
- Solder
- *Cutter*
- Multimeter analog
- Catu daya
- *Laptop*
- *Handphone*
- *Power supply*

3.3.3 Bahan

- Panel Surya 10 wp
- Multiplex
- Kabel dan konektor
- LCD 16x2
- Resistor, Kapasitor, Induktor, Diode, MOSFET IRFP460
- Berbagai variasi *machine screw* (skrup) dan *nut* (baut)
- Pertinak (Board PCB)

3.4 Diagram Alir

Sebagai panduan untuk Rancang Bangun *Portable Solar Charger* Berbasis *Arduino UNO* ini digunakan sebuah tahapan-tahapan seperti pada *flowchart* pada gambar 3.1.

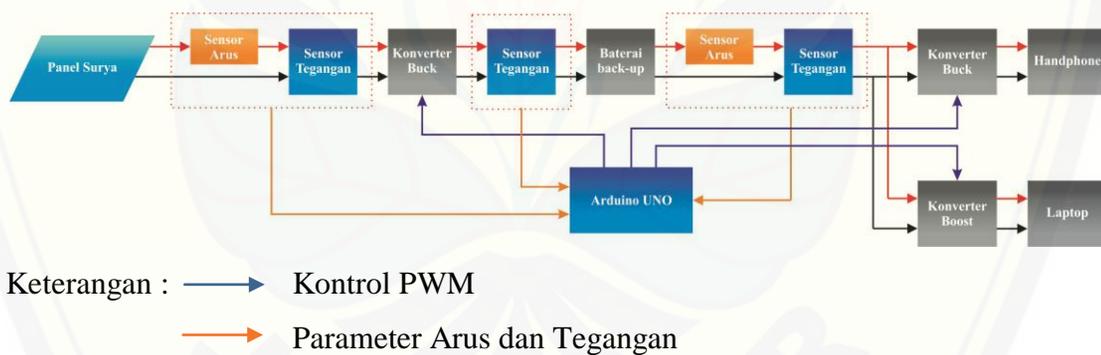


Gambar 3.1 Gambar Diagram Alir Penelitian

3.5 Perancangan Sistem *Portable Solar Charger* Berbasis *Arduino UNO*

Sistem yang dirancang terdiri dari dua buah panel surya dengan daya sebesar 10 wp, pada sistem ini terdapat baterai sebagai penyimpan tenaga listrik disaat tidak terdapat sinar matahari. Tegangan yang keluar dari panel surya di turunkan hingga sebesar 14 volt, disaat yang sama baterai menyuplai beban yang terhubung dengan konverter DC. Konverter DC yang digunakan yaitu jenis konverter *buck* dan konverter *boost* yang dikontrol dengan *Aruduino UNO*, pada konverter *buck* tegangan dan arus beban keluaran dari baterai diturunkan hingga mencapai tegangan yang diinginkan untuk mengisi energi pada baterai *back-up* dan baterai *handphhone*, sedangkan pada konverter *boost* tegangan dan arus di naikkan hingga sesuai dengan rating tegangan dan arus pada beban yang akan digunakan yaitu *laptop*.

Berikut ini gambar rangkaian skema *portable solar charger* berbasis *Arduino UNO* dalam penelitian ini.



Gambar 3.2 Blok diagram *Portable Solar Charger* berbasis *Arduino UNO*

Terdapat sensor tegangan dan sensor arus yang digunakan untuk melihat nilai keluaran dari panel surya dan baterai *back-up* pada sistem, selain itu juga terdapat dua rele yang digunakan untuk pengaman pada sistem ini. Adapun gambar *Arduino UNO* yang digunakan sebagai kontrol digital dalam penelitian ini seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.3.

Gambar 3.3 *Arduino UNO*

Adapun spesifikasi *Arduino UNO* ditunjukkan seperti pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 Spesifikasi *Arduino UNO*

Mikrokontroler	Atmega328
Tegangan operasi	5 volt
Tegangan input	7 - 12 volt
Pin digital I/O	14 (6 diantaranya dapat digunakan sebagai PWM)
Pin analog <i>input</i> (ADC)	6
Arus DC setiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3,3 Volt	50 mA
<i>Flash Memory</i>	32 KB
SRAM	2 KB
EPROM	1 KB
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

3.5.1 Perancangan *Solar cell*

Untuk dapat menentukan besarnya karakteristik panel surya yang akan digunakan pada sistem ini maka perlu adanya perhitungan daya yang dibutuhkan untuk menyuplai energi listrik pada beban konverter DC-DC. Pada sistem ini menggunakan dua beban DC yang memiliki kapasitas energi listrik yang berbeda

yaitu baterai *handphone* dan baterai *laptop*. Pada tabel 3.2 menjelaskan besarnya energi yang diperlukan oleh beban sistem *portable solar charger*

Tabel 3.2 Perhitungan kapasitas baterai *back-up*

Beban	Waktu Pengisian	Arus Pengisian	Tegangan Pengisian	Kapasitas Baterai	Daya	Energi
<i>Handphone</i>	100 menit	1,5 A	5 V	2,6 Ah	7,5 W	12,5 Wh
Laptop	120 menit	2 A	20 V	4,2 Ah	40 W	80 Wh
Total energi yang harus disuplai oleh baterai						92,5 Wh
Energi baterai <i>back-up</i> yang digunakan pada sistem						84 Wh



Gambar 3.4 Baterai *back-up*

Gambar 3.4 merupakan gambar *back-up* yang digunakan pada penelitian ini, baterai yang digunakan ini memiliki tipe YUASA YB7B-B dengan dimensi baterai 152x61x132 (mm) dengan kapasitas baterai sebesar 7 Ah. Adapun besar energi yang dapat disimpan pada baterai tersebut dapat diketahui dengan persamaan berikut ini.

$$\begin{aligned}
 P_{\text{baterai}} &= V_{\text{baterai}} \times I_{\text{baterai}} \\
 &= 12 \times 7 \\
 &= 84 \text{ Wh}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan karakteristik baterai *back-up* dapat ditentukan besar kapasitas energi listrik yang harus disuplai oleh panel surya, dengan waktu efektif matahari bersinar selama 5 jam yaitu dari pukul 08.00 hingga 13.00 maka kapasitas panel surya yang dibutuhkan dapat ditentukan dengan persamaan berikut ini.

$$P_{SC} = \frac{P_{baterai}}{T_c}$$

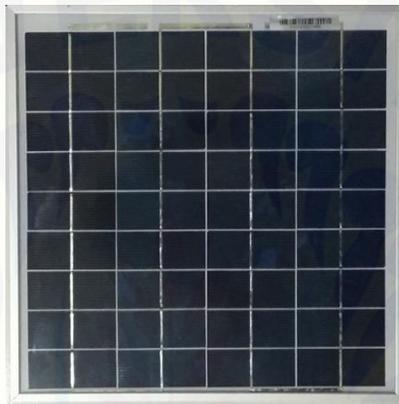
$$= \frac{84}{5}$$

$$= 16,8 \text{ wp} \approx 20 \text{ wp}$$

Dimana : P_{SC} = Daya solar cell

$P_{baterai}$ = Daya baterai backup yang akan disuplai

T_c = Waktu Pengisian yang diharapkan dengan panel surya



Gambar 3.5 Penampang panel surya yang digunakan

Gambar 3.5 merupakan gambar penampang panel surya yang akan digunakan dalam penelitian ini. Adapun karakteristik panel surya yang akan digunakan pada penelitian ini seperti yang ditunjukkan pada tabel 3.4

Tabel 3.3 Karakteristik panel surya

Tipe panel surya	PUL-10-P36
Daya maksimum (Pmax)	10 W
Tegangan Maksimum (Vmp)	17,9 V
Arus Maksimum (Imp)	0,56 A
Tegangan Rangkaian Terbuka (Vop)	21,8 V
Arus Hubung Singkat (Isc)	0,61 A
Tegangan Maksimum Sistem	1000 VDC
Berat	0,91 Kg
Dimensi	280x280x23 (mm)

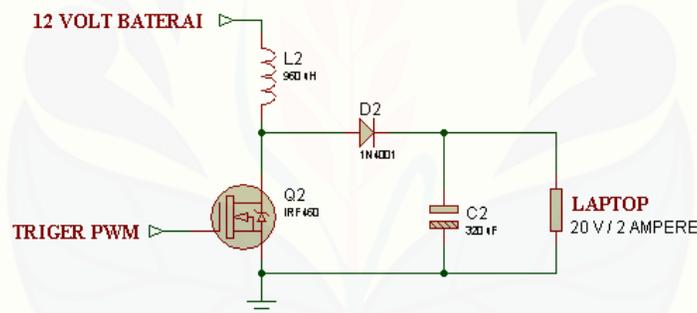
3.5.2 Perancangan rangkaian konverter DC-DC

Terdapat dua macam rangkaian konverter DC-DC yang akan digunakan dalam penelitian ini, yaitu konverter *buck* dan konverter *boost*.

a) Perancangan rangkaian konverter *boost*

Dalam rangkaian ini, konverter diberikan catu daya DC dari baterai *back-up* sebesar 12 volt yang kemudian dikontrol oleh *Arduino UNO* untuk menghasilkan tegangan keluaran sebesar 20 Volt dengan cara memberikan sinyal PWM untuk memicu MOSFET sebagai saklar elektronik pada konverter ini, Untuk mengurangi riak pada tegangan dan arus keluaran konverter boost digunakan rangkaian L dan C sebagai filter LC sehingga gelombang keluaran yang didapatkan lebih baik.

Adapun gambar rangkaian perancangan konverter boost yang akan dibangun pada penelitian ini ditunjukkan seperti pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Rangkaian konverter *Boost*

Berikut ini cara mencari nilai *duty cycle* (D), Induktor (L) dan Kapasitor (C) pada konverter boost.

- *Duty cycle* (D)

$$D = \frac{V_o - V_i}{V_o} = \frac{20 - 12}{20} = 0,4$$

Dimana : D = *duty cycle*

V_o = Tegangan keluaran

V_i = Tegangan masukan

- Induktor (L)

$$L = \frac{V_i \cdot D}{f \cdot \Delta I} = \frac{12 \cdot 0,4}{31350 \cdot 0,2} = 0,0007655H = 765.55 \mu H$$

Dimana : L = Induktor (μH)

V_i = Tegangan Input (volt)

D = duty cycle

f = frekuensi (Hz)

ΔI = riak arus beban (Ampere)

Jumlah lilitan induktor

$$N = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot r \cdot L}{\mu \cdot A}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,14 \cdot 5,075 \cdot 0,7656}{0,00458 \cdot 16,575}} = \sqrt{321,424} = 17,93 \approx 18 \text{ lilitan}$$

Dimana : N = Banyaknya lilitan

μ = permeabilitas inti toroid (Ampere)

A = Luas dari penampang melintang toroid (m^2)

r = Jari-jari lingkaran

- Kapasitor (C)

$$C = \frac{I \cdot D}{f \cdot \Delta V_o} = \frac{2,0,4}{31350 \cdot 0,08} = 0,000318 \text{ F} = 318 \mu\text{F}$$

Dimana : C = kapasitansi (μH)

I = arus beban (Ampere)

D = duty cycle

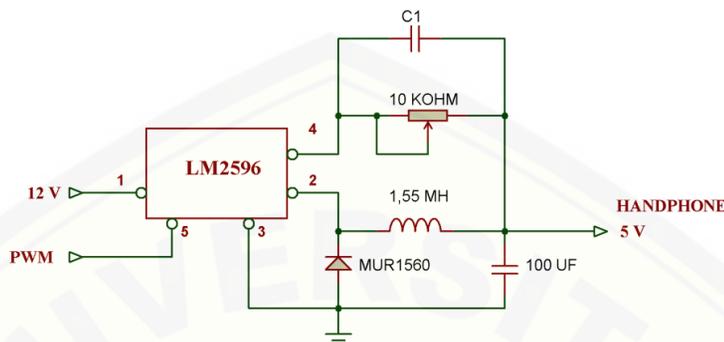
f = frekuensi (Hz)

ΔI = riak tegangan (volt)

b) Perancangan rangkaian konverter *buck* untuk beban *Handphone*

Pada rangkaian ini, konverter *buck* menerima tegangan masukan dari baterai sebesar 12 volt, kemudian mengubahnya ke tegangan dan arus yang lebih rendah untuk diberikan pada baterai *handphone* sebagai beban konverter, dengan cara mengatur frekuensi pensaklaran pada MOSFET menggunakan kontrol *Arduino UNO*. Tegangan keluaran yang dihasilkan oleh konverter ini sebesar 5V dengan arus sebesar 1,5 Ampere.

Adapun gambar rangkaian perancangan konverter *buck* yang akan digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan seperti pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Rangkaian konverter *Buck* pada baterai *handphone*

- *Duty cycle* (D)

$$D = \frac{V_o}{V_i} = \frac{5}{12} = 0,417$$

Dimana : D = *duty cycle*

V_o = Tegangan keluaran

V_i = Tegangan masukan

Periode sinyal yang diinginkan dapat dihitung dengan rumus:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{31.350} = 31,89 \mu s$$

Dimana : T = Periode (s)

f = Frekuensi sinyal (Hz)

Dengan nilai $f = 31.350$ Hz, $T = 31,89 \mu s$ dan $D = 0,417$ maka untuk menghitung nilai T_{ON} dan T_{OFF} yang dibutuhkan dalam rangkaian ini adalah sebagai berikut.

$$D = T_{ON} \cdot f$$

$$T_{ON} = \frac{D}{f} = \frac{0,417}{31.350} = 13,3 \mu s$$

$$T_{OFF} = T - T_{ON} = 31,89 - 13,3 = 18,089 \mu s$$

- Induktor (L)

$$L = \frac{V_o \cdot (V_i - V_o)}{f \cdot \Delta I \cdot V_i} = \frac{5 \cdot (12 - 5)}{31350 \cdot 0,06 \cdot 12} = 0,00155H = 1,55 mH$$

Dimana : L = Induktansi (H)

I = arus beban (Ampere)

f = frekuensi (Hz)

ΔI = riak arus beban (Ampere)

V_0 = tegangan keluaran konverter (Volt)

V_i = tegangan masukan konverter (Volt)

Jumlah lilitan induktor

$$N = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot r \cdot L}{\mu \cdot A}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,14 \cdot 4 \cdot 1,55}{0,0045 \cdot 9}} = \sqrt{961.006} = 31,006 \approx 31 \text{ lilitan}$$

Dimana : N = Banyaknya lilitan

μ = permeabilitas inti toroid (Ampere)

A = Luas dari penampang melintang toroid (m^2)

π = 3,14

r = Jari-jari lingkaran

- Kapasitor (C)

$$C = \frac{\Delta I}{8 \cdot f \cdot \Delta V_0} = \frac{0,08}{8 \cdot 31350 \cdot 0,003} = 0,00003189 \text{ F} = 31,89 \mu\text{F}$$

Dimana : C = kapasitansi (μH)

I = arus beban (Ampere)

f = frekuensi (Hz)

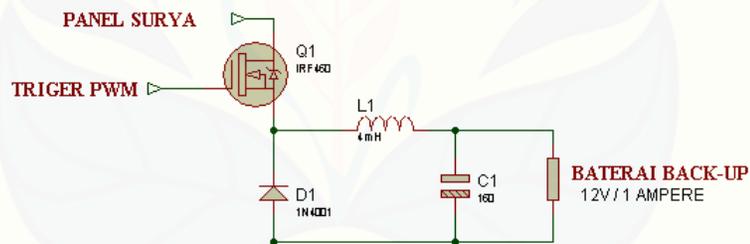
ΔI = riak arus beban (Ampere)

ΔV_0 = riak tegangan (Volt)

c) Perancangan rangkaian konverter *buck* untuk baterai *back-up*

Pada rangkaian ini, konverter *buck* menerima tegangan masukan dari panel surya sebesar tegangan operasi optimal panel surya ± 20 Volt, kemudian mengubahnya ke tegangan dan arus yang lebih rendah sebesar 12 Volt untuk mengisi baterai *back-up* pada sistem, dengan cara mengatur frekuensi pensaklaran pada MOSFET dengan kontrol *Arduino UNO*. Tegangan keluaran yang dihasilkan oleh

konverter ini sebesar 14V. Secara bersamaan tegangan baterai *back-up* akan diumpan balik ke *Arduino UNO* melewati perantara berupa sensor tegangan. Sensor ini berupa rangkaian *voltage divider* yang melemahkan tegangan keluaran agar dapat dibaca dengan aman oleh *Arduino UNO*. Tegangan keluaran yang telah diturunkan ini akan diterima *Arduino UNO* dengan bantuan fitur ADC (*Analog to Digital Converter*). Dari blok ADC didapatkan nilai yang kemudian digunakan algoritma kontrol untuk mengetahui apakah tegangan tersebut melebihi batas tegangan pengisian, apabila telah melebihi batas tegangan pengisian maka *Arduino UNO* akan memberi sinyal *high* (1) pada rele sehingga beban akan terputus dengan konverter pada sistem ini, hal ini berguna untuk menjaga *life time* dari baterai yang digunakan. Secara bersamaan LCD akan menampilkan simbol "X" sebagai indikator bahwa pengisian telah dihentikan. Berikut ini merupakan gambar rangkaian konverter *buck* yang akan digunakan dalam penelitian ini. Adapun gambar rangkaian konverter *buck* untuk baterai *back-up* seperti pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Rangkaian konverter *Buck* pada baterai *back-up*

- *Duty cycle* (D)

$$D = \frac{V_o}{V_i} = \frac{14}{20} = 0,7$$

Dimana : D = *duty cycle*

V_o = Tegangan keluaran

V_i = Tegangan masukan

Periode sinyal yang diinginkan dapat dihitung dengan rumus:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{31.350} = 31,89 \mu s$$

Dimana : T = Periode (s)

f = Frekuensi sinyal (Hz)

Dengan nilai $f = 31.350$ Hz, $T = 40 \mu s$ dan $D = 0,6$ maka untuk menghitung nilai T_{ON} dan T_{OFF} yang dibutuhkan dalam rangkaian ini adalah sebagai berikut.

$$D = T_{ON} \cdot f$$

$$T_{ON} = \frac{D}{f} = \frac{0,6}{31.350} = 19,1 \mu s$$

$$T_{OFF} = T - T_{ON} = 40 - 19,1 = 20,9 \mu s$$

- Induktor (L)

$$L = \frac{V_O \cdot (V_i - V_O)}{f \cdot \Delta I \cdot V_i} = \frac{14 \cdot (20 - 14)}{31350 \cdot 0,08 \cdot 20} = 0,0016746 H = 1,6746 mH$$

Dimana : L = Induktansi (μH)

I = arus beban (Ampere)

f = frekuensi (Hz)

ΔI = riak arus beban (Ampere)

V_O = tegangan keluaran konverter (Volt)

V_i = tegangan masukan konverter (Volt)

Jumlah lilitan induktor

$$N = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot r \cdot L}{\mu \cdot A}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,14 \cdot 4 \cdot 1,6746}{0,0045 \cdot 9}} = \sqrt{1.038} = 32,006 \approx 32 \text{ lilitan}$$

Dimana : N = Banyaknya lilitan

μ = permeabilitas inti toroid (Ampere)

A = Luas dari penampang melintang toroid (m^2)

$\pi = 3,14$

r = Jari-jari lingkaran

- Kapasitor (C)

$$C = \frac{\Delta I}{8 \cdot f \cdot \Delta V_o} = \frac{0,08}{8 \cdot 31350 \cdot 0,01} = 0,00003189 F = 31,89 \mu F$$

Dimana : C = kapasitansi (μH)

I = arus beban (Ampere)

f = frekuensi (Hz)

ΔI = riak arus beban (Ampere)

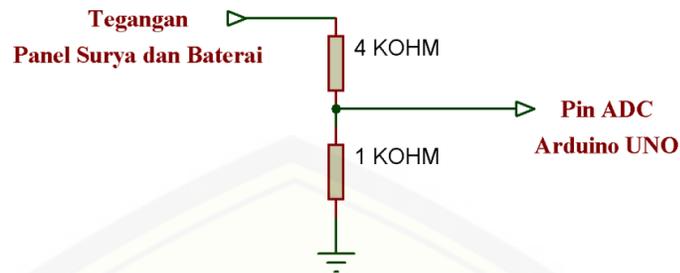
ΔV_O = riak tegangan (Volt)

3.5.3 Perancangan sistem *monitoring*

Untuk mendapatkan sistem pengisian dan pengosongan baterai yang handal pada sistem *portable solar charger* maka diperlukan sistem *monitoring* yang baik. Beberapa parameter yang diambil pada sistem *monitoring* tersebut berupa parameter tegangan dan arus yang keluar dari panel surya, serta tegangan dan arus dari konverter *buck* yang masuk pada baterai buck-up. Monitoring ini juga digunakan untuk membuat sistem kontrol secara otomatis pada sistem tersebut. Sistem kontrol yang dimaksud yaitu untuk mengatur aktifasi rele sebagai saklar elektrik pada pengisian dan pengosongan baterai secara otomatis, kemudian nilai yang dibaca oleh sensor tersebut akan ditampilkan pada layar LCD 16x2. Adapun perancangan sistem monitoring terbagi menjadi tiga bagian yaitu sebagai berikut.

a. Perancangan Sensor Tegangan

Dalam sistem *portable solar charger* berbasis *Arduino UNO* ini pengambilan data tegangan menggunakan rangkaian pembagi tegangan (*voltage divider*). Karena tegangan maksimum yang dapat dibaca oleh *Arduino UNO* sebatas 5 Volt, maka diperlukan rangkaian pembagi tegangan, sehingga tegangan masukan dari baterai maupun panel surya akan diperkecil sesuai perbandingan pada rangkaian ini. Tegangan inilah yang akan diterima *Arduino UNO* dengan bantuan fitur ADC (*Analog to Digital Converter*). Kemudian, nilai hasil konversi tersebut akan ditampilkan pada LCD 16x2. Adapun gambar rangkaian ditunjukkan pada gambar 3.9.

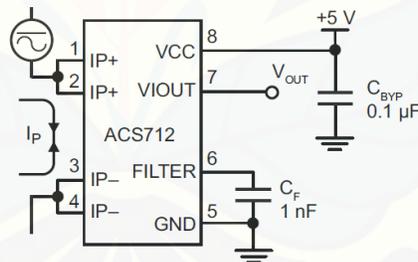


Gambar 3.9 Sensor Tegangan

b. Perancangan Sensor Arus

Pada sensor arus, data arus baterai dan beban konverter akan dibaca dengan sensor arus ACS712. Arus yang keluar dari panel surya dan konverter *buck* akan melewati sensor arus ACS712 yang kemudian dikonversi kedalam tegangan DC maksimum 5V untuk dibaca dengan pin Analoginput *Arduino UNO*, data tersebut akan diolah dan ditampilkan dalam bentuk bilangan riil desimal pada layar LCD.

Berikut ini adalah gambar rangkaian dari sensor arus yang digunakan dalam penelitian ini.



Gambar 3.10 Skema sensor arus

Data spesifikasi dari sensor arus ACS712 adalah sebagai berikut :

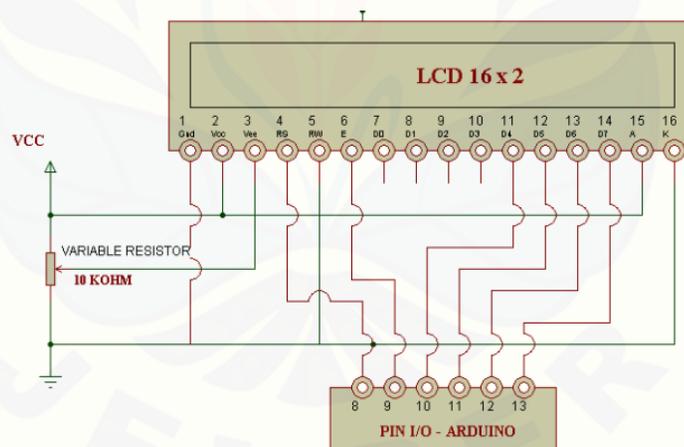
1. 5 ms untuk setiap pembacaan.
2. Kesalahan *output* 1,5% pada temperatur normal 25° C.
3. Catu daya tegangan sensor sebesar 5 Volt.
4. 66-185 mV/A output sensitifitas.

Pada penelitian ini sensor ACS712 yang digunakan adalah 20 As maksimum, dengan tingkat ketelitian sebesar 100mV/A. Jadi setiap kenaikan 1 A, maka tegangan

yang terbaca oleh mikrokontroller sebesar 100mV. Sensor ini memiliki tegangan offset sebesar 2,5 V yang artinya ketika tidak terdapat arus yang mengalir, maka tegangan yang terbaca pada mikrokontroller sebesar 2,5 V.

c. Perancangan LCD

Pada penelitian ini, LCD yang digunakan adalah LCD 16x2 yang memiliki *backlamp*. LCD tersebut dihubungkan dengan PIN digital I/O pada *Arduino UNO*. LCD yang digunakan pada perancangan ini adalah LCD paralel berbasis HD44780. Kontroler dan penggerak LCD dapat menampilkan karakter alfanumerik, karakter Jepang (katakana), dan beberapa simbol. Kontroler ini mengandung ROM pembentuk karakter (*character generator ROM*) berukuran 9920 bit yang menghasilkan 240 karakter yang terdiri atas 208 karakter dengan resolusi 5x8 titik (*dot, pixel*). Kontroler ini juga mengandung RAM pembentuk karakter yang dapat menyimpan 64 karakter 8 bit.

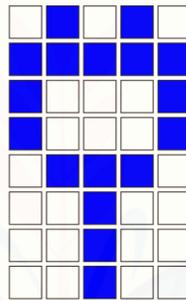


Gambar 3.11 Rangkaian LCD

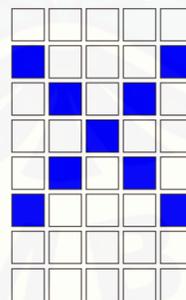
Seperti ditunjukkan dalam Gambar 3.11 dapat terlihat bahwa hubungan antara *Arduino UNO* dengan LCD terdiri atas 4 saluran data (D4-D7) dan kontrol yang terdiri atas *Enable* (E) untuk memalangkan data ke *buffer*, *Register Select* (RS), ditambah jalur catu daya: *Vss* (*ground*), *Vdd* (*Vcc, +5V*), dan *Vee* (*contrast control*). Pada umumnya, VEE ini dihubungkan ke pembagi tegangan (*potensiometer*) antara

VCC dan *Ground*. Karena LCD yang digunakan mempunyai *backlamp*, maka terdapat 2 pin yaitu pin ke-15 berfungsi untuk catu daya +5 Volt dan pin ke-16 berfungsi sebagai *ground*.

LCD digunakan sebagai indikator tegangan dan arus keluaran dari panel surya, selain itu juga sebagai indikator tegangan baterai dan arus yang dihasilkan baterai ke beban *handphone* dan *laptop*. Selain itu, apabila panel surya melakukan pengisian energi listrik pada baterai *back-up* LCD akan menampilkan karakter seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.12, sedangkan ketika pengisian pada baterai *back-up* dihentikan maka LCD akan menampilkan karakter seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.13. selain itu LCD akan menampilkan hasil tegangan keluaran yang dihasilkan oleh panel surya dan baterai *back-up*.



Gambar 3.12 karakter pengisian baterai *back-up* oleh panel surya sedang berlangsung



Gambar 3.13 karakter pengisian baterai *back-up* oleh panel surya telah dihentikan

3.5.4 Perancangan Rangkaian Pengaman

Pada rangkaian ini digunakan kontrol sistem pensaklaran otomatis (rele) yang akan bekerja berdasarkan 2 masukan yang berupa sensor tegangan pada baterai dan panel surya. Terdapat dua rele yang digunakan pada penelitian ini, dimana rele1

merupakan rele pemutus antara panel surya dengan baterai *back-up*, sedangkan rele2 digunakan untuk pemutus antara baterai *back-up* dengan beban *handphone* dan *laptop*.

Pada proses pengisian baterai tegangan yang dihasilkan harus sebesar 14 Volt, maka dari itu tegangan yang ditentukan sebagai batasan pada panel surya untuk mendapatkan tegangan masukan yang diinginkan konverter adalah 15 volt. Berikut ini kondisi sensor tegangan pada panel surya yang telah ditentukan.

Tabel 3.5 kondisi sensor tegangan

Tegangan (V)	Kondisi
$V_{\text{panel}} < V_{\text{baterai}}$	RENDAH
$V_{\text{panel}} \geq V_{\text{baterai}}$	TINGGI

Berdasarkan tabel 3.5 dapat diketahui apabila tegangan panel surya lebih kecil dari tegangan baterai maka sensor panel pada kondisi RENDAH, sedangkan ketika tegangan panel surya lebih besar atau sama dengan baterai maka sensor pada kondisi TINGGI. Kondisi ini diambil guna proses penurunan tegangan yang akan berlangsung.

Pada pengosongan baterai harus diatur sebaik mungkin guna menjaga kondisi baterai agar tahan lama. Diperlukan batasan tegangan pengisian untuk membatasi tegangan pengisian dan pengosongan pada baterai tersebut. Berikut ini kondisi baterai yang telah ditentukan berdasarkan tegangannya.

Tabel 3.6 kondisi sensor tegangan pada baterai *back-up*

Tegangan (V)	Kondisi
$V \leq 11,5$	HABIS
$11,5 < V < 12,73$	ADA
$> 12,73$	PENUH

Berdasarkan tabel 3.6 pada saat sensor tegangan baterai membaca tegangan berada di bawah 11,5 Volt maka *Arduino UNO* akan memberikan logika kondisi HABIS, sedangkan ketika tegangan baterai diantara 11,5 Volt dan 12,73 Volt maka

Arduino UNO memberikan logika kondisi ADA, apabila tegangan baterai lebih dari atau sama dengan 12,73 Volt maka logika kondisi baterai PENUH.

Adapun rancangan logika penyulutan yang akan diberikan pada rangkaian rele seperti yang dijelaskan pada tabel 3.7.

Tabel 3.7 logika penyulutan rele

Kondisi	Solar Cell	Baterai	Rele I	Rele II
1	RENDAH	HABIS	0	0
2	RENDAH	ADA	0	1
3	RENDAH	PENUH	0	1
4	TINGGI	HABIS	1	0
5	TINGGI	ADA	1	1
6	TINGGI	PENUH	0	1

Berdasarkan tabel penyulutan di atas terdapat enam kondisi yang berbeda antara kedua sensor pada penelitian ini, hal ini juga akan memberikan sistem penyulutan rele yang berbeda pula. Hal ini berfungsi penting sebagai peranan sistem pengaman untuk mempertahankan usia pakai (*life time*) baterai, sehingga pemakaian sistem ini akan bertahan lama.

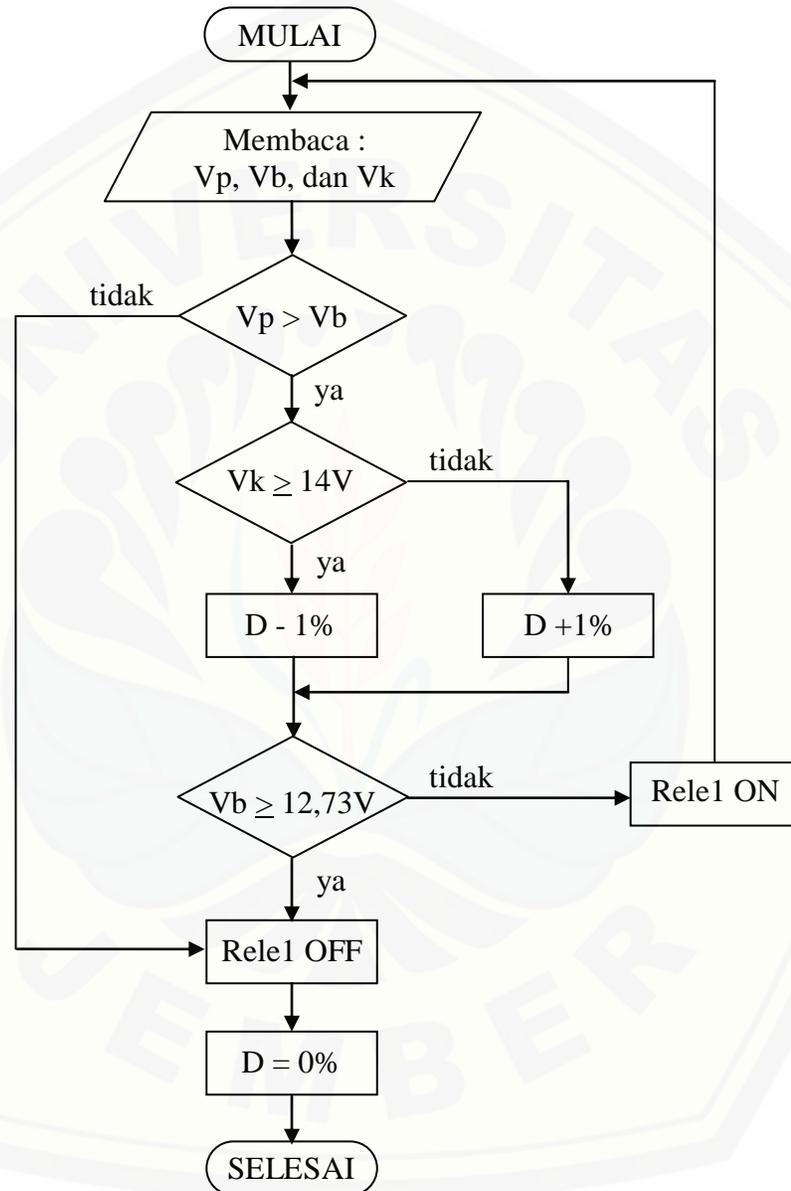
3.5.5 *Flowchart* Sistem *portable solar charger* berbasis *Arduino UNO*

Dalam sistem *portable solar charger* yang akan dibangun terbagi menjadi dua blok, antara lain:

a. *Flowchart* sistem pengisian baterai *back-up*

Flowchart sistem pengisi baterai pada penelitian ini diawali dengan pembacaan tegangan panel (V_p), tegangan baterai (V_b) dan konverter (V_p) oleh sensor tegangan, apabila tegangan panel lebih besar dari pada tegangan baterai dan tegangan baterai dibawah 12,73 V maka rele1 akan diaktifkan untuk proses pengisian baterai *backup*, kemudian besar *duty cycle* akan bertambah 1% apabila tegangan konverter lebih kecil dari 14 V, begitupun sebaliknya jika nilai tegangan konverter lebih besar dari 14 V maka nilai *duty cycle* akan berkurang 1%, proses ini terus

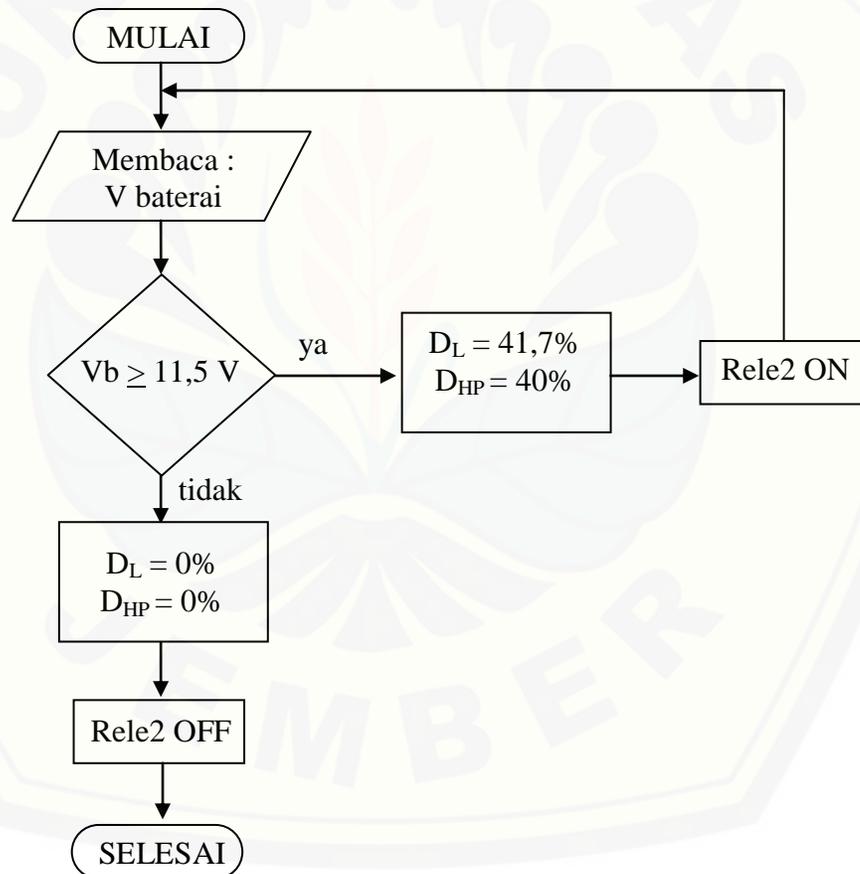
berlangsung hingga tegangan baterai mencapai 12,73 V. Setelah itu, rele1 akan dinonaktifkan dan *duty cycle* konverter ini diberi nilai 0%. Proses ini dapat dijelaskan dengan gambar 3.14.



Gambar 3.14 Flowchart sistem pengisian baterai *back-up*

b. *Flowchart* sistem pembebanan baterai *back-up*

Pada proses pembebanan baterai *back-up* diawali dengan pembacaan tegangan baterai *back-up* oleh sensor tegangan, apabila tegangan baterai lebih besar atau sama dengan 11,5 V maka konverter *buck* untuk *handphone* diberikan sinyal PWM dengan *duty cycle* sebesar 41,7%, sedangkan konverter *boost* diberikan sinyal PWM dengan *duty cycle* sebesar 40%. Disisi lain, rele2 diaktifkan oleh *Arduino UNO*. Sedangkan apabila tegangan baterai yang terbaca lebih kecil dari 11,5 V maka konverter *buck* dan konverter *boost* diberikan sinyal dengan *duty cycle* sebesar 0%, dan rele2 dinonaktifkan. Proses pembebanan ini dapat dijelaskan dengan gambar 3.15



Gambar 3.15 *Flowchart* sistem pembebanan baterai *back-up*

BAB 5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Pada distribusi arus dan tegangan dari panel surya walaupun tegangan keluaran panel terbilang tinggi dengan rata-rata 19,56 Volt, tetapi pendistribusiannya untuk mengisi baterai terbilang stabil dengan tegangan pengisian rata-rata sebesar 13,86 Volt.
2. Semakin lama waktu yang diberikan pada saat pengisian baterai maka tegangan baterai *back-up* akan semakin besar. Namun, saat tegangan baterai *back-up* mencapai 12,73 Volt proses pengisian terhenti dikarenakan rele secara otomatis terbuka atau dinonaktifkan oleh *Arduino UNO*.
3. Pada proses pengisian baterai *handphone* dan laptop sebagai beban utama sistem menggunakan *constant voltage* dan *constant current* dengan nilai rata-rata tegangan pengisian 5,02 Volt dan 19,98 Volt.

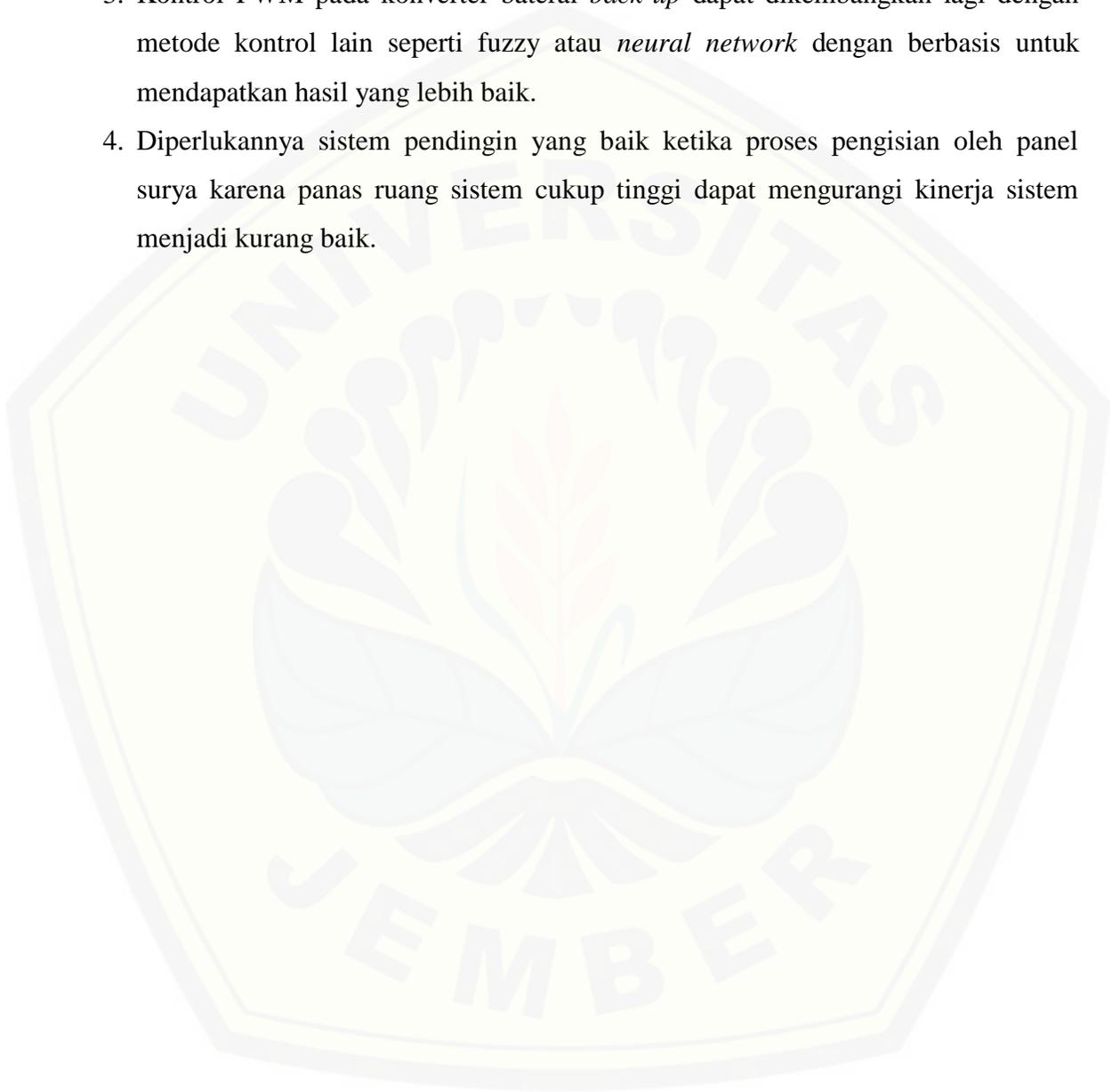
5.2 Saran

Dalam penyusunan skripsi ini di masa mendatang, adapun saran yang telah diambil sebagai berikut.

1. Pada penelitian ini proses pengambilan data panel surya dan pengisian baterai *back-up* sering terkendala karena pengambilan data dilakukan dalam musim penghujan. Untuk kedepannya, sebaiknya pengambilan data dilakukan pada cuaca yang cerah dengan kondisi level iradiasi dan suhu cenderung tetap dalam kurun waktu cukup lama.
2. Adanya keterbatasan pada pergerakan panel surya yang terbilang statis, sehingga efisiensi yang dihasilkan panel surya kurang maksimal. Maka dari itu, diperlukan

sistem yang dapat membuat panel surya mendapatkan MPPT (*Maximum Power Point*) dengan efisiensi yang lebih baik.

3. Kontrol PWM pada konverter baterai *back-up* dapat dikembangkan lagi dengan metode kontrol lain seperti fuzzy atau *neural network* dengan berbasis untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.
4. Diperlukannya sistem pendingin yang baik ketika proses pengisian oleh panel surya karena panas ruang sistem cukup tinggi dapat mengurangi kinerja sistem menjadi kurang baik.



DAFTAR PUSTAKA

- Adityawan, E. 2010. *Studi Karakteristik Pencatuan Solar Cell Terhadap Kapasitas Sistem Penyimpanan Energi Baterai*. Depok: Skripsi. Universitas Indonesia.
- Brown, M. 2014. *Marketing In a Multiscreen World*. <http://www.millwardbrown.com/adreaction/2014/#/.htm> [25 Februari 2015].
- Badan Penerbit Universitas Jember. 1998. *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah*, Edisi Pertama. Jember: Badan Penerbit Universitas Jember.
- Budiman, W., Hariyanto, N., Syahrial. 2014. *Perancangan dan Realisasi Sistem Baterai 12 Volt 45 Ah pada Pembangkit Listrik Tenaga Pikohidro di UPI Bandung*. *Jurnal Reka Elkomika*. Vol.2 (1). Halaman 9.
- Purnama, D. I. 2011. *Perancangan Portable Solar Charger Untuk Peralatan elektronik Bergerak*. Jember: Skripsi. Universitas Jember.
- Prihadana, A. E., Efendi, Z., Ayub, N. 2015. *Rancang Bangun Battery Charger ON/OFF Regulator Sebagai Sumber Listrik Pompa Air*. *Jurnal Elektro PENS*. Vol. 2 (2).
- Raharjo, P. 2013. *Perancangan Sistem Hibrid Solar Cell-Baterai-PLN Menggunakan Programmable Logic Controllers*. Jember: Universitas Jember: Skripsi. Universitas Jember
- <http://cartaholics.com/forum/index.php?showtopic=944> [23 Maret 2015]

LAMPIRAN A. DOKUMENTASI



Pengukuran Induktor pada konverter *buck* untuk baterai *handphone*



Pengukuran Induktor pada konverter *buck* baterai *back-up*



Pengukuran Induktor pada konverter *boost* untuk baterai *laptop*



Pengukuran data keluaran sistem



Alat yang telah dibangun pada penelitian ini

LAMPIRAN B. PROGRAM

```
#include <TimerOne.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(2,4,7,8,12,13);
float vp, vph, panel, abaterai, bbaterai, baterai, akon, bkon, kon, dc, D3, D9, D10,
D11, ic, iac, idc, iadc, x, y;
int vb, ac, adc, sw, range;

byte panah[8] =
{ 0b00000,0b00100,0b00110,0b11111,0b00110,0b00100,0b00000,0b00000};
byte persen[8] =
{ 0b11000,0b11001,0b00010,0b00100,0b01000,0b10011,0b00011};
byte ikon_panel[8] = //ikon untuk panel
{ 0b11111,0b10101,0b11111,0b10101,0b11111,0b10101,0b11111};
byte ikon_baterai[8] = //ikon for baterai
{ 0b01110,0b11011,0b10001,0b10001,0b10001,0b10001,0b10001,0b11111};
byte charge[8] = // icon for battery charge
{ 0b01010,0b11111,0b10001,0b10001,0b10001,0b01110,0b00100,0b00100};
byte not_charge[8]=
{ 0b00000,0b10001,0b01010,0b00100,0b01010,0b10001,0b00000,0b00000};
void setup()
{
  lcd.createChar(1, panah); // pembuatan karakter panah
  lcd.createChar(2, persen); // pembuatan karakter %
  lcd.createChar(3, ikon_panel); // pembuatan karakter panel surya
  lcd.createChar(4, ikon_baterai); // pembuatan karakter baterai
  lcd.createChar(5, charge); // pembuatan karakter baterai terisi daya
  lcd.createChar(6, not_charge); // pembuatan karakter baterai panel tidak mengisi
  daya

  lcd.begin(16,4);
  pinMode(A0, INPUT);
  digitalWrite(A0, 0);

  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("P. SOLAR CHARGER");
```

```
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("BERBASIS ARDUINO");
delay(2000);
lcd.clear();

//Timer1.initialize(40);
TCCR1B = _BV(CS00); // pembangkitan pwm dengan frekuensi 31.350 Hz pada
pin 3 & 11
TCCR2B = _BV(CS00); // pembangkitan pwm dengan frekuensi 31.350 Hz pada
pin 9 & 10
pinMode(3, OUTPUT);
pinMode(5, OUTPUT);
pinMode(6, OUTPUT);
pinMode(9, OUTPUT);
pinMode(10, OUTPUT);
pinMode(11, OUTPUT);

pinMode(0, INPUT);
digitalWrite(6, 1);
}

void loop()
{
sw = digitalRead(6);
//-----
////////////////////Pembacaan data Arus pengisian////////////////////////////////////
//-----
ic = 0;
iac= 0;
for (int l=0; l<500; l++)
{
ac = analogRead(1); // pembacaan I Laptop dengan ADC
iac = (abs(512 - ac)) * 50.0 / 1023.0;
ic = iac + ic;
}
ic = ic/500;
//-----
```

```
//////////////////////////////////Pembacaan data Arus pembebanan//////////////////////////////////  
//-----  
idc = 0;  
iadc= 0;  
for (int l=0; l<500; l++)  
{  
  adc = analogRead(0); // pembacaan I Laptop dengan ADC  
  iadc = (abs(512 - adc)) * 50.0 / 1023.0;  
  idc = iadc + idc;  
}  
idc = idc/500;  
//-----  
//////////////////////////////////Pembacaan Data Tegangan Panel//////////////////////////////////  
//-----  
vph = 0;  
for (int p=0; p<100; p++)  
{  
  vp = analogRead(2);  
  vp = (((vp*5.05)/1023.0)*5.0);  
  vph += vp; //vph = tegangan hasil akhir panel surya  
}  
panel = vph/100;  
//-----  
//////////////////////////////////READ THE DATA V Batt//////////////////////////////////  
//-----  
abaterai = 0;  
bbaterai = 0;  
for (int b=0; b<100; b++)  
{  
  vb = analogRead(3);  
  abaterai = (((vb*5.11)/1023.0)*5.0);  
  bbaterai += abaterai;  
}  
baterai = bbaterai/100;  
//-----  
//////////////////////////////////READ THE DATA V Konverter//////////////////////////////////
```

```
//-----  
    akon = 0;  
    bkon = 0;  
    for (int k=0; k<100; k++)  
    {  
        vb = analogRead(4);  
        akon = (((vb*5.08)/1023.0)*5.0);  
        bkon += akon;  
    }  
    kon = bkon/100;  
//-----  
////////////////////////////////////RELAY CIRCUIT////////////////////////////////////  
//-----  
    if (panel>baterai)  
    {  
        if (baterai<11.5)  
        {  
            digitalWrite(3,1);  
            digitalWrite(5,0);  
        }  
        else if (baterai>=11.5 && baterai<=12.7)  
        {  
            digitalWrite(3,1);  
            digitalWrite(5,1);  
        }  
        else if (baterai>12.7)  
        {  
            digitalWrite(3,0);  
            digitalWrite(5,1);  
        }  
    }  
    else if (panel<baterai)  
    {  
        if (baterai<11.5)  
        {  
            digitalWrite(3,0);  
            digitalWrite(5,0);  
        }  
    }  
}
```

```
}
else if (baterai>=11.5 && baterai<=12.7)
{
    digitalWrite(3,0);
    digitalWrite(5,1);
}
else if (baterai>12.7)
{
    digitalWrite(3,0);
    digitalWrite(5,1);
}
}
}
//-----
//////////////////////PRINT ON LCD//////////////////////////////////////
//-----
if (sw==0)
{
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.write(3);
    lcd.write(1);
    lcd.setCursor(2,0); //menampilkan data Arus pengisian panel
    lcd.print(ic);
    lcd.print("A");

    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.write(4);
    lcd.write(1);
    lcd.setCursor(2,1); //menampilkan data Idischarge
    lcd.print(idc);
    lcd.print("A");

    lcd.setCursor(8,0);
    lcd.write(1);
    lcd.write(1);
    lcd.write(1);
    lcd.setCursor(11,0); //menampilkan ikon pengisian
```

```
if(ic>0.09)
{
    lcd.print("good");
}
else if(ic<0.06)
{
    lcd.print("bad");
}

lcd.setCursor(8,1);
lcd.write(1);
lcd.write(1);
lcd.write(1);
lcd.setCursor(12,1);
if(ic>0.06)
{
    lcd.write(5);
}
else if(ic<0.06)
{
    lcd.write(6);
}
}

else if(sw>0)
{
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.write(3);
    lcd.write(1);
    lcd.setCursor(2,0); //menampilkan data Vpanel
    lcd.print(panel);
    lcd.print("V");

    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.write(4);
    lcd.write(1);
```

```
lcd.setCursor(2,1); //menampilkan data Vbaterai
lcd.print(baterai);
lcd.print("V");

lcd.setCursor(9,0);
lcd.print("dc");
lcd.write(1);
if (panel<baterai)
{dc= 0;}
else if (panel>baterai)
{
  if (kon>=14)
  {dc--}
  else if (kon<14)
  {dc++}
}

lcd.setCursor(12,0); //menampilkan duty cycle
lcd.print(D9);
lcd.setCursor(15,0);
lcd.write(2);

lcd.setCursor(9,1);
lcd.print("Vk");
lcd.write(1);
lcd.setCursor(12,1); //menampilkan data Vkonverter
lcd.print(kon);
lcd.print("V");

}
//-----
//////////////////////PWM////////////////////////////////////
//-----
if (panel>baterai)
{
  if (baterai<11.5) {D9=dc}
```

```
    else if (baterai>12.7)
    {D9=0}
  }
  else if (panel<baterai)
  {D9=0}

  if (baterai<11.5)
  {
    D10= 0;
    D11= 0;
  }
  else if (baterai>11.5)
  {
    D10= 41.7;
    D11= 40;
  }

  analogWrite(9, ((D9/100) * 255));
  analogWrite(10,((D10/100)* 255));
  analogWrite(11,((D11/100)* 255));
  delay(200);
}
```