

**RANCANG BANGUN *BOOST CONVERTER* UNTUK PROSES
DISCHARGING BATERAI PADA PENERANGAN JALAN UMUM
TENAGA SURYA (PJUTS)**

(Skripsi)

Oleh

RENDI FEBRIANTO



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2018**

ABSTRACT

DESIGN OF BOOST CONVERTER FOR DISCHARGING BATTERY PROCESS ON SOLAR PANEL PUBLIC STREET LIGHTING (PJUTS)

By

RENDI FEBRIANTO

Solar panel public street lighting (PJUTS) is a street lighting that utilizes the battery as its main energy storage. Constraints that have occurred in PJUTS that is fast battery damage. In addition, if the battery voltage drops, the lumens of light generated by the lamp will decrease or become dimmed. To overcome these case, devices that can limit the use of batteries and can maintain the voltage to the lamp so that the resulting lumen will be more stable are required. The purpose of this study was to design and build a device that can limit the use of batteries at minimum voltage and maintain the voltage to the load so that the lumen generated by the lights would be stable. The device that was successfully designed and built called a boost converter. The study was conducted only by using PJUTS model where the battery used has a capacity of 12 volts 7.2 Ah and a lamp that has 10 watts of power. The results showed that using the duty cycle 4%, 5%, 6% and 7% boost converter could increase the voltage to the load so that the lumen generated by the lamp becomes higher. Battery discharging time began at 18:00 pm, when the light load directly connected to the battery could last for 8 hours 50 minutes ie until 03.50 pm. However, when using a boost converter device with a duty cycle value that changes automatically, then the battery can only last for 7 hours 45 minutes or only until 01:45 pm.

Keywords: PJUTS, boost converter, discharging.

ABSTRAK

RANCANG BANGUN *BOOST CONVERTER* UNTUK PROSES *DISCHARGING* BATERAI PADA PENERANGAN JALAN UMUM TENAGA SURYA (PJUTS)

Oleh

RENDI FEBRIANTO

Penerangan jalan umum tenaga surya (PJUTS) adalah lampu penerangan jalan yang memanfaatkan baterai sebagai penyimpan energi utamanya. Kendala yang selama ini terjadi pada PJUTS yaitu baterai cepat rusak. Selain itu, jika tegangan baterai menurun, maka lumen cahaya yang dihasilkan oleh lampu akan menurun atau menjadi redup. Untuk mengatasi kedua hal tersebut maka dibutuhkan perangkat yang mampu membatasi penggunaan baterai serta dapat mempertahankan tegangan ke lampu sehingga lumen yang dihasilkan akan lebih stabil. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membangun suatu perangkat yang dapat membatasi penggunaan baterai pada tegangan minimumnya serta mempertahankan tegangan ke beban agar lumen yang dihasilkan oleh lampu menjadi stabil. Perangkat yang berhasil dirancang dan dibangun adalah *boost converter*. Penelitian dilakukan hanya dengan menggunakan model PJUTS dimana baterai yang digunakan memiliki kapasitas 12 volt 7,2 Ah dan lampu yang memiliki daya 10 watt. Hasil penelitian menunjukkan dengan menggunakan nilai *duty cycle* 4%, 5%, 6% dan 7% *boost converter* dapat menaikkan tegangan ke beban sehingga lumen yang dihasilkan oleh lampu menjadi lebih tinggi. Waktu *discharging* baterai dimulai pukul 18.00 WIB, ketika beban lampu langsung dihubungkan ke baterai maka dapat bertahan selama 8 jam 50 menit yaitu sampai pukul 03.50 WIB. Akan tetapi, ketika menggunakan perangkat *boost converter* dengan nilai *duty cycle* yang berubah otomatis, maka baterai hanya mampu bertahan selama 7 jam 45 menit atau hanya sampai pukul 01.45 WIB.

Kata kunci : PJUTS, *boost converter*, *discharging*.

**RANCANG BANGUN *BOOST CONVERTER* UNTUK PROSES
DISCHARGING BATERAI PADA PENERANGAN JALAN UMUM
TENAGA SURYA (PJUTS)**

Oleh
RENDI FEBRIANTO

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

**Jurusan Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2018**

Judul Skripsi : **RANCANG BANGUN *BOOST CONVERTER*
UNTUK PROSES *DISCHARGING* BATERAI
PADA PENERANGAN JALAN UMUM TENAGA
SURYA (PJUTS)**

Nama Mahasiswa : ***Rendi Febrianto***

Nomor Pokok Mahasiswa : 1315031074

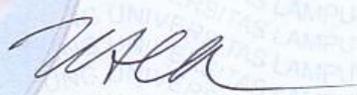
Program Studi : Teknik Elektro

Fakultas : Teknik

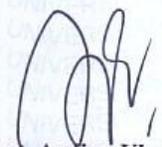


1. Komisi Pembimbing


Ir. Noer Soedjarwanto, M.T.
NIP 19631114 199903 1 001


Osea Zebua, S.T., M.T.
NIP 19700609 199903 1 002

2. Ketua Jurusan Teknik Elektro


Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc.
NIP 19731128 199903 1 005

24/04 - 2018

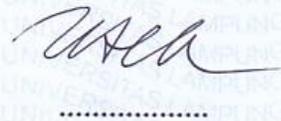
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

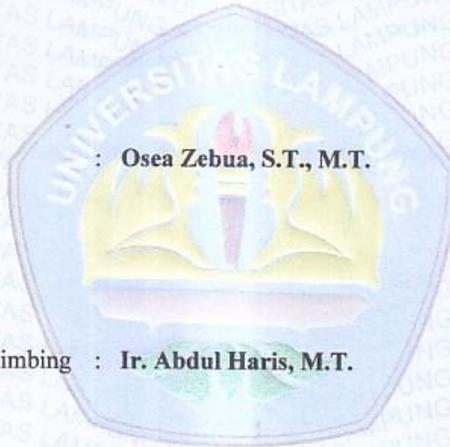
Ketua : Ir. Noer Soedjarwanto, M.T.



Sekretaris : Osea Zebua, S.T., M.T.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Ir. Abdul Haris, M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D.
NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 17 April 2018

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rendi Febrianto

NPM : 1315031074

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini dibuat oleh saya sendiri. Adapun karya orang lain yang terdapat dalam skripsi ini telah di cantumkan sumbernya pada daftar pustaka.

Apabila saya tidak benar maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, April 2018



Rendi Febrianto
1315031074

RIWAYAT HIDUP

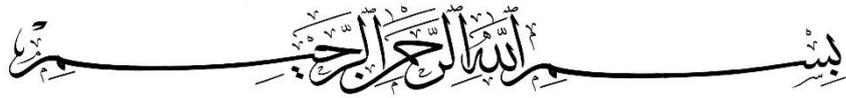


Penulis dilahirkan di Sidomukti, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung pada tanggal 26 Februari 1995. Penulis merupakan anak pertama dari pasangan Bapak Sutoto dan Ibu Jami'atun. Mengenai riwayat pendidikan, penulis lulus Sekolah Dasar di SD N 2 Balekencono pada tahun 2007, lulus

Sekolah Menengah Pertama di SMP N 1 Batanghari pada tahun 2010, lulus Sekolah Menengah Atas di SMA N 2 Sekampung pada tahun 2013, dan diterima di Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung pada tahun 2013 melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Elektro (Himatro) sebagai anggota sosial dan kewirausahaan periode 2014-2015, sebagai kepala departemen sosial dan kewirausahaan periode 2015-2016, dan sebagai anggota Unit Kegiatan Mahasiswa (UKM) Saintek periode 2016-2017. Penulis pernah melakukan Kerja Praktik (KP) selama 30 hari di PT. Pertamina RU III Plaju-Sungai Gerong pada divisi *Maintenance Area 2*.

PERSEMBAHAN



**DENGAN MENGHARAP RIDHO ALLAH SWT DAN
SYAFA'AT NABI MUHAMMAD SAW**

**KUPERSEMBAHKAN KARYA INI UNTUK
BAPAK DAN IBU TERCINTA,**

BAPAK SUTOTO

IBU JAMI'ATUN

ADIK TERSAYANG,

ADIVA ARSYILA SAVINA

MOTTO

“Man Jadda Wa Jadda”

Barang siapa yang bersungguh - sungguh akan mendapatkannya.

"Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan, sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila engkau telah selesai (dari sesuatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain)"

(Al-Insyirah: 5-7)

“Tidak ada kata terlambat selagi mau mencoba dan berusaha. Merugilah orang yang tidak mau mencoba ketika ada kesempatan untuk di manfaatkan”

“Jika kamu tidak bisa menghasilkan uang ketika tidur, maka selamanya akan menjadi pekerja!”

SANWACANA

Bismillaahirrohmaanirroohiim

Segala puji bagi Allah SWT karena berkat rahmat dan karunia-Nya telah memberikan kekuatan dan kemampuan berpikir kepada penulis dalam penyelesaian penulisan Skripsi ini sehingga laporan ini dapat selesai tepat pada waktunya. Sholawat dan salam tak lupa penulis sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW karena dengan perantara beliau kita semua dapat merasakan nikmatnya ibadah, nikmatnya bersyukur, dan insya Alloh nikmatnya surga.

Skripsi ini berjudul “Rancang Bangun *Boost Converter* untuk Proses *Discharging* Baterai pada Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS)” yang merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Selama menjalani pengerjaan Skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan pemikiran maupun dorongan moril dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P. selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Suharno, M.Sc., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Dr. Ing. Ardian Ulvan, S.T., M.Sc. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Herman Halomoan S, S.T.,M.T. selaku Sekertaris Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Lampung.
4. Bapak Ir. Noer Soedjarwanto, M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, terima kasih atas kesediaan waktunya untuk membimbing dan memberikan ilmu.
5. Bapak Osea Zebua, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Pendamping, terima kasih atas waktu dan bimbingannya selama mengerjakan skripsi.

6. Bapak Ir. Abdul Haris, M.T. selaku Penguji Utama, terima kasih atas masukannya guna membuat skripsi ini menjadi lebih baik lagi.
7. Bapak Dr. Yul Martin, S.T., M.T selaku pembimbing akademik, terima kasih atas bimbingan dan motivasinya selama menjalani perkuliahan.
8. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Elektro, terima kasih atas didikannya, arahan dan bimbingan yang telah diberikan.
9. Bapak dan Ibu tercinta yang selalu memberikan semangat, dukungan, nasihat, dan do'a yang tak henti-hentinya diberikan selama ini.
10. Nina Triyuniati sebagai orang spesial yang selalu memberikan semangat, dukungan, serta do'a yang tak ada hentinya sampai saat ini.
11. Anggota Jowo Grup Company (JGC) Agus, Faris, Yasin, Nasrul, Venus, Nanang, Ma'ruf, Valen, dan Nurul yang selama menjalani perkuliahan dan pengerjaan skripsi ini selalu direpotkan.
12. Seluruh teman-teman Teknik Elektro 2013 atas kebersamaan dan kekeluargaan yang kalian semua berikan kepada penulis, mulai penulis masuk kuliah hingga penulis menyelesaikan skripsi ini, terima kasih atas nilai kehidupan yang kalian berikan.
13. Semua pihak yang tidak dapat disebut satu persatu yang telah membantu serta mendukung penulis dari awal kuliah sampai dengan terselesaikannya Skripsi ini.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Skripsi ini

Bandar Lampung, April 2018

Penulis,

Rendi Febrianto

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	3
1.3. Manfaat Penelitian	3
1.4. Rumusan Masalah	3
1.5. Batasan Masalah	4
1.6. Hipotesis	4
1.7. Sistematika Penulisan	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Baterai	6
2.2 Konverter Elektronika Daya	11
2.3 <i>Boost Converter</i>	12
2.4 <i>Pulse Width Modulation</i>	18

2.5	Mikrokontroler Arduino Mega 2560	19
2.6	<i>Gate Driver</i>	21
III. METODE PENELITIAN		
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.2	Alat dan Bahan	24
3.3	Metode Penelitian	25
3.4	Analisa dan Kesimpulan	34
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Perancangan Perangkat Keras	35
4.2	Hasil Pengujian Perangkat Keras	44
4.3	Perbandingan Waktu <i>Discharging</i> Baterai Tanpa <i>Boost Converter</i> dengan Menggunakan <i>Boost Converter</i>	55
4.4	Perbandingan Lumen Lampu Tanpa <i>Boost Converter</i> dengan Menggunakan <i>Boost Converter</i>	64
4.5	Pembahasan	71
V. KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	75
5.2	Saran	76

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Prinsip Kerja Baterai	11
2.2 <i>Boost Converter</i>	13
2.3 Prinsip Kerja <i>Boost Converter</i>	13
2.4 Analisa Rangkaian Ketika Saklar ON	15
2.5 Analisa Rangkaian Ketika Saklar OFF	16
2.6 <i>Pulse Width Modulation</i>	18
2.7 Arduino Mega 2560	20
2.8 Rangkaian dalam IC HCPL 3120	22
2.9 Sistem Minimum IC HCPL 3120	23
3.1 Diagram Alir Penelitian	26
3.2 Diagram Alir Perancangan Alat dan Sistem Keseluruhan	29
4.1 Rangkaian <i>Gate Driver</i>	37
4.2 <i>PCB layout gate driver</i>	37
4.3 Realisasi rangkaian <i>gate driver</i>	38
4.4 Sensor MAX471	38
4.5 Rangkaian <i>Boost Converter</i>	43
4.6 Rancangan <i>PCB layout Boost Converter</i>	43

4.7	Realisasi rangkaian <i>Boost Converter</i>	44
4.8	Hasil Pengujian Rangkaian PWM	46
4.9	Hasil pengujian rangkaian <i>gate driver</i>	47
4.10	Pengaruh variasi beban terhadap tegangan keluaran	54
4.11	Grafik tegangan terhadap waktu pada variasi nilai <i>duty cycle</i>	61
4.12	Tegangan keluaran <i>boost converter</i>	64
4.13	Perbandingan lumen cahaya pada lampu	69
4.14	Hubungan lumen cahaya dengan waktu <i>discharging</i>	71

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Spesifikasi Arduino Mega 2560	20
2.2 Karakteristik IC HCPL 3120	22
4.1 Spesifikasi Mikrokontroler Arduino Mega 2560	36
4.2 Parameter Perancangan <i>Boost Converter</i>	40
4.3 Spesifikasi Mosfet IRFP460	40
4.4 Hasil pengujian sensor tegangan	49
4.5 Hasil pengujian sensor arus	50
4.6 Hasil pengujian <i>data logger</i>	51
4.7 Pengujian <i>boost converter</i> dengan beban 20 ohm	52
4.8 Pengujian <i>boost converter</i> dengan beban 40 ohm	52
4.9 Pengujian <i>boost converter</i> dengan beban 20 ohm	53
4.10 Hasil pengujian baterai tanpa <i>boost converter</i>	56
4.11 Hasil pengujian menggunakan <i>boost converter</i> ($D = 4\%$)	57
4.12 Hasil pengujian menggunakan <i>boost converter</i> ($D = 5\%$)	58
4.13 Hasil pengujian menggunakan <i>boost converter</i> ($D = 6\%$)	59
4.14 Hasil pengujian menggunakan <i>boost converter</i> ($D = 7\%$)	60
4.15 Hasil pengujian dengan variasi <i>duty cycle</i> otomatis	63

4.16	Hasil pengujian tanpa perangkat <i>boost converter</i>	65
4.17	Hasil pengujian <i>boost converter</i> dengan nilai <i>duty cycle</i> 4%	66
4.18	Hasil pengujian <i>boost converter</i> dengan nilai <i>duty cycle</i> 5%	67
4.19	Hasil pengujian <i>boost converter</i> dengan nilai <i>duty cycle</i> 6%	67
4.20	Hasil pengujian <i>boost converter</i> dengan nilai <i>duty cycle</i> 7%	68
4.21	Hasil pengujian dengan nilai <i>duty cycle</i> otomatis	70

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Meningkatnya aktivitas masyarakat dimalam hari membuat kebutuhan sumber penerangan ikut meningkat terutama di tempat-tempat umum. Salah satu bagian yang memerlukan penerangan adalah jalan raya atau jalan umum. Penerangan jalan umum merupakan fasilitas umum yang bersifat publik untuk kepentingan bersama. Sesuai dengan namanya, penerangan jalan umum (PJU) biasanya dipasang di ruas jalan, beberapa juga ada yang dipasang di tempat umum seperti taman serta tempat umum lainnya. PJU sendiri ada yang menggunakan sumber listrik dari PLN dan ada juga yang menggunakan sumber listrik tenaga surya.

Penerangan jalan umum tenaga surya (PJUTS) adalah lampu penerangan jalan yang menggunakan cahaya matahari sebagai sumber energi listriknya, sehingga dapat dijadikan salah satu alternatif yang murah dan hemat karena menggunakan sumber energi alam yang gratis dan tidak terbatas. Peralatan utama dari PJUTS yaitu panel surya, baterai, dan beban (lampu). Baterai merupakan bagian penting dalam sistem PJUTS, karena baterai merupakan tempat menyimpan energi listrik yang dihasilkan dari panel surya.

Kendala yang sering terjadi selama ini pada penerangan jalan umum tenaga surya yaitu baterai yang tidak mampu bertahan lama atau cepat rusak. Untuk menghindari kerusakan maka diperlukan perawatan terhadap baterai yang digunakan pada PJUTS. Usia baterai sangat bergantung sekali dengan penggunaannya, sehingga pada baterai harus benar-benar diperhatikan pada setiap proses pengisian (*charging*) dan pengosongan (*discharging*) nya. Salah satu faktor yang dapat memperpendek usia pakai (*life time*) baterai adalah proses *discharging* yang terus dilakukan sampai energi yang tersimpan di dalam baterai habis. Oleh karena itu, perlu dibatasi penggunaannya sehingga dapat menambah usia pakai baterai.

Selain baterai, kendala lain yang biasa terjadi pada PJUTS adalah lumen cahaya yang dihasilkan oleh lampu DC relatif lebih redup jika dibandingkan dengan PJU yang menggunakan sumber tegangan AC. Sehingga penggunaan PJUTS ini biasanya hanya pada tempat yang jauh dari sumber listrik AC. Lampu DC yang digunakan pada PJUTS dapat menghasilkan lumen cahaya yang lebih besar apabila diberi tegangan yang lebih tinggi. Teknologi yang dapat digunakan untuk menaikkan tegangan baterai pada PJUTS adalah DC-DC konverter jenis *boost converter*. *Boost converter* merupakan konverter yang dapat menghasilkan tegangan keluaran yang lebih tinggi dari tegangan masukan dengan mengendalikan sinyal kontrol PWM (*Pulse Width Modulation*). Berdasarkan latar belakang tersebut, maka dibuatlah tugas akhir yang berjudul “**RANCANG BANGUN *BOOST CONVERTER* UNTUK PROSES *DISCHARGING* BATERAI PADA PENERANGAN JALAN UMUM TENAGA SURYA (PJUTS)**”.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan, yaitu:

1. Merancang dan membangun *boost converter* yang dapat menaikkan tegangan baterai pada penerangan jalan umum tenaga surya (PJUTS).
2. Menganalisa pengaruh *boost converter* terhadap proses *discharging* baterai pada penerangan jalan umum tenaga surya (PJUTS).
3. Membandingkan lumen cahaya yang dihasilkan lampu tanpa *boost converter* dengan lumen cahaya yang dihasilkan lampu menggunakan *boost converter*.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat menaikkan tegangan baterai yang digunakan dalam penerangan jalan umum tenaga surya (PJUTS).
2. Diharapkan dapat menambah masa pakai baterai dengan cara membatasi penggunaan baterai pada saat proses *discharging*.
3. Dapat dijadikan sebagai referensi penelitian selanjutnya yang membahas tentang *boost converter*.

1.4 Rumusan Masalah

Dalam penelitian tugas akhir ini ada beberapa rumusan masalah yang akan dibahas, yaitu:

1. Bagaimana merancang dan membangun *boost converter* untuk dimanfaatkan didalam proses *discharging* baterai pada penerangan jalan umum tenaga surya.
2. Bagaimana pengaruh *boost converter* pada penerangan jalan umum tenaga surya.

1.5 Batasan Masalah

Tugas akhir ini memiliki batasan-batasan sebagai berikut:

1. Hanya membahas *boost converter*.
2. Hanya membahas proses *discharging* baterai.
3. Tidak membahas proses *charging* baterai.
4. Tidak membahas optimalisasi daya.

1.6 Hipotesis

Boost converter dapat menaikkan tegangan baterai pada penerangan jalan umum tenaga surya, sehingga lumen cahaya yang dihasilkan oleh lampu menjadi lebih besar meskipun dengan menggunakan tegangan sumber baterai.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari beberapa bab, yaitu:

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, tujuan, manfaat, rumusan masalah, batasan masalah, hipotesis, dan sistematika penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang dasar teori yang akan digunakan sebagai acuan dalam perancangan alat, analisa serta pembahasan yang didapat setelah melakukan penelitian.

BAB III. METODE PENELITIAN

Bab ketiga ini mengulas tentang alat-alat, prosedur, serta metode perancangan yang digunakan pada penelitian ini.

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab berikut ini berisi hasil yang didapat setelah melakukan penelitian serta menganalisa hasil penelitian tersebut.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab terakhir ini berisi tentang kesimpulan yang didapat setelah melakukan penelitian serta menuliskan saran-saran yang mungkin menjadi acuan untuk perkembangan alat ini kedepannya.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Baterai

Baterai merupakan suatu perangkat yang mengandung sel listrik sehingga dapat digunakan untuk menyimpan energi dimana energi tersebut dapat dikonversikan menjadi daya. Didalam sel listrik yang terdapat pada baterai berlangsung proses elektrokimia yang bersifat *reversibel* (dapat berkebalikan) dengan efisiensi yang tinggi. Proses elektrokimia *reversibel* maksudnya yaitu terdapat proses perubahan energi kimia menjadi energi listrik (proses pengosongan) dan juga terjadi proses perubahan energi listrik menjadi energi kimia (proses pengisian) dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan cara melewatkan arus listrik pada arah polaritas yang berlawanan didalam sel.

Berdasarkan penggunaannya, baterai dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu baterai primer dan baterai sekunder. Baterai primer merupakan jenis baterai yang hanya dapat dipergunakan sekali saja dan tidak dapat diisi ulang. Hal ini terjadi karena reaksi kimia material aktifnya tidak dapat dikembalikan. Contoh dari baterai primer adalah baterai *zinc-carbon*, baterai alkalin, baterai lithium dan lain-lain. Sedangkan baterai sekunder material aktifnya dapat

diputar kembali sehingga baterai ini dapat diisi ulang. Dibandingkan dengan baterai primer, baterai sekunder memiliki kelebihan jika akan digunakan dalam jangka panjang karena harganya lebih efisien. Contoh baterai sekunder adalah baterai *lead-acid*, baterai NiCd dan lain-lain [5].

2.2.1 Jenis-jenis baterai

Umumnya baterai menggunakan bahan elektrolit adalah jenis asam (*lead acid*) dan basa (alkali). Berikut adalah penjelasan mengenai kedua jenis elektrolit tersebut.

1. Baterai asam (*Lead Acid Storage Battery*)

Baterai asam bahan elektrolitnya merupakan larutan asam belerang (*Sulfuric Acid* = H_2SO_4). Elektroda-elektroda yang terdapat dalam baterai asam terdiri dari pelat-pelat timah peroksida PbO_2 (*Lead Peroxide*) sebagai anoda (kutub positif) dan timah murni Pb (*Lead Sponge*) sebagai katoda (kutub negatif).^[6] Ciri-ciri umum (tergantung pabrik) dari baterai ini adalah sebagai berikut:

- Tegangan nominal per sel 2 Volt.
- Ukuran baterai per sel lebih besar jika dibandingkan dengan baterai alkali.
- Nilai berat jenis elektrolit sebanding dengan kapasitas baterai.
- Suhu elektrolit sangat mempengaruhi terhadap nilai berat jenis elektrolit, semakin tinggi suhu elektrolit semakin rendah berat jenisnya dan sebaliknya.

- Nilai standar kerja jenis elektrolit tergantung dari pabrik pembuatnya.
- Umur baterai tergantung pada operasi dan pemeliharaan, biasanya dapat mencapai 10-15 tahun, dengan syarat suhu baterai tidak lebih dari 20°C.
- Tegangan pengisian per sel harus sesuai dengan petunjuk operasi dan pemeliharaan dari pabrik pembuat. Berikut adalah contoh pengisiannya:
 - Pengisian awal (*Initial Charge*) = 2,7 volt
 - Pengisian secara *Floating* = 2,18 volt
 - Pengisian secara *Equalizing* = 2,25 volt
 - Pengisian secara *Boosting* = 2,37 volt
- Tegangan pengosongan per sel (*discharge*) = 2,0 - 1,8 volt

2. Baterai alkali (*Alkali Storage Battery*)

Baterai alkali bahan elektrolitnya adalah larutan alkali (*Potassium Hydroxide*) yang terdiri dari *Nickel-Iron Alkaline Battery (Ni-Fe battery)* dan *Nickel-Cadmium Alkaline Battery (Ni-Cd battery)*.

Umumnya yang banyak dipergunakan di instalasi unit pembangkit adalah baterai alkali-cadmium (Ni-Cd). Ciri umumnya (tergantung pabrik pembuat) adalah sebagai berikut:

- Tegangan nominal per sel 1,2 volt.
- Nilai berat jenis elektrolit tidak sebanding dengan kapasitas baterai.

- Umur baterai tergantung pada operasi dan pemeliharaan, biasanya dapat mencapai 15-20 tahun, dengan syarat suhu baterai tidak lebih dari 20°C.
- Tegangan pengisian per sel harus sesuai dengan petunjuk operasi dan pemeliharaan dari pabrik pembuat. Sebagai contoh adalah:
 - Pengisian awal (*initial charge*) = 1,6 - 1,9 volt.
 - Pengisian secara *Floating* = 1,40 – 1,42 volt
 - Pengisian secara *Equalizing* = 1,45 volt
 - Pengisian secara *Boosting* = 1,50 – 1,65 volt
- Tegangan pengosongan per sel (*discharge*) : 1 volt

2.2.2 Kapasitas Baterai

Kapasitas baterai merupakan kemampuan baterai menyimpan daya listrik atau besarnya energi yang dapat disimpan dan dikeluarkan oleh baterai. Besarnya kapasitas, tergantung dari banyaknya bahan aktif pada plat positif maupun plat negatif yang bereaksi, dipengaruhi oleh jumlah plat tiap-tiap sel, ukuran dan tebal plat, kualitas elektrolit serta umur baterai. Kapasitas energi suatu baterai dinyatakan dalam *ampere hours* (Ah), misalkan kapasitas baterai 100 Ah 12 volt artinya secara ideal arus yang dapat dikeluarkan sebesar 5 ampere selama 20 jam pemakaian.

Besar kecilnya tegangan baterai dapat ditentukan oleh besar/banyak sedikitnya sel baterai yang ada di dalamnya. Meskipun demikian, arus

hanya akan mengalir apabila ada konduktor dan beban yang dihubungkan ke baterai. Kapasitas baterai juga menunjukkan kemampuan baterai untuk mengeluarkan arus (*discharging*) selama waktu tertentu yang dinyatakan dalam Ah. Baterai dapat memberikan arus yang kecil untuk waktu yang lama atau arus yang besar untuk waktu yang cepat. Pada saat baterai diisi (*charging*), terjadi penimbunan muatan listrik. Muatan ini akan dikeluarkan untuk menyuplai beban yang terhubung dengan baterai. Kapasitas baterai dapat dinyatakan dengan persamaan (2.1) dibawah ini:

$$\text{Ah} = \text{Kuat Arus (Ampere)} \times \text{waktu (hours)} \quad (2.1)$$

Keterangan: Ah = kapasitas baterai (Ah)

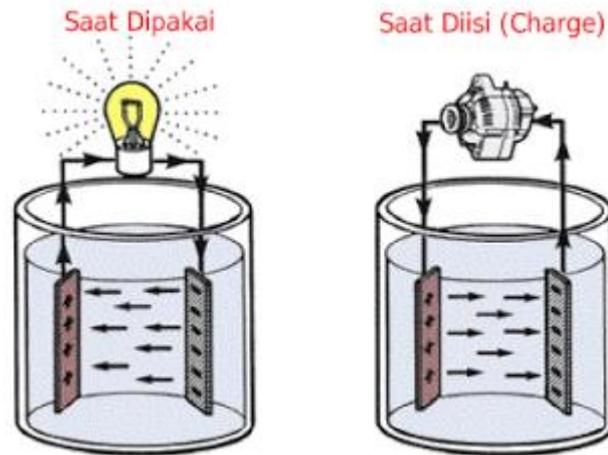
I = kuat arus (A)

t = waktu (h)

2.2.3 Prinsip kerja baterai

Baterai bekerja pada dua kondisi yaitu pengosongan (*discharge*) dan pengisian (*charge*) yang ditunjukkan pada gambar 2.1. Secara prinsip, aliran listrik akan mengalir dari kutub positif menuju kutub negatif. Sumber elektron yang ada pada kutub bertanda negatif akan menjadi sumber listrik bagi peralatan listrik jika disambungkan dengan baterai. Saat baterai dihubungkan dengan peralatan listrik, maka elektrolit akan berpindah dalam bentuk ion dan memicu reaksi kimia pada kedua kutubnya. Terjadinya perpindahan ion akan mengalirkan arus listrik keluar dari baterai. Pada saat pengisian, jika sel dihubungkan dengan

power supply maka elektroda positif akan menjadi anoda dan elektroda negatif akan menjadi katoda sehingga ion akan mengalirkan arus masuk ke dalam baterai [7].



Gambar 2.1 Prinsip kerja baterai [7]

2.2 Konverter Elektronika Daya

Konverter elektronika daya merupakan suatu alat yang mengkonversikan daya elektrik dari satu bentuk ke bentuk daya lainnya di bidang elektronika daya. Konverter elektronika daya dibagi menjadi empat jenis, diantaranya :

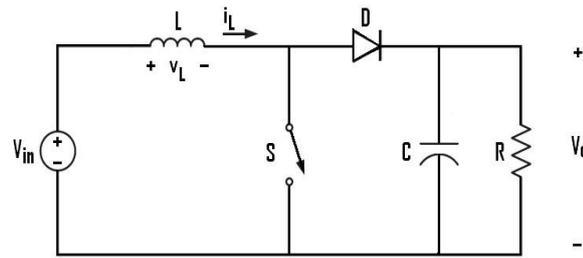
1. Konverter AC – DC (*Rectifier*)
2. Konverter AC – AC (*Cycloconverter*)
3. Konverter DC – DC (*DC Chopper*)
4. Konverter DC – AC (*Inverter*)

Dc – dc konverter merupakan suatu alat yang mengkonversikan daya listrik searah dari suatu bentuk ke bentuk daya listrik searah lainnya. Pada umumnya, ada tiga jenis rangkaian (topologi) dasar dari dc-dc konverter yaitu *buck*, *boost*, dan *buck-boost*. Rangkaian lain yang memiliki kinerja mirip

dengan topologi dasar ini sering disebut sebagai turunannya. Contoh dari dc-dc konverter yang dianggap sebagai turunan rangkaian *buck* adalah *forward*, *push-pull*, *half-bridge*, dan *full-bridge*. Sedangkan contoh turunan dari rangkaian *boost* adalah konverter yang bekerja sebagai sumber arus dan tegangan. Pada *buck-boost* rangkaian yang dianggap sebagai turunannya adalah *flyback*. *Buck converter* yang memiliki fungsi menurunkan tegangan sering diaplikasikan sebagai *charger battery*, *laptop charger*, dan lainnya. Sedangkan *boost converter* yang berfungsi menaikkan tegangan biasanya banyak digunakan untuk sumber energi terbarukan seperti *photovoltaic system* dan *fuel cells* [1].

2.3 *Boost Converter*

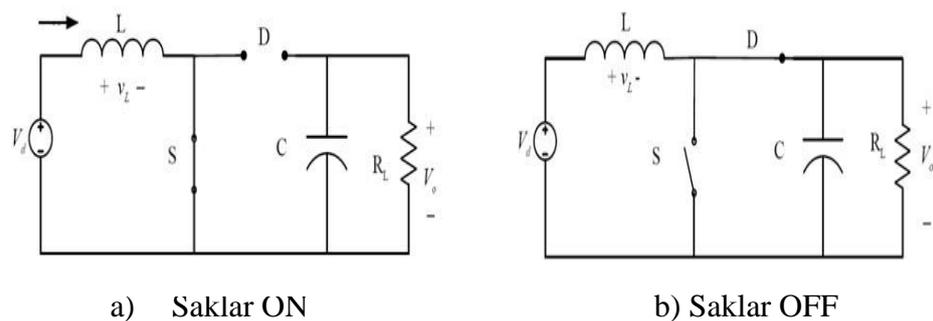
Boost converter adalah konverter yang menghasilkan tegangan *output* lebih besar dari tegangan *inputnya*. Tegangan *output* yang dihasilkan dari *boost converter* memiliki polaritas yang sama dengan tegangan *input*. Konverter ini bekerja secara periodik saat saklar terbuka dan tertutup. *Boost converter* biasa disebut juga sebagai *step-up converter*. Rangkaian dari *boost converter* ini dapat dilihat pada gambar 2.2. Pada rangkaian ini dibutuhkan beberapa komponen sebagai parameternya yaitu saklar daya, dioda dengan frekuensi tinggi, induktor, kapasitor, dan beban resistor. Saklar yang digunakan harus memiliki respon yang cepat saat keadaan on dan off. Saklar yang dapat digunakan adalah saklar semikonduktor seperti MOSFET [4].



Gambar 2.2 *Boost Converter* [4]

2.3.1 Prinsip Kerja *Boost Converter*

Kemampuan *boost converter* untuk menaikkan tegangan dc berkaitan dengan lamanya waktu pensaklaran (*switch duration*) yaitu ton dan toff. Ketika saklar atau *switch* mosfet kondisi tertutup (ton), arus akan mengalir dari sumber ke induktor sehingga menyebabkan energi akan tersimpan dalam induktor. Saat saklar mosfet dalam kondisi terbuka (toff) maka arus yang ada di induktor akan mengalir ke beban melewati dioda sehingga menyebabkan energi yang tersimpan dalam induktor menurun. Gambar 2.3 menunjukkan rangkaian *boost converter* pada saat saklar on dan off [2].



Gambar 2.3 Prinsip Kerja *Boost Converter* [1,4]

Pada gambar 2.3 menunjukkan bahwa saat toff, beban disuplai oleh tegangan sumber ditambah dengan tegangan induktor yang sedang

melepaskan energinya. Kondisi ini yang menyebabkan tegangan keluaran menjadi lebih besar dibandingkan dengan tegangan masukannya. Rasio antara tegangan keluaran dan tegangan masukan konverter ini sebanding dengan rasio antara periode penyaklaran dan waktu pembukaan saklar, yang disebut dengan *duty cycle*. Jika D adalah *duty cycle*, maka hubungan antara tegangan masukan V_d dengan tegangan keluaran V_o dinyatakan dengan persamaan (2.2) berikut :

$$V_o = \frac{V_d}{(1-D)} \quad (2.2)$$

Dimana :

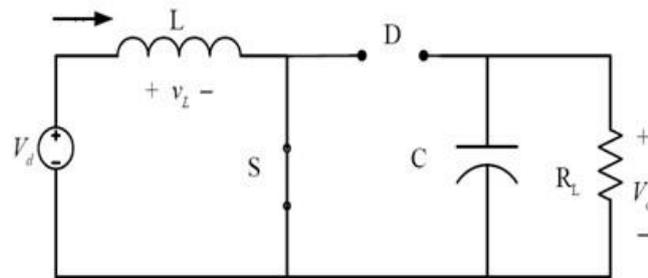
- V_o = tegangan keluaran
- V_d = tegangan masukan
- D = *duty cycle*

Berdasarkan persamaan (2.2) dapat diketahui bahwa nilai tegangan keluaran (*output*) dipengaruhi oleh besarnya *duty cycle*.

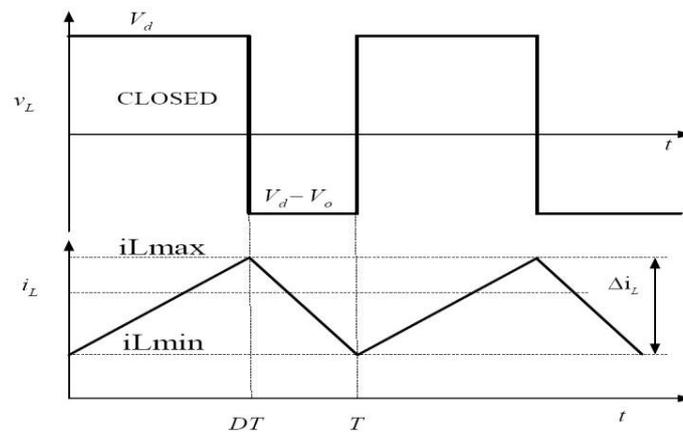
2.3.2 Analisa Rangkaian *Boost Converter*

Boost converter bekerja pada dua kondisi yaitu saat saklar ON dan saat saklar OFF. Pada saat saklar ON, dioda menjadi *reverse bias* maka besarnya arus induktor sama dengan arus masukan. Selain itu, besarnya tegangan pada induktor juga sama dengan tegangan masukan. Induktor akan menyimpan energi pada saat saklar dalam kondisi ON. Waktu saat saklar pada posisi ON disebut DT . Gambar 2.4 (a) menunjukkan rangkaian dari *boost converter* pada saat saklar

ON, sedangkan gambar 2.4 (b) menunjukkan arus induktor dan tegangan induktor pada *boost converter* [4].



(a) Saklar ON [4]



(b) Arus dan Tegangan Induktor [4]

Gambar 2.4 Analisa Rangkaian Ketika Saklar ON

Saat saklar dalam kondisi DT,

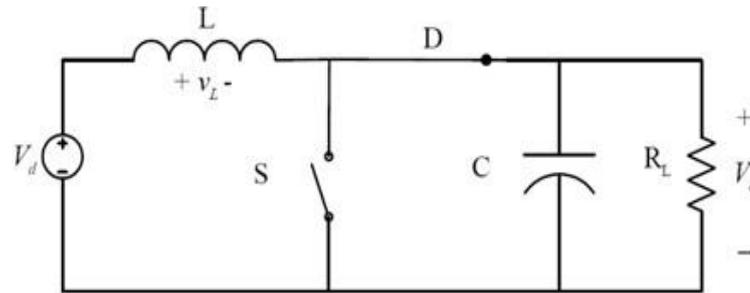
$$V_L = V_d \quad (2.3)$$

$$V_L = L \frac{di_L}{dt} \quad (2.4)$$

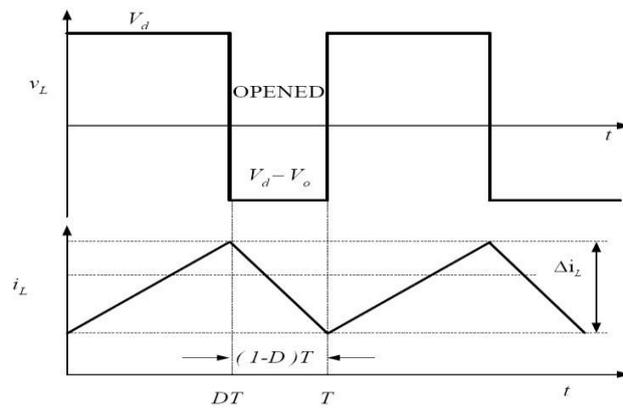
$$\frac{V_d}{L} = \frac{di_L}{dt} \quad (2.5)$$

$$\Delta i_L (\text{closed}) = \frac{V_d \times dt}{L} \quad (2.6)$$

Saat saklar OFF pada waktu $(1 - D) T$. Gambar 2.5 (a) menunjukkan rangkaian pada saat saklar OFF. Sedangkan gambar 2.5 (b) menunjukkan tegangan dan arus induktor.



(a) Saklar OFF [4]



(b) Arus dan Tegangan Induktor [4]

Gambar 2.5 Analisa Rangkaian Ketika Saklar OFF

Saat saklar OFF pada waktu $(1 - D) T$,

$$V_L = V_d - V_o \quad (2.7)$$

$$V_L = L \frac{di_L}{dt} \quad (2.8)$$

$$\frac{V_d - V_o}{L} = \frac{di_L}{dt} \quad (2.9)$$

$$\Delta i_L (\text{open}) = \frac{(V_d - V_o)T}{L} \quad (2.10)$$

Untuk keadaan *steady state*, perubahan pada arus induktor harus nol, sehingga:

$$\Delta i_L (\text{open}) + \Delta i_L (\text{closed}) = 0 \quad (2.11)$$

$$\frac{(V_d - V_o)T}{L} + \frac{V_d \times dt}{L} = 0 \quad (2.12)$$

$$V_o = \frac{V_d}{1-D} \quad (2.13)$$

Dari persamaan diatas, dapat diketahui bahwa tegangan keluaran *boost converter* dipengaruhi oleh *duty cycle* (D).

Untuk arus induktor rata-rata,

$$\text{Daya input} = \text{daya output} \quad (2.14)$$

$$V_d I_d = \frac{V_o^2}{R} \quad (2.15)$$

$$I_d = I_l \quad (2.16)$$

$$V_o = \frac{V_d}{1-D} \quad (2.17)$$

$$V_d I_l = \frac{\left(\frac{V_d}{1-D}\right)^2}{R} \quad (2.18)$$

$$I_l = \frac{V_d}{(1-D)^2 R} \quad (2.19)$$

Maksimum dan minimum arus induktor ditentukan oleh persamaan,

$$I_{l(max/min)} = I_l \pm \frac{\Delta I_l}{2} \quad (2.20)$$

Ripple tegangan keluaran ditentukan oleh persamaan,

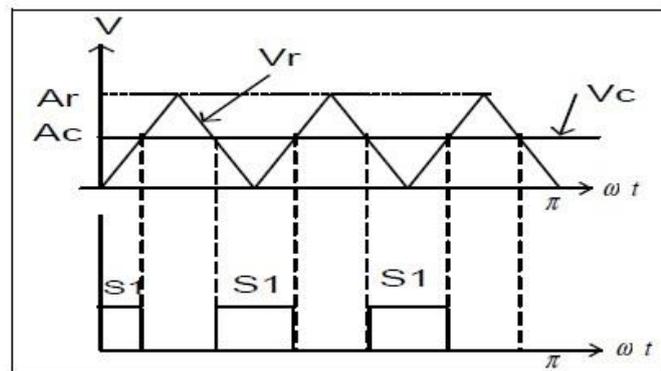
$$\Delta V_o = \frac{V_o \cdot D}{R \cdot C \cdot f} \quad (2.21)$$

Sedangkan *ripple* arus masukan pada persamaan,

$$\Delta I_{in} = \frac{V_{in} \cdot D}{f \cdot L} \quad (2.22)$$

2.4 Pulse Width Modulation (PWM)

Modulasi lebar pulsa atau yang lebih dikenal dengan PWM (*Pulse Width Modulation*) merupakan suatu teknik yang membandingkan sinyal referensi dengan sinyal *carrier*. Umumnya bentuk sinyal *carrier* berupa gelombang segitiga. Jika amplitude sinyal referensi berada diatas amplitude sinyal *carrier* maka akan dihasilkan sinyal “*high*”, sedangkan jika amplitude sinyal referensi berada dibawah sinyal *carrier* maka dihasilkan sinyal “*low*” [5]. Gambar 2.6 menunjukkan hasil perbandingan yang mempunyai nilai *duty cycle* tertentu.



Gambar 2.6 Pulse Width Modulation [5]

Duty cycle merupakan perbandingan antara waktu konduksi dibagi dengan waktu konduksi dan waktu tidak konduksi dikalikan dengan seratus persen. Penjelasan mengenai *duty cycle* tersebut dapat ditulis dalam bentuk persamaan seperti berikut:

$$Duty\ cycle = \frac{t_{on}}{t_{on}+t_{off}} \times 100\% \quad (2.23)$$

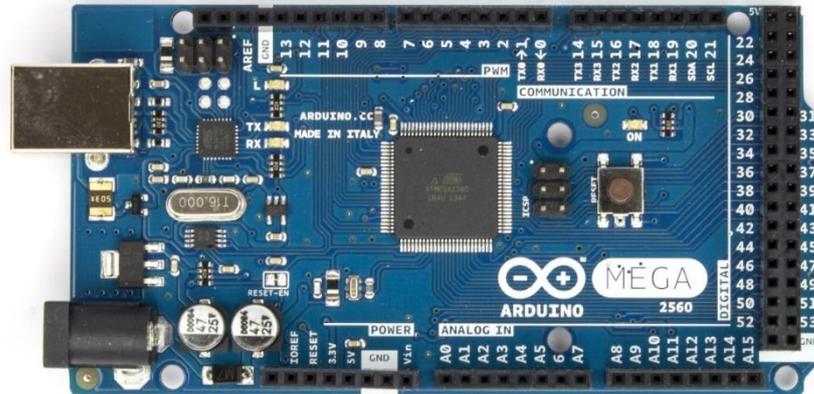
Hasil *duty cycle* tersebut akan digunakan untuk memberikan waktu konduksi pada komponen semikonduktor. Didalam teknik PWM, pulsa penyalaan yang

mengatur keadaan ON dan OFF dihasilkan dari perbandingan gelombang $V_{control}$ dengan gelombang segitiga seperti pada gambar 2.6. Pada umumnya, $V_{control}$ dihasilkan dengan memperbesar tegangan DC atau perbedaan antara tegangan keluaran dengan tegangan yang diinginkan. Prinsip kerja dari PWM adalah apabila nilai sesaat gelombang $V_{control}$ lebih besar dari gelombang segitiga, maka saklar akan menutup (ON), begitu juga sebaliknya maka saklar akan membuka (OFF). Sinyal PWM dapat dihasilkan dengan komponen analog dan komponen digital. Komponen analog biasanya menggunakan berbagai komponen jenis IC untuk menghasilkan sinyal PWM. Sedangkan komponen digital dapat menggunakan berbagai mikrokontroler sebagai komponen penghasil sinyal PWM [5].

2.5 Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Mikrokontroler adalah sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umumnya dapat menyimpan program didalamnya. Mikrokontroler umumnya terdiri dari *CPU (Central Processing Unit)*, memori, I/O tertentu dan unit pendukung seperti *Analog-to-Digital Converter (ADC)* yang sudah terintegrasi didalamnya. Penelitian ini menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai penghasil sinyal PWM dan kontroler sistem secara keseluruhan. Arduino Mega 2560 merupakan salah satu jenis mikrokontroler Arduino yang menggunakan prosesor Atmega2560. Arduino jenis ini memiliki 54 pin I/O digital (15 pin diantaranya dapat berfungsi sebagai PWM), 16 input analog, 4 UART (*serial port*), 16 MHz Osilator kristal, koneksi USB, konektor daya, ICSP, dan tombol reset. Bahasa program

yang digunakan adalah bahasa C dengan perangkat lunak kompilernya adalah *sketch* atau Arduino IDE.



Gambar 2.7 Arduino Mega 2560

2.5.1 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Secara umum, spesifikasi Arduino Mega 2560 dijelaskan pada tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Spesifikasi Arduino Mega 2560

Mikrokontroler	ATmega2560
Tegangan pengoperasian	5V
Tegangan masuk (disarankan)	7-12V
Batas tegangan masuk	6-20V
Jumlah pin I/O digital	54
Jumlah pin <i>input</i> analog	16
Arus DC tiap pin I/O	40 Ma
Arus DC untuk pin 3.3V	50 Ma
<i>Clock Speed</i>	16 MHz
<i>Flash Memory</i>	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB

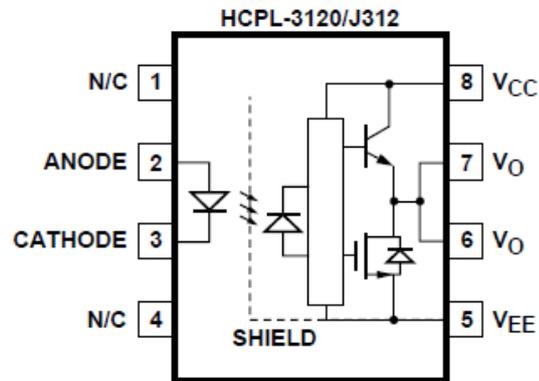
Arduino Mega 2560 dapat disuplai dengan menggunakan koneksi USB atau dengan menggunakan *power supply* eksternal. Arduino Mega 2560 memiliki beberapa pin daya, sebagai berikut.

- a. Pin V_{IN} merupakan tegangan masukan ke *board* arduino ketika sedang menggunakan sumber tegangan dari luar.
- b. Pin 5V merupakan pin keluaran tegangan 5 volt yang diatur dari regulator pada *board*.
- c. Pin 3.3V merupakan pin keluaran 3.3 volt yang dihasilkan oleh regulator pada *board*. Arus maksimum yang dapat dilalui adalah sebesar 50 mA.
- d. Pin GND merupakan pin *ground*.
- e. Pin IOREF merupakan pin yang menyediakan tegangan referensi sesuai dengan yang mikrokontroler operasikan.

2.6 Gate Driver

Rangkaian *boost converter* menggunakan mosfet yang dapat difungsikan sebagai saklar, jika mosfet tersebut bekerja pada kondisi saturasi. Kondisi saturasi mosfet dapat dibentuk dengan memberikan tegangan pada kaki *gate-source* berkisar antara 12 – 15 volt. Karena sinyal PWM yang dihasilkan oleh arduino hanya memiliki tegangan sebesar 5 volt, maka diperlukan rangkaian penguat / pemacu *gate* pada mosfet yang disebut sebagai rangkaian *gate driver*. Rangkaian *gate driver* yang dibuat pada penelitian ini menggunakan IC HCPL 3120, yang memiliki fungsi menguatkan tegangan PWM kontrol

arduino 5 volt menjadi 15 volt. Konfigurasi pin dari IC HCPL 3120 dapat dilihat pada gambar 2.8 berikut :



Gambar 2.8 Rangkaian dalam IC HCPL 3120

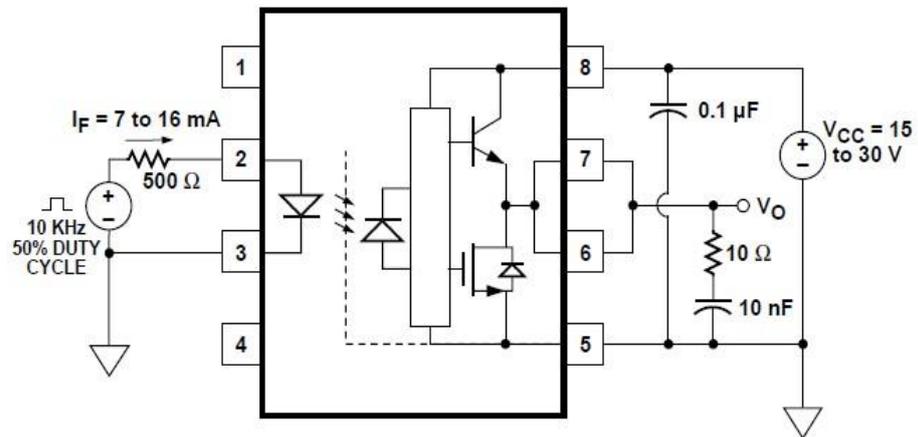
IC HCPL adalah IC *Optocoupler*, prinsipnya yaitu mengkonversi sinyal kontrol menjadi cahaya. Cahaya tersebut kemudian akan diterima oleh *receiver* (dapat berupa *photodiode* atau *phototransistor*). *Receiver* tersebut berupa transduser yang menghasilkan tegangan yang lebih besar dengan karakteristik yang sama dengan tegangan input. Karakteristik IC HCPL 3120 dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut :

Tabel 2.2 Karakteristik IC HCPL 3120

LED	$V_{CC} - V_{EE}$	V_o
OFF	0 – 30 V	LOW
ON	0 – 11 V	LOW
ON	11 – 13.5 V	TRANSITION
ON	13.5 – 30 V	HIGH

Dari tabel 2.2 dapat diketahui bahwa saat LED ON dengan tegangan catu daya berkisar antara 13.5 – 30 volt, maka tegangan keluaran (V_o) akan berada pada kondisi HIGH (15 volt). Dan saat LED OFF dengan tegangan catu daya

antara 13.5 – 30 volt, maka tegangan keluaran (V_o) berada pada kondisi LOW (0 volt). Sistem minimum IC HCPL 3120 dapat dilihat pada gambar 2.9 berikut :



Gambar 2.9 Sistem Minimum IC HCPL 3120

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian tugas akhir dilakukan di Laboratorium Konversi Energi Elektrik, Laboratorium Terpadu Teknik Elektro, Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung. Penelitian dimulai pada bulan Juli 2017 sampai dengan Maret 2018.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini dibagi menjadi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

Perangkat keras yang digunakan, yaitu:

1. Satu unit laptop sebagai media pengerjaan laporan penelitian.
2. Baterai *accu* 12 volt 7,2 Ah yang berfungsi sebagai sumber energi.
3. Rangkaian *boost converter*. Rangkaian ini terdiri dari komponen elektronika seperti mosfet, dioda, induktor dan kapasitor.
4. Rangkaian catu daya, rangkaian ini digunakan sebagai catu daya rangkaian *gate driver* dan mikrokontroler.

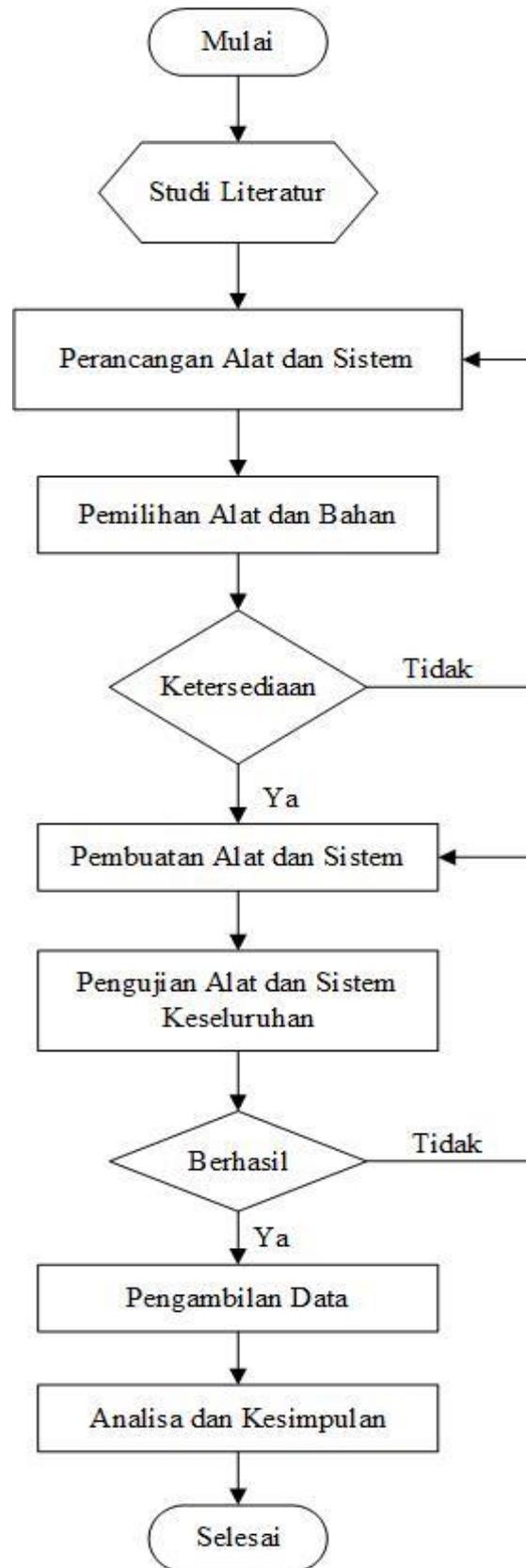
5. Rangkaian *gate driver*, digunakan untuk menguatkan sinyal PWM dari mikrokontroler sehingga dapat memicu kaki *gate* pada mosfet.
6. Rangkaian sensor arus dan tegangan, untuk mengukur nilai arus dan tegangan dari baterai ke beban.
7. Mikrokontroler arduino mega 2560, digunakan untuk membangkitkan sinyal *pulse width modulation* (PWM) dan mengontrol sistem keseluruhan.
8. Osiloskop digital, untuk mengetahui gelombang pada rangkaian.
9. Multimeter digital sebagai alat ukur yang digunakan dalam penelitian.
10. Solder dan timah untuk memasang komponen pada papan PCB.

Perangkat lunak yang digunakan, yaitu:

1. *Arduino Integrated Development Environment* (IDE) 1.8.1, untuk pembuatan kode program (*sketch*) yang akan dimasukkan ke dalam *board* mikrokontroler.
2. *Diptrace 3.0* untuk membangun *layout* pcb yang digunakan dalam penelitian.
3. *Microsoft Office 2013* untuk membuat laporan penelitian, file presentasi dan pengolahan data penelitian.
4. *Microsoft Office Visio 2013* yang berfungsi sebagai media pembuatan diagram alir (*flowchart*) penelitian.

3.3 Metode Penelitian

Pembuatan tugas akhir ini dibagi menjadi beberapa tahapan yang dijelaskan pada gambar 3.1 berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Studi Literatur

Dalam studi literatur dilakukan pencarian, pengumpulan dan pemahaman referensi sebagai dasar penentuan konsep penelitian yang akan dilakukan. Segala sesuatu yang berkaitan dengan penelitian ini, diantaranya adalah:

1. Karakteristik baterai pada proses *charging* dan *discharging*.
2. Prinsip kerja dan aplikasi *boost converter*.
3. Mikrokontroler arduino mega 2560, dan IC Driver Optocoupler HCPL 3120.
4. Karakteristik komponen-komponen yang akan digunakan serta prinsip kerjanya.
5. Cara kerja dan pemrograman mikrokontroler arduino.

3.3.2 Perancangan Alat dan Sistem

Setelah melakukan pengumpulan serta mempelajari referensi yang berkaitan dengan penelitian ini, tahap selanjutnya adalah perancangan alat dan sistem. Pada tahap ini dilakukan suatu perancangan secara keseluruhan membentuk suatu perangkat untuk menaikkan tegangan baterai ke beban menggunakan *boost converter*. Kemudian tegangan keluarannya akan dihubungkan dengan beban berupa lampu DC yang tegangannya lebih tinggi dari tegangan baterai. Perangkat ini akan dirancang menggunakan sistem otomatis yang dapat memutus suplai arus ke beban ketika tegangan baterai kurang dari 10,7 volt. Tahapan perancangan alat pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

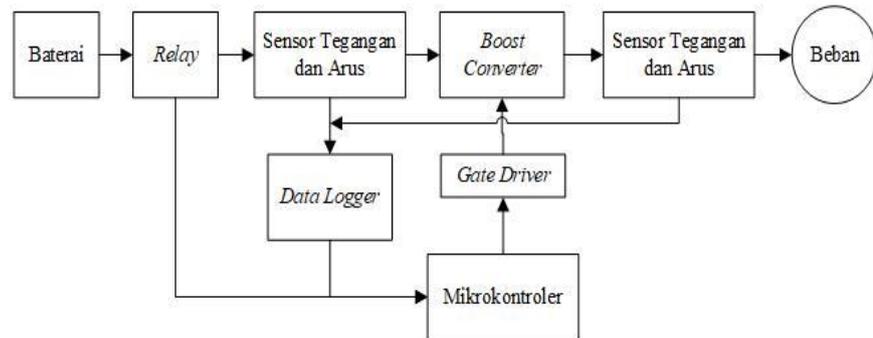
a. Penentuan Komponen

Penentuan komponen ini dilakukan berdasarkan referensi yang telah didapat sebelumnya. Pada bagian ini akan ditentukan komponen yang diperlukan dalam merancang dan membangun alat. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dari komponen yang akan digunakan misalnya prinsip kerja dan *datasheetnya*. Dengan mengetahui prinsip kerjanya, maka dapat dicocokkan apakah komponen tersebut sesuai dan dapat digunakan pada alat yang akan dibuat. Sedangkan *datasheet* diperlukan untuk menentukan parameter-parameter dari komponen tersebut.

b. Perancangan perangkat keras

Perancangan perangkat keras (*hardware*) merupakan realisasi dari rancangan sebelumnya atau tahap perakitan komponen-komponen yang ada sesuai dengan konsep yang telah ditentukan. Secara keseluruhan perancangan perangkat keras ini dapat dilihat pada gambar 3.2, dimana sumber energi yang digunakan adalah baterai. Tegangan baterai tanpa beban adalah sebesar 12,20 volt akan dinaikkan menggunakan *boost converter* sesuai dengan nilai *duty cycle* yang diberikan dan beban yang terpasang. Dengan demikian, *boost converter* diharapkan dapat menaikkan tegangan ke beban, sehingga lampu yang digunakan sebagai beban dapat menghasilkan lumen cahaya yang lebih besar. Pada perancangan perangkat keras ini juga akan diberikan rangkaian sensor arus dan sensor tegangan yang digunakan untuk mengetahui nilai tegangan

masukan dan tegangan keluaran dari *boost converter* dan kemudian di simpan ke dalam kartu memori menggunakan *data logger*.



Gambar 3.2 Diagram Alir Perancangan Alat dan Sistem Keseluruhan

Nilai tegangan dan arus yang terbaca oleh sensor kemudian akan disimpan didalam kartu memori menggunakan *data logger*. Berdasarkan gambar 3.2, dibutuhkan rangkaian *gate driver* untuk menguatkan sinyal PWM yang dihasilkan dari mikrokontroler. Hal ini dilakukan agar sinyal PWM dapat membias kaki *gate* mosfet pada rangkaian utama *boost converter*. selanjutnya keluaran *boost converter* langsung dihubungkan dengan beban berupa lampu DC yang dalam hal ini merupakan model dari penerangan jalan umum tenaga surya.

c. Realisasi Pembuatan Alat dan Program

Setelah menyelesaikan tahap perancangan alat yang menghasilkan *schematic* dari masing-masing bagian subsistem, kemudian merealisasikannya dengan membuat *pcb layout* menggunakan perangkat lunak (*software*) diptrace. Setelah

dihasilkan *pcb layout* lalu mencetaknya ke papan pcb, untuk kemudian di pasang komponen penyusun rangkaiannya. Perangkat keras pada penelitian ini terdiri dari beberapa subsistem diantaranya rangkaian kontrol sinyal PWM, rangkaian penguat sinyal (*gate driver*), sensor tegangan dan sensor arus, *data logger*, dan rangkaian *boost converter*. Pembuatan program pada mikrokontroler arduino mega 2560 menggunakan *software Arduino Integrated Development Environment (IDE)*. Mikrokontroler diprogram untuk membangkitkan sinyal PWM yang digunakan untuk mengontrol tegangan keluaran pada rangkaian *boost converter*. Selain itu, mikrokontroler juga digunakan sebagai kontrol *relay* untuk memberikan perintah *on* atau *off* sesuai dengan tegangan baterai yang terbaca oleh sensor tegangan.

3.3.3 Pengujian Alat dan Sistem

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui apakah peralatan yang telah dibuat sesuai atau tidak sesuai dengan rancangan dan konsep yang telah ditentukan sebelumnya. Pengujian ini terdiri dari beberapa pengujian, yaitu :

a. Pengujian Rangkaian PWM (*Pulse Width Modulation*)

Sinyal PWM dihasilkan dari mikrokontroler yang telah diberikan kode program menggunakan perangkat lunak Arduino IDE. Setelah program dimasukkan ke dalam *board* mikrokontroler, kemudian melakukan pengujian terhadap keluaran sinyal PWM

yang dihasilkan oleh mikrokontroler. Jika hasilnya sudah sesuai dengan perancangan, maka penelitian dapat dilanjutkan. Akan tetapi, jika sinyal keluaran dari mikrokontroler tidak sesuai dengan hasil perancangan, maka dilakukan pemrograman ulang hingga sinyal PWM keluaran mikrokontroler sesuai dengan hasil perancangan.

b. Pengujian Rangkaian Penguat Pulsa (*Gate Driver*)

Rangkaian penguat pulsa diperlukan untuk menguatkan sinyal PWM yang dihasilkan oleh mikrokontroler, karena sinyal yang dihasilkan memiliki amplitudo tegangan sebesar 5 volt sedangkan tegangan yang dibutuhkan untuk membias *gate* pada mosfet adalah 15 volt. Rangkaian penguat pulsa menggunakan IC HCPL 3120 untuk menaikkan amplitudo tegangannya. Pengujian yang dilakukan pada rangkaian ini untuk memastikan bahwa sinyal PWM yang dihasilkan oleh mikrokontroler dapat dinaikkan dari 5 volt menjadi 15 volt sesuai V_{cc} dari *power supply*. Selain itu, diuji juga bentuk gelombang sebelum dan sesudah melewati rangkaian penguat ini menggunakan osiloskop, jika tidak terjadi perubahan pada bentuk gelombangnya maka rangkaian penguat dapat digunakan.

c. Pengujian Sensor Tegangan dan Sensor Arus

Sensor yang digunakan pada penelitian ini yaitu sensor tegangan dan sensor arus. Kedua sensor tersebut dipasang pada *input* dan *output* dari *boost converter*, kemudian hasil pembacaan dari

kedua sensor tersebut akan disimpan ke dalam kartu memori menggunakan *data logger*. Pengujian dilakukan untuk mengkalibrasi sensor, sehingga hasil pembacaannya sesuai dengan alat ukur. Cara pengujiannya yaitu dengan memberikan sumber tegangan dan sumber arus, kemudian membandingkan hasil pembacaan sensor dengan hasil pembacaan alat ukur multimeter. Jika hasil pembacaan sensor ketika dibandingkan dengan hasil pembacaan alat ukur multimeter memiliki nilai error diatas 5% maka dilakukan pemrograman ulang pada mikrokontroler untuk mengubah hasil pembacaan sensor. Kalibrasi akan terus dilakukan sampai hasil pembacaan sensor memiliki nilai error dibawah 5% ketika dibandingkan dengan hasil pembacaan alat ukur multimeter.

d. Pengujian *Data Logger*

Data logger digunakan pada penelitian ini untuk menyimpan hasil pembacaan sensor tegangan dan sensor arus pada *input* dan *output* dari *boost converter*. Hal ini dilakukan karena sumber yang digunakan adalah baterai, sehingga perlu diketahui perubahan tegangan dan arus yang disuplai oleh baterai. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah nilai tegangan dan arus yang terbaca oleh sensor dapat disimpan ke dalam kartu memori dengan menggunakan variasi waktu sesuai dengan kode program yang dimasukkan dalam *board* mikrokontroler. Variasi waktu yang digunakan dalam pengujian ini adalah 1 menit, 2

menit, 3 menit, 4 menit dan 5 menit. Apabila pada variasi waktu penyimpanan tersebut *data logger* dapat menyimpan hasil pembacaan dari sensor, maka penelitian dapat dilanjutkan. Akan tetapi apabila tidak berhasil melakukan penyimpanan, maka akan dilakukan pemrograman ulang untuk *data logger* sampai diperoleh hasil yang sesuai dengan perancangan.

e. Pengujian Perangkat Keras *Boost Converter*

Setelah hasil perancangan direalisasikan ke dalam perangkat keras *boost converter*, tahap selanjutnya yaitu melakukan pengujian terhadap perangkat keras tersebut. Pengujian ini untuk mengetahui apakah perangkat keras *boost converter* dapat menaikkan tegangan masukan sesuai dengan perancangan sebelumnya. Pengujian dilakukan dengan menggunakan variasi nilai *duty cycle* dan variasi beban. Hal ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh besarnya nilai *duty cycle* dan besarnya beban yang terhubung terhadap tegangan keluaran dari *boost converter*.

f. Pengujian Rangkaian Keseluruhan

Pengujian rangkaian keseluruhan dilakukan untuk memastikan bahwa semua subsistem dari *boost converter* yang akan di aplikasikan pada penerangan jalan umum bekerja dengan baik ketika dijadikan satu kesatuan sistem yang saling berhubungan. Setelah dipastikan seluruh subsistem dapat bekerja sesuai dengan karakteristiknya masing-masing maka dilakukan pengujian

dengan menggunakan beban berupa lampu DC. Pengujian meliputi perbedaan waktu pada proses *discharging* baterai tanpa perangkat *boost converter* dibandingkan dengan waktu *discharging* saat menggunakan perangkat *boost converter*. Selain itu, juga dilakukan pengujian pengaruh penggunaan *boost converter* pada lumen cahaya yang dihasilkan oleh lampu DC pada rangkaian.

3.4 Analisa dan Kesimpulan

Tahapan terakhir yaitu analisa dan kesimpulan. Pada tahap ini, dilakukan analisa terhadap hasil dari pengujian alat yang dilakukan. Analisa dapat berupa analisa hasil dan cara kerja alat. Dengan melakukan analisa ini maka dapat dilihat keberhasilan alat yang telah dibuat. Apabila hasil dari pengujian alat belum sesuai dengan tujuan, maka penelitian akan kembali pada tahap perancangan alat. Selain melakukan analisa, pada tahap ini juga dilakukan perhitungan nilai-nilai yang diperoleh dari pengujian. Perhitungan dilakukan secara manual berdasarkan rumusan dari referensi yang ada. Hasil yang didapat dari perhitungan ini juga akan dianalisa kembali. Sehingga hasil dari analisa dan perhitungan didapatkan kesimpulan dan saran pada penelitian ini.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil rancang bangun perangkat keras *boost converter* dapat menaikkan tegangan baterai yang digunakan pada penerangan jalan umum tenaga surya, adapun besarnya nilai tegangan keluaran *boost converter* dipengaruhi oleh besarnya nilai *duty cycle* serta besarnya beban yang terhubung pada rangkaian.
2. Penggunaan *boost converter* dengan nilai *duty cycle* 4%, 5%, dan 6% yang berubah secara otomatis dapat mempertahankan tegangan beban antara 11,45 volt sampai 12,20 volt akan tetapi waktu *discharging* baterai menjadi lebih cepat yaitu bertahan selama 7 jam 45 menit.
3. Lumen cahaya yang dihasilkan oleh lampu tanpa menggunakan *boost converter* pada penelitian ini lebih kecil dibandingkan dengan lumen cahaya yang menggunakan perangkat *boost converter*.

5.2 Saran

Tegangan keluaran *boost converter* sangat dipengaruhi oleh besarnya nilai *duty cycle* yang diberikan. Nilai *duty cycle* ditentukan oleh besarnya tegangan baterai yang terbaca oleh sensor tegangan yang digunakan, untuk itu diperlukan sensor tegangan yang lebih presisi agar *boost converter* dapat menghasilkan tegangan keluaran yang sesuai dengan perhitungan. Selain itu, sumber tegangan yang digunakan untuk mikrokontroler sebaiknya menggunakan satu sumber yang sama dari baterai di PJUTS, sehingga penggunaan *boost converter* pada PJUTS akan lebih efektif.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kalmin, Ahmad. 2012. Simulasi dan Berifikasi Modul Surya Terhubung dengan *Boost Converter* pada Jaringan Listrik Mikro Arus Searah dengan Menggunakan Matlab Simulink. Skripsi. Universitas Indonesia.
- [2] Ambar, Melzi. M.2015. *Rancang Bangun Interleaved Boost Converter Berbasis Arduino*. Skripsi. Universitas Lampung.
- [3] Fathurachman, Ahmad,. Asep Najmurokhman, dan Kusnandar.2014. *Perancangan Boost Converter Untuk Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya*. Universitas Jendral Achmad Yani.
- [4] M. Abdul Rahim B. M. Mordin. 2013. *Interleaved DC – DC Boost Converter With Small Input Voltage*. Declaration of Thesis / Undergraduate Project Paper and Copyright. Malaysia.
- [5] Kiehne, H.A. 2003. *Battery Technology Handbook* (2nd Edition). New York: Marcell Decker, Inc.
- [6] Crompton, T.R. 2000. *Battery Reference Book* (3rd Edition). Oxford: Newnes.
- [7] Pletcher, D, Wals, F.C, Wills, R.G.A. 2009. *Secondary Batteries Lead Acid System / Flow Batteries*. Encyclopedia of Elechemical Power Source 745-749.
- [8] Phatiphat Thounhong, Bernat Davat. 2010. *Study Of A Multiphase Interleaved Step-Up Converter For Fuel Cell High Power Applications*. Energy Conversion and Management 51. Journal. Halaman 826-862