

# PENGGUNAAN KONVERTER JENIS BUCK DENGAN PEMUTUS TEGANGAN OTOMATIS UNTUK PENGISI AKUMULATOR

Eko Setiawan<sup>\*)</sup>, Mochammad Facta, and Agung Nugroho

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Diponegoro Semarang  
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

<sup>\*)</sup>E-mail: ekoosetiawan92@gmail.com

## Abstrak

Pengisian muatan akumulator adalah dengan cara mengaliri akumulator dengan arus listrik secara terus menerus. Pengisian dihentikan ketika tegangan akumulator telah sampai pada tegangan maksimumnya. Ketika tegangan akumulator telah mencapai tegangan maksimumnya tetapi pengisian tetap dilakukan maka akan terjadi overcharge, sehingga hal ini dapat memperpendek umur akumulator. Dari beberapa topologi konverter arus searah, konverter jenis buck menarik untuk ditelaah lebih lanjut, karena konverter ini menghasilkan tegangan keluaran yang memiliki nilai maksimal sama dengan tegangan masukan. Pada penelitian ini dibahas mengenai perancangan menggunakan buck converter dengan pemutus tegangan otomatis untuk menghindari overcharge. Berdasarkan hasil percobaan, tegangan pengisian akumulator yang digunakan adalah sebesar 14,4 Volt dengan suhu ruangan kurang dari 30 derajat celsius. Pemutus tegangan otomatis berhasil menghentikan pengisian akumulator ketika terminal tegangan akumulator telah mencapai 13,8 Volt dan indikator berupa LED akan menyala. Efisiensi yang terukur pada rangkaian buck converter yaitu sebesar 84%.

*Kata kunci: buck converter, akumulator, pemutus tegangan otomatis*

## Abstract

Accumulator can be charged by flowing electric current through the accumulator continuously. Charging is stopped when the accumulator voltage has reached its maximum voltage. When it has reached its maximum voltage and the charging is on progress then there will be an overcharge. Furthermore, it can shorten the accumulator lifetime. Based on direct current converter topologies, buck converter types are interested to be much more explored, because its voltage output has maximum value that equals to the input. In this final project, it is discussed about the design using buck converter with automatic voltage breakers to avoid overcharge. According to the experimental results, the accumulator voltage charging is around about 14.4 volts with the room temperature less than 30 celsius degrees. Automatic voltage breakers successfully stop the accumulator's charge when the terminal voltage of the accumulator has reached 13.8 Volt followed by LED indicator will be turn on as well. Efficiency measured in buck converter circuit equals to 84%.

*Keywords: buck converter, accumulator, automatic voltage breakers*

## 1. Pendahuluan

Akumulator merupakan komponen penyimpanan energi listrik yang bersifat portable dan dapat menyimpan energi listrik melalui proses kimia sehingga energi listrik dapat digunakan di waktu yang lain.

Pada saat ini penggunaan akumulator sangatlah penting karena sifat akumulator yang memiliki mobilitas yang sangat tinggi sehingga sangat dibutuhkan oleh peralatan elektronika terbaru. Sifat yang menarik dari akumulator adalah dapat diisi kembali.<sup>[1]</sup>

Melihat bagaimana pentingnya penggunaan akumulator seperti yang telah dijabarkan sebelumnya maka dapat dilihat bahwa akumulator sebagai komponen elektronika memiliki peranan yang sangat penting dalam perkembangan teknologi itu sendiri. Oleh sebab itu dibutuhkan sebuah sistem untuk mengatur penggunaan akumulator itu sendiri.<sup>[1]</sup> Salah satunya adalah yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu perancangan *Charger* akumulator.

Pengisian muatan akumulator adalah dengan cara mengaliri akumulator dengan arus listrik secara terus menerus. Pengisian dihentikan ketika tegangan akumulator telah sampai pada tegangan maksimumnya.

Jika akumulator telah mencapai tegangan maksimumnya tetapi tetap dilakukan pengisian maka akan menimbulkan kerugian yaitu pemborosan energi listrik serta akan terjadi pemanasan berlebihan yang akan memperpendek umur akumulator. Untuk menghindari kerugian tersebut, maka akan lebih baik jika *Charger* bekerja untuk mengisi akumulator jika akumulator itu kosong muatannya serta berhenti mengisi jika akumulator telah penuh.<sup>[3]</sup>

Penelitian ini akan merancang *Charger* akumulator menggunakan *Buck Converter* dengan pemutus tegangan otomatis. *Buck Converter* digunakan untuk menurunkan tegangan dimana tegangan keluaran lebih rendah dari tegangan masukan sehingga dapat digunakan untuk pengisian akumulator. Pada saat pengisian, ketika tegangan akumulator sudah mencapai tegangan maksimumnya, maka pengisian dihentikan dengan rangkaian pemutus tegangan otomatis sehingga tidak terjadi *overcharge*.

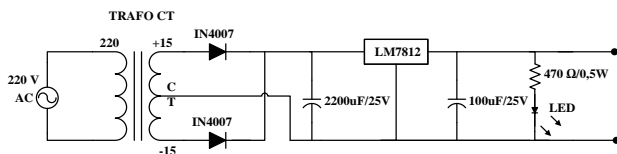
## 2. Metode

Perancangan charger akumulator pada penelitian ini terdiri dari beberapa blok yang memiliki fungsi masing-masing pada perancangan ini. Blok tersebut terdiri dari rangkaian penyearah untuk mensuplai DC Chopper, rangkaian PWM dan *optocoupler*, DC Chopper tipe *Buck Converter* sebagai regulator besar tegangan dan rangkaian pemutus tegangan otomatis.

### 2.1. Perancangan Penyearah

#### 2.1.1. Perancangan Penyearah Gelombang Penuh Satu Fasa dengan Center Tap

Pada rangkaian ini terdapat penyearah satu fasa dengan CT, dioda, regulator tegangan, kapasitor, resistor dan LED seperti yang tertera pada Gambar 1.



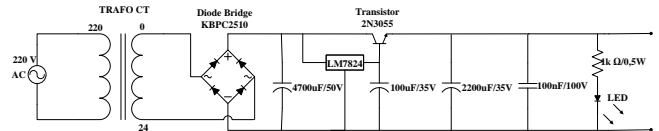
Gambar 1. Penyearah Gelombang Penuh Satu Fasa CT

Rangkaian ini merupakan sumber tegangan DC 12 Volt. Tegangan 12 VDC berfungsi sebagai suplai untuk rangkaian kontrol PWM, isolator pulsa *optocoupler* dan kipas.

Tegangan DC didapatkan dari hasil penyearahan tegangan AC jala-jala yang sebelumnya diturunkan menggunakan trafo stepdown. Tegangan DC selanjutnya diteruskan ke IC Regulator LM7812. LED pada penyearah digunakan untuk indikator rangkaian penyearah bekerja.

#### 2.1.1. Perancangan Penyearah Gelombang Penuh Satu Fasa

Rangkaian penyearah gelombang penuh terdiri dari dioda bridge KBPC 2510, transistor 2N3055, regulator tegangan, kapasitor, resistor dan LED seperti yang tertera pada Gambar 2.



Gambar 2. Penyearah Gelombang Penuh Satu Fasa

Rangkaian ini merupakan sumber DC 24 Volt yang digunakan untuk mensuplai DC Chopper.

Tegangan DC 24 Volt didapatkan dari tegangan AC jala-jala yang sebelumnya diturunkan menggunakan trafo stepdown. Tegangan DC selanjutnya diteruskan ke regulator tegangan LM7824. Transistor 2N3055 digunakan sebagai penguat arus keluaran. LED pada penyearah digunakan untuk indikator rangkaian penyearah bekerja.

### 2.2. Buck Converter

*DC Chopper* yang digunakan pada penelitian ini adalah *DC Chopper* tipe *buck* yang mempunyai karakteristik tegangan keluaran lebih kecil dari tegangan masukan.

Untuk pembuatan *Buck Converter* ini, penentuan spesifikasi awal dilakukan berdasarkan ketersediaan komponen yang mudah didapat dan kemampuan komponen berdasarkan datasheet. Spesifikasi *Buck Converter* yang akan dibuat adalah sebagai berikut :

- Tegangan masukan : 24 Vdc
- Tegangan keluaran : 14,4 Vdc
- Frekuensi *Switching* : 25 kHz

#### 1. Perhitungan Duty Cycle

$$D = \frac{V_o}{V_i} = \frac{14,4}{24} = 0,6$$

#### 2. Menentukan nilai R

$$I_o = \frac{V_o}{R} = \frac{14,4}{100} = 0,144 \text{ A}$$

#### 3. Perhitungan Nilai Induktor

$$L_{\min} = \frac{(1-D)R}{2f_s} = \frac{(1-0,6)100}{2.25000} = 0,80 \text{ mH}$$

Nilai Induktor yang digunakan sesuai perancangan untuk rangkaian *buck* adalah:

$$\Delta I = 10\% \times 0,14A = 0,0144 A$$

$$L = \frac{V_o(V_i - V_o)}{f_s \cdot V_i \cdot \Delta I} = \frac{14,4(24 - 14,4)}{25000 \times 24 \times 0,0144} = 15,7 \text{ mH}$$

Jadi dari perhitungan diatas maka dipilih induktor dengan nilai 15,7 mH. Pemilihan nilai induktor lebih besar dari  $L_{\min}$  ( $L > L_{\min}$ ) agar *Buck Converter* bekerja pada *Continous Current Mode (CCM)*.

#### 4. Perhitungan Nilai Kapasitor

$$\Delta V_o = 0,1\% \times 14V = 0,014A$$

$$C = \frac{V_o(1-D)}{8L\Delta V_o f_s^2} = \frac{24(1-0,58)}{8,0,85 \times 10^{-4} \cdot 0,14 \cdot 25000^2} = 169 \mu F$$

Namun untuk mengurangi noise, kapasitor yang dipasang adalah 1000 $\mu$ F/50V. Tegangan kapasitor yang digunakan sebesar 50 Volt.

### 2.3. Rangkaian Kontrol IC TL494

Rangkaian kontrol PWM digunakan untuk memicu *Switching*, lebar pulsa menunjukkan *duty cycle* dari rangkaian *DC Chopper*. Pada penelitian ini digunakan IC TL494 sebagai komponen utama pembangkit tegangan pulsa termodulasi.

Pada perancangan penelitian ini, frekuensi yang digunakan untuk pensaklaran MOSFET pada *DC Chopper* adalah 25 kHz. Frekuensi 25 kHz dipilih agar memudahkan dalam pembuatan induktor karena semakin tinggi frekuensi maka semakin kecil nilai induktor. Tetapi jika frekuensi semakin tinggi maka akan menghasilkan losses yang besar dan mengurangi efisiensi.

Persamaan untuk mencari frekuensi kerja yang ada pada datasheet IC TL494 dituliskan oleh Persamaan sebagai berikut.

$$f_{osc} = \frac{1,1}{R_T \cdot C_T} \quad (1)$$

Jika ditentukan nilai kapasitor  $C_T$  yang digunakan adalah sebesar 10nF, maka dapat dihitung nilai resistor  $R_T$  yang dibutuhkan dengan menggunakan Persamaan sebagai berikut.

$$R_T = \frac{1,1}{f_{osc} \cdot C_T} \quad (2)$$

Pada frekuensi maksimal 45000 Hz,

$$R_T = \frac{1,1}{45000 \times 10^{-8}} = 2444,44 \Omega$$

Pada frekuensi minimal 15000 Hz

$$R_T = \frac{1,1}{15000 \times 10^{-8}} = 7333,33 \Omega$$

$R_T$  memiliki rentang nilai 2444,44  $\Omega$  - 7333,33  $\Omega$ . Rentang nilai tersebut dicapai menggunakan komponen R dan  $R_{VAR}$  yang dirangkai seri. Kemudian dengan menyesuaikan nilai komponen yang tersedia di pasaran, didapatkan nilai komponen penyusun rangkaian sebagai berikut:

$$C_T : 10nF$$

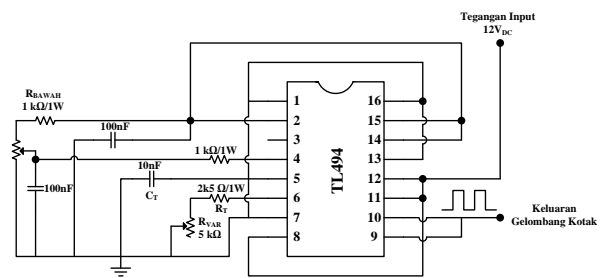
$$R : 2500 \Omega$$

$$R_{VAR} : 5 \text{ k}\Omega$$

Maka besarnya frekuensi yang dapat dihasilkan adalah:

$$f_{\max} = \frac{1,1}{2500 \times 10^{-8}} = 44000 \text{ Hz}, \text{ pada saat nilai } R_{VAR} = 0 \Omega$$

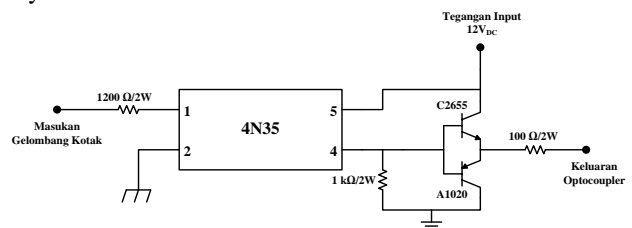
$$f_{\min} = \frac{1,1}{7500 \times 10^{-8}} = 14666,67 \text{ Hz}, \text{ pada saat nilai } R_{VAR} = 5 \text{ k}\Omega$$



Gambar 3. Rangkaian kontrol IC TL494

### 2.4. Rangkaian Isolator Pulsa Optocoupler

Rangkaian isolator pulsa *optocoupler* memiliki fungsi untuk memberikan perlindungan pada rangkaian kontrol apabila terjadi kesalahan atau gangguan pada rangkaian daya.



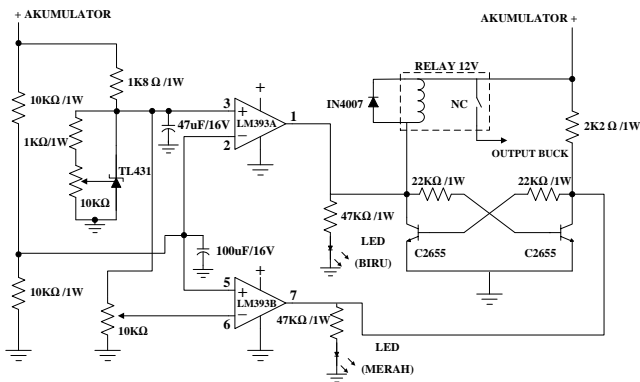
Gambar 4. Rangkaian isolator pulsa *optocoupler*

Gambar 4. memperlihatkan rangkaian isolator pulsa *optocoupler* pada penelitian ini. Komponen-komponen penyusun rangkaian isolator pulsa *optocoupler* ini adalah *optocoupler* 4N35, resistor 1200  $\Omega$  untuk membatasi arus yang masuk ke *optocoupler*, resistor emitter 390  $\Omega$ , transistor C2655 dan A1020 sebagai rangkaian totempole, dan resistor gate 100  $\Omega$ .

Rangkaian totempole dibuat untuk mengurangi *power losses* akibat *electronic switching*. *Switch losses* ini terjadi karena adanya perubahan dari kondisi *low* ke *high* secara cepat. Rangkaian pemacu MOSFET harus dapat dengan cepat memberikan arus dan membuang arus pada saat berada pada frekuensi *switching* tinggi.

### 2.5. Pemutus Tegangan Otomatis

Pemutus tegangan otomatis yang dirancang pada *Charger* menggunakan rangkaian pemutus tegangan yang terdapat dalam *Battery Charger Regulator* (BCR). Rangkaian pemutus tegangan menggunakan sebuah IC dual komparator dan sebuah relay elektromagnetis. Rangkaian tersebut dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Rangkaian pemutus tegangan

Rangkaian HVD menggunakan saklar NC pada relay elektromagnetisnya. Rangkaian tersebut berfungsi untuk memonitor tegangan akumulator sehingga akan mengaktifkan relay apabila terjadi pengisian berlebih pada akumulator.

### 2.6. Akumulator

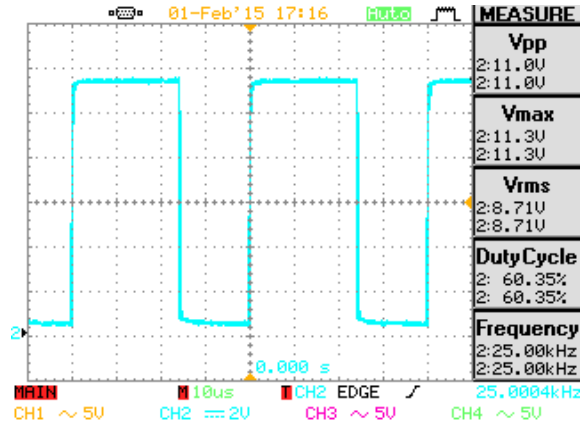
Akumulator yang digunakan dalam perancangan penelitian ini adalah akumulator merek GS tipe GM5Z-3B (12V-5Ah/10Hr). Pemilihan merek dan tipe akumulator dalam penelitian ini karena akumulator tersebut sudah umum digunakan oleh masyarakat luas dan banyak beredar di pasaran sehingga mudah didapatkan.

Akumulator ini merupakan jenis akumulator *lead acid* (aki basah). Tegangan nominalnya sebesar 12 Volt, yang terdiri dari 6 sel yang masing-masing mempunyai tegangan 2 Volt. Antara satu sel dengan sel lainnya dipisahkan oleh dinding penyekat yang terdapat dalam bak akumulator, artinya tiap ruang pada sel tidak berhubungan. Kapasitas dari aki ini sebesar 5Ah/10Hr artinya akumulator ini dapat memberikan kuat arus sebesar 0,5 Ampere selama 10 jam.

## 3. Hasil dan Analisa

### 3.1. Pengujian Rangkaian Kontrol PWM

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan osiloskop digital GW INSTEK GOS-2104. Gambar dibawah ini adalah gelombang keluaran dari rangkaian kontrol pemucuan yang diukur pada sisi *output* blok kontrol.



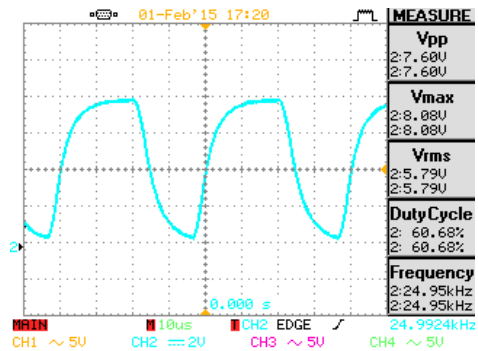
Gambar 6. Gelombang keluaran rangkaian kontrol PWM

Nilai frekuensi dan amplitudo gelombang keluaran IC TL 494 hasil pengukuran adalah 25 KHz dan 11 Volt. Terjadi penurunan amplitudo sebesar 1 Volt pada gelombang keluaran IC dikarenakan terjadi *drop* tegangan pada sisi rangkaian suplai IC TL 494.

### 3.2. Pengujian Rangkaian Isolator Pulsa Optocoupler

Pengujian ini dilakukan pada keluaran rangkaian isolator pulsa *optocoupler*. Dimana sinyal pemucuan dari rangkaian kontrol PWM dihubungkan dengan rangkaian isolator pulsa dan sinyal keluaran dari rangkaian isolator pulsa ini yang akan digunakan untuk memacu MOSFET.

Bentuk gelombang hasil pemucuan dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.



Gambar 7. Gelombang keluaran rangkaian isolator pulsa *optocoupler*, probe x1

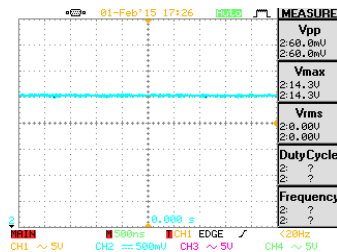
Nilai frekuensi dan amplitudo gelombang keluaran isolator pulsa *optocoupler* hasil pengukuran adalah 24,9 KHz dan 7,6 Volt. Pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa rangkaian isolator pulsa *optocoupler* dapat menjalankan fungsinya dengan baik sehingga dapat digunakan untuk memicu MOSFET pada modul *DC Chopper*.

### 3.3. Pengujian Rangkaian Buck Converter

Pengujian *Buck Converter* meliputi pengujian tegangan keluaran dan perhitungan efisiensi.

#### 3.3.1. Pengujian Tegangan Keluaran

Pengujian tegangan keluaran dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Gambar 4.13 merupakan hasil pengujian tegangan keluaran *Buck Converter* pada duty cycle 60%.



Gambar 8. Gelombang keluaran *DC Chopper Buck Converter*, probe x1

Dari Gambar 8 terlihat besarnya nilai tegangan keluaran *Buck Converter* pada duty cycle 60% yaitu 14,3 Volt. Untuk menghitung tegangan keluaran dari *Buck Converter* dapat dihitung dengan Persamaan (3):

$$V_o = V_i \cdot D \quad (3)$$

dimana:

$V_o$  = tegangan keluaran

$V_i$  = tegangan masukan

$D$  = duty cycle

Data hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1. Pengujian rangkaian *Buck Converter*

No	Duty Cycle (%)	V <sub>in</sub> (V)	I <sub>in</sub> (A)	V <sub>o</sub> (V)	I <sub>o</sub> (A)
1	20	23,2	0,02	5,67	0,05
2	30	23,2	0,03	8,04	0,07
3	40	23,2	0,05	10,43	0,10
4	50	23,2	0,08	12,8	0,12
5	60	23,2	0,11	15,13	0,14
6	70	23,2	0,14	17,52	0,17
7	80	23,2	0,2	20,53	0,2
8	90	23,2	0,22	22,72	0,22

Berdasarkan Tabel 1 terlihat bahwa pada tegangan keluaran lebih kecil daripada tegangan masukan dan arus

keluaran lebih besar daripada arus masukan. Hal ini menunjukkan *DC Chopper* bekerja pada mode buck. Terlihat ketika nilai duty cycle semakin kecil maka tegangan keluaran juga semakin kecil.

#### 3.3.2. Perhitungan Efisiensi Buck Converter

Berdasarkan tabel 1 dapat dicari efisiensi *Buck Converter* dengan cara menghitung daya masuk ( $P_{in}$ ) dan daya keluaran ( $P_{out}$ ) pada masing – masing percobaan, dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% \quad (4)$$

Dimana:

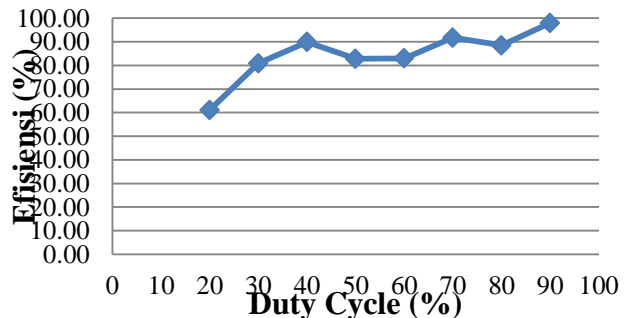
$$P_{in} = V_{in} \times I_{in}$$

$$P_{out} = V_{out} \times I_{out}$$

Hasil perhitungan efisiensi untuk percobaan untuk percobaan yang lain dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini:

Tabel 2. Perhitungan efisiensi *Buck Converter*

No	Duty Cycle (%)	V <sub>in</sub> (V)	I <sub>in</sub> (A)	V <sub>out</sub> (V)	I <sub>out</sub> (A)	P <sub>in</sub> (W)	P <sub>out</sub> (W)	Efisiensi (%)
1	20	23,2	0,02	5,67	0,05	0,46	0,28	61,10
2	30	23,2	0,03	8,04	0,07	0,70	0,56	80,86
3	40	23,2	0,05	10,43	0,1	1,16	1,04	89,91
4	50	23,2	0,08	12,8	0,12	1,86	1,54	82,76
5	60	23,2	0,11	15,13	0,14	2,55	2,12	83,00
6	70	23,2	0,14	17,52	0,17	3,25	2,98	91,70
7	80	23,2	0,2	20,53	0,2	4,64	4,11	88,49
8	90	23,2	0,22	22,72	0,22	5,10	5,00	97,93



Gambar 9. Grafik perbandingan *duty cycle* – efisiensi *Buck Converter*

Berdasarkan Gambar 10 terlihat bahwa efisiensi *Buck Converter* cukup tinggi. Dimana rata-ratanya di atas 84 %.

### 3.4. Pengujian Pemutus Tegangan Otomatis

Pengujian pada rangkaian ini dilakukan untuk mengetahui dan memastikan *Charger* akan terputus ketika akumulator sudah terisi penuh agar tidak terjadi *over charge*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan power supply oltronix sebagai sumber rangkaian pemutus tegangan.

Pada pengujian rangkaian pemutus tegangan ini, tegangan pada *power supply* dc diputar hingga relay dalam kondisi *normally open*. Pada Tabel 3 menunjukkan kondisi relay ketika menggunakan sumber dengan variabel tegangan tertentu.

**Tabel 3. Pengujian kondisi relay terhadap variabel tegangan**

No.	V <sub>out</sub>	Kondisi Relay	LED
1	1 Volt	Normally closed	Merah
2	2 Volt	Normally closed	Merah
3	3 Volt	Normally closed	Merah
4	4 Volt	Normally closed	Merah
5	5 Volt	Normally closed	Merah
6	6 Volt	Normally closed	Merah
7	7 Volt	Normally closed	Merah
8	8 Volt	Normally closed	Merah
9	9 Volt	Normally closed	Merah
10	10 Volt	Normally closed	Merah
11	11 Volt	Normally closed	Merah
12	12 Volt	Normally closed	Merah
13	13 Volt	Normally closed	Merah
14	13,8 Volt	Open	Biru

Pada hasil pengujian ini menunjukkan bahwa relay dalam keadaan *Open* ketika tegangan keluaran mencapai 13,8 Volt. Hal ini sudah sesuai dengan perancangan awal dimana aki akan penuh ketika mencapai tegangan 13,8 – 14,7 Volt.

### 3.5. Pengujian Pengosongan Akumulator

Pada pengujian pengosongan akumulator ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar daya tahan energi listrik mampu disimpan oleh akumulator. Pengujian ini dilakukan dengan memberikan beban pada sebesar 15 ohm, 15 watt. Arus pengosongan sebesar 0,2 kapasitas aki. Untuk akumulator 5 Ah, maka arus pengosongan sebesar 1 A.

Setelah melakukan pengujian *discharging* akumulator maka didapatkan data data sebagai berikut:

**Tabel 4. Proses pengosongan akumulator**

No.	Waktu Pengukuran	Tegangan Akumulator (V)	Arus (I)
1	15.00	12,60	0,80
2	16.00	11,97	0,80
3	17.00	11,75	0,79
4	18.00	11,50	0,76
5	19.00	10,5	0,74

Pada Tabel diatas dapat kita lihat bagaimana kondisi tegangan akumulator ketika digunakan atau pada saat kondisi *discharge*. Nilai tegangan yang terukur pada voltmeter digital terlihat menurun seiring dengan berjalannya waktu pemakaian. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas listrik di dalam akumulator mulai berkurang karena nilai tegangan yang terukur merupakan representasi dari daya listrik yang tersisa pada akumulator.

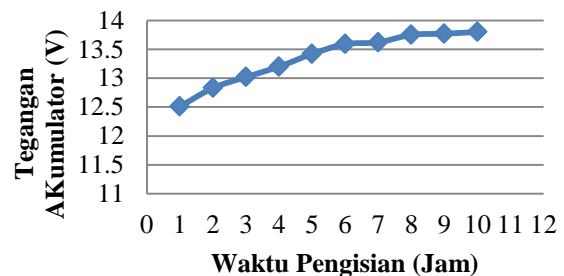
### 3.6. Pengujian Pengisian Akumulator

Untuk pengujian ini yang dilakukan adalah pengujian *charging* (pengisian) akumulator lead-acid 5A dengan tegangan *charge* 14,4 Volt pada suhu 25 derajat celcius. Keadaan akumulator yang diisi pada kondisi SOC 10 %. Indikator yang diukur pada pengujian ini adalah hubungan antara arus *charging*, tegangan akumulator dan waktu pengisian pada akumulator. Berikut ini merupakan data hasil pengujian *charging* akumulator.

**Tabel 5. Proses pengisian akumulator**

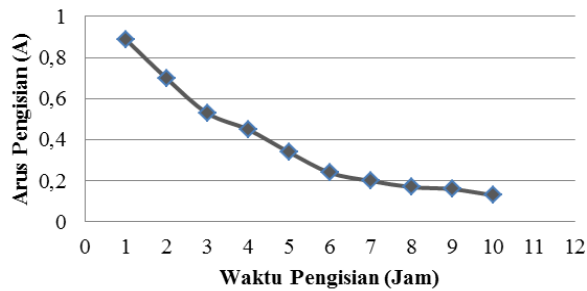
No.	Waktu Pengisian	Tegangan Akumulator (V)	Arus (I)
2	12.00	12,51	0,89
3	13.00	12,83	0,70
4	14.00	13,02	0,53
5	15.00	13,20	0,45
6	16.00	13,42	0,34
7	17.00	13,59	0,24
8	18.00	13,62	0,20
9	19.00	13,75	0,17
10	20.00	13,77	0,16
11	20.30	13,80	0,13

Dari Tabel 5. didapatkan hasil bahwa tegangan selama pengisian berbanding terbalik dengan arus. Semakin besar tegangan akumulator maka arus pengisian akan semakin mengecil. Data data tersebut menunjukkan bahwa tegangan yang di hasilkan cukup untuk mengisi aki. Gambar 10 menunjukkan grafik tegangan akumulator selama proses pengujian.



**Gambar 10. Grafik tegangan akumulator selama pengisian aki**

Dari Gambar 10 menunjukkan tegangan akan naik dari 12,51 V hingga mencapai tegangan 13,8 V selama proses pengisian aki. Hal ini sudah sesuai dengan perancangan dimana aki akan penuh ketika mencapai tegangan 13,8 V – 14,7 V.



Gambar 11. Grafik arus pengisian akumulator

Pada gambar 11 menunjukkan grafik arus pengisian aki dimana selama proses pengisian, arus akan turun secara perlahan sampai aki mencapai tegangan 13,8V. Pengisian akumulator berlangsung selama 8,5 jam.

#### 4. Kesimpulan

*Buck Converter* telah berhasil dibuat dan dapat menghasilkan tegangan untuk pengisian akumulator sebesar 14,4 Volt. Nilai efisiensi *Buck Converter* cukup tinggi dengan rata-rata efisiensinya mencapai 84%. Berdasarkan topologi yang digunakan saat pengisian, maka pengisian arus pada awalnya besar (0,89 Ampere) dan terus menurun, sementara tegangan terminal akumulator meningkat dan proses memakan waktu hingga konstan di 0,13 Ampere selama 8 sampai 10 jam. Pemutus tegangan otomatis akan aktif ketika tegangan akumulator telah mencapai nilai 13,8 Volt dan indikator berupa LED akan menyala. Akumulator terisi penuh ketika tegangan akumulator mencapai 13,8 Volt selama 8 sampai 10 jam, apabila pengisian dihentikan maka tegangan 13,8 Volt akan turun perlahan-lahan hingga mencapai 12,7 Volt selama 12 jam. Pada saat pengosongan akumulator, pengosongan dihentikan ketika tegangan akumulator telah mencapai 10,5 Volt, kemudian tegangan tersebut akan naik perlahan-lahan hingga mencapai 11,9 Volt selama 4 jam.

#### Referensi

##### Journal:

- [1]. Ika Wulandari, Triyas, *Rancang Bangun Sistem Penggerak Pintu Air Dengan Memanfaatkan Energi Alternatif Matahari*, Institut Teknologi Sepuluh November, 2010.
- [2]. Puspitonigrum, Jatmiko, *Komparasi Kekuatan Penyimpanan Energi Listrik Pada Akumulator Kering Dan Basah Pada Tegangan 12 Volt*, Universitas Negeri Semarang, 2006.
- [3]. Andri, Helly, *Rancang Bangun System Battery Charging Automatic*, Universitas Indonesia, 2010.
- [4]. P Adityawan, Aurino, *Sistem Pengisian Batteray Lead Acid Secara Adaptive*, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, 2010.
- [5]. Antonisfia, Yul, & Madona, Era, *Pengisian Aki Dengan Buck Converter*, Politeknik Negeri Padang, 2013.
- [6]. Nuary Nugroho, Difi, *Analisis Pengisian Akumulator Pada Rancang Bangun Turbin Angin Poros Vertikal Tipe Savonius Untuk Pencatuan Beban Listrik*, Universitas Indonesia, 2011.
- [7]. Yogopranoto, Demas, *Daur Ulang Timbal (Pb) Dari Aki Bekas Dengan Menggunakan Metoda Redoks*, Universitas Diponegoro, 2011.
- [8]. Mahartoto Pratama, Gigih, *Analisis Perbandingan Hasil Operasi CCM Dan DCM Pada DC Chopper Tipe Cuk*, Universitas Diponegoro, 2014.

##### Texbooks:

- [9]. Buchmann, Isidor, *Batteries in a Portable World: a Handbook on rechargeable batteries for non-engineers*, Cadex Electronics Inc, 2011.
- [10]. Rashid, *Power Electronics Circuit, Device, and Application 2<sup>nd</sup>*, Prentice-Hall International Inc, 1988.

##### Reports

- [11]. Byrne, J.Allen, *The Proper Charging of Stationary Lead-Acid Batteries*, Interstate Power Case.
- [12]. Permana, Iman, *Pengenalan Teknologi Tenaga Surya*, Bandung, 2008.