

Desain dan Analisis *Ripple* Tegangan dan Arus Luaran Peralatan Baterai *Lead Acid*

Roudlotul Jannah, Ari Murtono, Siswoko

Abstrak — Proses pengisian baterai khususnya *lead acid* pasti akan timbul *ripple* tegangan dan arus pada keluaran outputnya. Dalam penelitian ini, *ripple* dianalisa untuk melihat seberapa besar pengaruhnya terhadap proses pengisian *accu*. Untuk menghasilkan *ripple* tegangan dan arus yang diinginkan, pemakaian filter LC dalam topologi buck-boost converter harus diatur dan dianalisa. Penelitian *ripple* ini tergantung dari pemakaian filter LC yang otomatis akan menimbulkan rugi-rugi. Analisis penelitian *ripple* ini diperlihatkan melalui hasil percobaan.

Kata Kunci: *Ripple, Filter, Buck-boost converter, PWM*

I. PENDAHULUAN

Baterai merupakan sebuah komponen penyimpanan energi listrik yang bersifat *portable*. Kegunaan baterai dapat kita temui pada peralatan yang membutuhkan daya yang relatif kecil, salah satu contohnya alat transportasi seperti motor / mobil yang menggunakan baterai *accu*. Akan tetapi penggunaan baterai *accu* ini juga dapat mengurangi muatannya seiring dengan waktu penggunaan, sehingga baterai harus diisi. Pengisian baterai banyak dipengaruhi oleh beberapa faktor yang mendukung cepat atau tidaknya proses pengisian, salah satunya adalah *ripple*.

Ripple ini timbul akibat dari rugi-rugi daya yang ditimbulkan oleh banyaknya beban dari komponen elektronik. Sehingga mengakibatkan berkurangnya efisiensi sistem dan output daya yang dihasilkan menjadi rendah.

Dalam penelitian ini, timbulnya *ripple* sangat penting karena melihat dari seberapa besar pengaruhnya terhadap pengisian baterai *accu*. Kemunculan *ripple* itu sendiri diatur dari filter LC pada rangkaian elektronika daya *buck-boost converter*.

Dengan menganalisa filter LC pada rangkaian elektronika *buck-boost converter*, dapat diketahui *ripple* yang timbul dengan ketentuan frekuensi tetap. Sehingga dengan munculnya *ripple* ini, dapat dibuat filter LC sesuai dengan yang diinginkan.

Pada penelitian ini dilakukan proses pengisian ulang muatan (*charging*) untuk melihat pengaruh *ripple* dan mengetahui bagaimana efektifitas *charger* berdasarkan kecepatan pengisiannya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Accu/ Aki

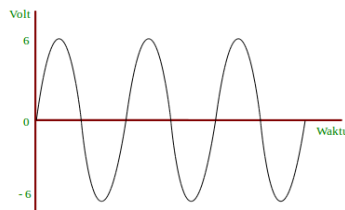
Accu (Accumulator) atau yang biasa disebut sebagai aki ini merupakan sebuah komponen yang biasa kita temukan di dalam kendaraan bermotor, seperti mobil atau motor yang pastinya memerlukan aki untuk bisa menghidupkan mesinnya. Di dalam aki terjadi proses perubahan energi kimia menjadi energi listrik. Saat ini banyak ditemui beragam jumlah dan jenis aki. Untuk aki mobil biasanya mempunyai tegangan sebesar 12 volt, sedangkan motor sendiri ada yang bertegangan 6 volt, 9 volt dan 12 volt. Aki juga dapat dimuati ulang (*recharge*) apabila muatan di dalamnya berkurang atau habis. Di dalam baterai terdapat dua jenis elemen yaitu elemen primer dan elemen sekunder. Elemen primer terdiri dari elemen basah dan elemen kering. Reaksi kimia yang terjadi dalam elemen primer ini menyebabkan elektron mengalir dari elektroda negatif (*katoda*) ke elektroda positif (*anoda*). Maka apabila muatan di dalamnya telah habis, maka elemen primer tidak bisa dimuati kembali. Sehingga untuk segi ekonomisnya elemen primer ini cukup boros. Contohnya batu baterai (*dry cells*). Untuk elemen sekunder sendiri sebelum digunakan harus melalui proses pengisian muatan terlebih dahulu, yakni dengan mengalirkan arus listrik atau biasa disebut proses penyetruman. Proses penyetruman ini dapat dilakukan berulang kali. Yang termasuk dalam elemen sekunder adalah aki / *accu*. Di dalam aki terjadi proses elektrokimia yang reversible (bolak-balik) dengan efisiensi tinggi. Proses elektrokimia reversible merupakan proses berlangsungnya perubahan energi kimia menjadi energi listrik (*discharging*). Sedangkan pada saat dilakukan proses pengisian muatan, terjadi perubahan energi listrik menjadi energi kimia (*charging*).



Gambar 1 Accu / Aki

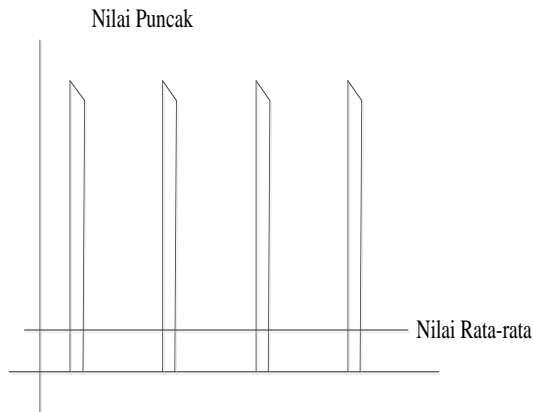
1.2 Ripple

Ripple merupakan gelombang yang mempunyai puncak dan lembah atau biasa disebut dengan riak. Ripple idealnya terbagi dalam ripple tinggi, ripple rendah dan ripple nol (lurus/tanpa ripple). Berikut ini contoh dari beberapa jenis ripple.



Gambar 2 Ripple Rendah AC

Ripple di atas merupakan ripple dari AC murni berbentuk sinus dan termasuk dalam kategori ripple rendah.



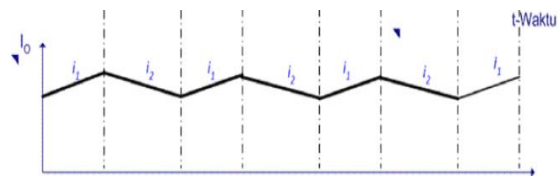
Gambar 3 Ripple Tinggi DC

Gambar ripple di atas termasuk ke dalam kategori ripple tinggi. Dikategorikan ripple tinggi karena apabila nilai rata-rata DC rendah tetapi puncaknya sangat tinggi.



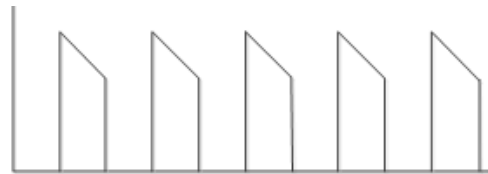
Gambar 4 Ripple Tinggi DC

Lalu untuk ripple pada gambar 4 termasuk ke dalam kategori ripple nol (tanpa ripple). Keluaran ripple yang seperti ini berasal dari aki (accu), baterai maupun sel photovoltaic.



Gambar 5 Ripple DC Murni Kontinyu

Untuk gambar di atas merupakan gelombang yang mempunyai ripple DC murni. Ripple DC murni terdiri dari ripple DC murni kontinyu dan ripple DC murni diskontinyu. Contoh di atas merupakan ripple DC murni kontinyu yang mana tidak pernah mencapai nol. Sedangkan ripple DC murni diskontinyu mampu mencapai nol seperti yang diperlihatkan pada gambar berikut.



Gambar 6 Ripple DC Murni Diskontinyu

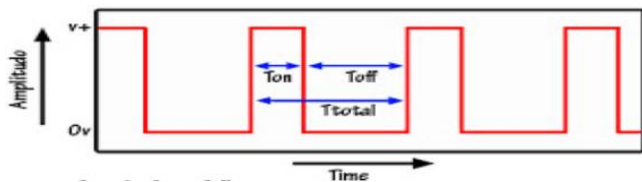
Kemudian khusus untuk ripple DC murni dari penyearah setengah gelombang juga dapat digunakan sebagai rangkaian dalam penelitian ini, namun ripple ini hanya mampu untuk frekuensi rendah. Oleh sebab itu dalam penelitian ini tidak dapat menggunakan penyearah. Sedangkan rangkaian yang cocok digunakan untuk frekuensi rendah maupun frekuensi tinggi adalah rangkaian buck-boost converter. Terlepas dari itu, pengertian ripple tinggi dan ripple rendah itu sendiri merupakan perbedaan selisih nilai antara tegangan masukan sumber yang masuk ke converter dengan tegangan keluaran yang disesuaikan untuk proses charging aki.

1.3 Duty Cycle & Frekuensi

Duty Cycle adalah perbandingan antara waktu ketika sinyal mencapai kondisi ON dan ketika mencapai kondisi OFF dala satu periode sinyal. Duty Cycle adalah proporsi waktu dimana komponen, perangkat, atau sistem dioperasikan. Siklus tugas dapat dinyatakan sebagai rasio atau persentase.

Sedangkan frekuensi merupakan jumlah gelombang yang terbentuk dalam satu detik. Jadi bisa disimpulkan bahwa frekuensi gelombang merupakan jumlah gelombang dibagi waktu yang dibutuhkan.

Sinyal PWM pada umumnya mempunyai amplitudo dan frekuensi dasar tetap, namun memiliki lebar pulsa yang bervariasi. Lebar pulsa PWM ini berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. Maksudnya adalah sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang yang tetap namun duty cycle bervariasi (antara 0% hingga 100%).



Gambar 7 PWM (Pulse Width Modulation)

$$T_{total} = T_{on} + T_{off} \quad (1)$$

$$D = \frac{T_{on}}{T_{total}}$$

$$V_{out} = D \times V_{in}$$

$$V_{out} = \frac{T_{on}}{T_{total}} \times V_{in}$$

Keterangan :

Ton = waktu pulsa "High"

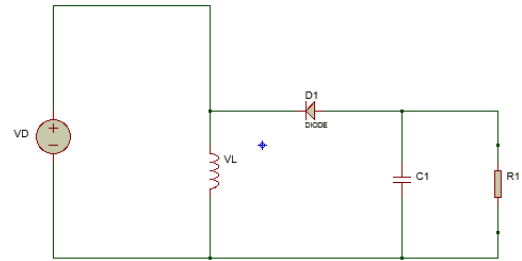
Toff = waktu pulsa "Low"

D = Duty cycle adalah lamanya pulsa high dalam satu periode.

Sebetulnya Ton dan Toff tidak mutlak harus kondisi High atau kondisi Low. Jadi Ton bisa sembarang posisi pada pulsa High atau pada pulsa Low. Dikatakan waktu Ton jika saat itu switch yang dikendalikan posisi tertutup. Jadi sinyal PWM, high atau low bisa membuat switch ON. Saat itulah posisi sinyal dikatakan Ton.

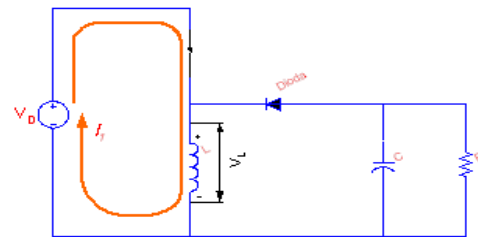
1.4 Buck-Boost Converter

Konverter buck-boost merupakan alat yang dapat mengubah tegangan DC ke DC menjadi lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan inputannya. Sehingga pengguna dapat memilih sendiri tegangan yang akan diaplikasikan ke beban yaitu lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan output. Buck-boost converter adalah sebuah rangkaian DC-DC converter yang memiliki kelebihan yaitu tegangan keluaran yang dapat diatur lebih besar atau lebih kecil dari sumber.



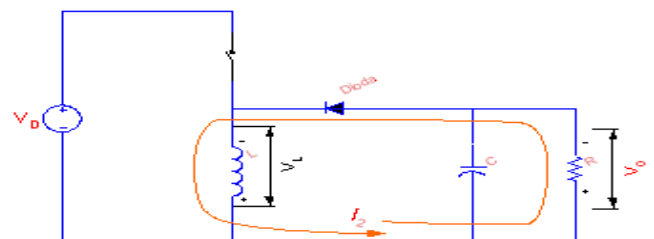
Gambar 8 Rangkaian Konverter DC-DC Buck-Boost

Gambar 8 menunjukkan rangkaian konverter DC-DC Buck-Boost. Pada rangkaian tersebut sinyal V_{DRIVE} diumpangkan ke gate/basis dari switch daya (mosfet). Jika gambar (berapa) dianalisa, maka diperlukan 2 (dua) gambar rangkaian, yaitu gambar (berapa) dan gambar (berapa). Kedua gambar itu masing-masing menunjukkan loop arus ketika komponen semikonduktor saklar IRF540 menutup dan loop arus ketika komponen semikonduktor saklar IRF540 membuka.



Gambar 9 Loop Arus ketika Saklar Menutup

Gambar rangkaian di atas dapat dinyatakan dengan rumus $-V_D + V_L = 0$. Dimana V_D merupakan tegangan sumber DC, dan V_L adalah besar tegangan yang mengalir pada induktor. Sehingga arus yang mengalir ketika saklar menutup adalah arus I_1 (arus yang mengalir pada loop ke-1). Selanjutnya untuk analisis gambar (berapa) adalah sebagai berikut.



Gambar 10 Loop Arus ketika Saklar Membuka

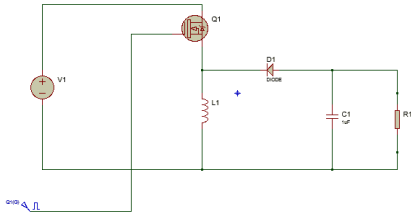
Gambar rangkaian di atas dapat dinyatakan dengan rumus $+V_O - V_L = 0$. Dimana V_O merupakan tegangan output yang menuju beban, dan V_L adalah besar tegangan yang mengalir pada induktor. Sehingga muncul arus yang mengalir pada loop ke-2 dinyatakan dengan arus I_2 .

III. METODOLOGI

3.1 Prinsip Kerja Alat

Prinsip kerja dari sistem pengisian baterai accu/aki ini adalah dengan melakukan proses *charging* arus pada baterai *accu / aki*. Pada saat proses pengisian ini dimonitoring oleh rangkaian *Buck-boost converter*. *Buck-boost converter* ini berfungsi untuk mengatur tegangan masukan pada aki sebesar 15 Volt. Sehingga apabila kurang dari 15V maka mode boost akan aktif, dan apabila lebih dari 15V maka mode *buck* yang aktif.

3.2 Rangkaian *Buck-Boost Converter*



Gambar 11 Rangkaian *Buck-Boost Converter*

Untuk mengatur tegangan keluaran 15 Volt, maka diperlukan rangkaian *buck-boost converter* untuk menaikkan dan menurunkan tegangan agar sesuai dengan tegangan yang diinginkan.

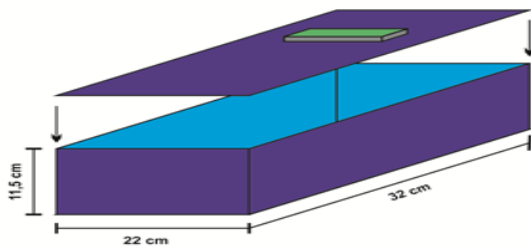
3.3 Rangkaian Modul Regulator *Step Down*



Gambar 12 Bentuk Fisik Modul *Regulator Step Down*

Mikrokontroler menggunakan *supply* tegangan 5V. Sedangkan *supply* tegangan yang digunakan pada alat ini menggunakan sumber tegangan 12V, sehingga perlu digunakan *step down* LM2596-ADJ agar dapat menyuplai mikrokontroler.

3.4 Perancangan dan Pembuatan Mekanik



Gambar 13 Rancangan Alat



Gambar14 Realisasi Elektronik

Alat ini di dalamnya terdiri dari rangkaian *buck-boost converter*, sensor arus, rangkaian *step down*, dan ATmega8.

IV. HASIL DAN ANALISA

4.1 Pengujian PWM

PWM (*Pulse Width Modulation*) pada mikrokontroler berfungsi untuk mengatur waktu ON dan OFF dari mosfet pada rangkaian *buck-boostconverter*. Pada skripsi ini, PWM juga secara manual dapat mengubah lebar pulsa pada kondisi ON dan OFF dari mosfet. Tujuan pengujian PWM ini untuk mengetahui bahwa PWM yang dihasilkan pada mikrokontroler sesuai dengan perancangan.

Tabel 1 Hasil Pengujian Hasil Pengujian PWM

Frekuensi = 500 Hz Duty Cycle = 20%	
Frekuensi = 1 KHz Duty Cycle = 20%	
Frekuensi = 5 KHz Duty Cycle = 20%	

4.2 Pengujian Sensor Arus

Pengujian sensor arus ini dilakukan dengan mengkalibrasinya menggunakan voltmeter dengansumber

listrik *power supply* digital. Merangkai sensor arus pada *power supply* digital seri dengan beban (resistor). Kemudian data output dari sensor masuk ke rangkaian mikrokontroler ATmega8 dan data ditampilkan pada LCD 16x2.

Tabel 2 Tabel Hasil Pengujian Sensor Arus

Vin	I (Amperemeter)	Arus Pada Sensor	Error (%)
4	0.62	0.60	3.3%
5	0.79	0.76	3.9%
6	0.91	0.89	2.2%
7	1.18	1.16	1.7%
Total Rata-rata Error = 2.7%			

4.3 Pengujian Sensor Tegangan

Pengujian sensor arus ini dilakukan dengan mengkalibrasinya menggunakan voltmeter dengan sumber listrik *power supply* digital.

Tabel 3 Hasil Pengujian Sensor Tegangan

Proses Pengujian Sensor			
Masukan sensor	Keluaran sensor	Hasil Pembacaan di Multimeter	Error
0V	0V	0V	0%
1V	0.23V	0.18V	0.21%
2V	0.46V	0.42V	0.08%
3V	0.69V	0.64V	0.07%
4V	0.92V	0.88V	0.04%
5V	1.15V	1.03V	0.10%
6V	1.38V	1.34	0.02%
7V	1.61V	1.55V	0.03%
8V	1.84V	1.81V	0.01%
9V	2.07V	2.02V	0.02%
10V	2.30V	2.26V	0.01%
11V	2.53V	2.49V	0.01%
12V	2.76V	2.74V	0.007%
13V	2.99V	2.93V	0.02%
14V	3.22V	3.17V	0.01%
15V	3.45V	3.41V	0.01%
16V	3.68V	3.64V	0.01%
17V	3.91V	3.87V	0.01%
18V	4.14V	4.10V	0.009%
19V	4.37V	4.33V	0.009%

20V	4.60V	4.56V	0.008%
Total Error = 0,32%			

Pada Tabel 3 dilakukan pengujian sensor tegangan dengan range 0-20V. *Error* total pada pengujian sensor tegangan rata-rata sebesar 0.32%. Terjadinya error tersebut disebabkan oleh beberapa hal. Seperti terdapat nilai toleransi pada resistor pembagi tegangan, tidak akuratnya voltmeter sebagai alat ukur pembanding sehingga perhitungan rumus menjadi tidak akurat. Namun *error* masih terbilang kecil sehingga sensor ini masih dapat digunakan sebagai sensor tegangan.

4.4 Pengujian *Converter* Untuk Pengisian Baterai

Pengujian *buck-boost converter* ini dilakukan untuk mengetahui apakah sudah bisa melakukan proses pengisian pada baterai. Pada saat proses pengisiannya menggunakan beban aki 5V/5AH.

Tabel 4 Hasil Pengujian *Converter* Untuk Pengisian Baterai

Pkl. 09.00				
Vin (Tegangan Sumber)	Vout	Tegangan Awal Baterai	Tegangan Akhir Baterai	Lama Pengisian
25 V	15 V	10 V	12 V	60 Menit
Pkl. 10.50				
5 V	15 V	10 V	11.8 V	60 Menit
Pkl. 12.00				
10 V	15 V	10 V	11.9 V	60 Menit
Pkl. 14.50				
20 V	15 V	10 V	12.4 V	60 Menit

Dari hasil pengujian pada Tabel 4 di atas, *converter* dapat melakukan proses pengisian baterai dengan mode *buck* yaitu pada Vin (Tegangan sumber) 20 volt dan 25 volt, sedangkan mode *boost* yaitu pada Vin (Tegangan sumber) 5 volt dan 10 volt. Pada saat tegangan sumber 20 volt dan 25 volt, hasil tegangan akhir baterai lebih tinggi daripada saat tegangan sumber 5 volt dan 10 volt. Hal ini dikarenakan semakin besar nilai tegangan sumber, maka arus yang dihasilkan juga semakin besar. Sehingga untuk mempercepat proses pengisian aki sebenarnya sudah bisa dilakukan dengan memperbesar nilai tegangan sumber.

4.5 Pengujian *Converter* Untuk Pengisian Baterai

Berdasarkan pengujian yang dilakukan dengan acuan tegangan keluaran aki 15 volt, didapatkan hasil data berikut.

Tabel 5 Hasil Pengisian Baterai Dengan *Ripple* Tinggi

Tegangan Input	Tegangan Pengisian	Arus Pengisian Aki	Frekuensi	Duty Cycle	Ripple
9 V	15 V	1,6 A	31 KHz	67%	Rendah
12 V	15 V	1,35 A	31 KHz	70%	Rendah
16 V	15 V	1,32 A	31 KHz	77%	Rendah
19 V	15 V	1,24 A	31 KHz	81%	Rendah

Tabel 5 menunjukkan hasil pengujian pada pengisian baterai dengan *ripple* tinggi. Keterangan dari *ripple* tinggi itu sendiri didapatkan dari selisih antara tegangan input dan tegangan output yang diinginkan yakni 15 volt. Semakin besar selisih yang didapat, maka semakin tinggi *ripplenya*.

4.6 Pengujian *Converter* Untuk Pengisian Baterai

Berdasarkan pengujian yang dilakukan dengan acuan tegangan keluaran aki 15 volt, didapatkan hasil data berikut.

Tabel 6 Hasil Pengisian Baterai Dengan *Ripple* Rendah

Tegangan Input	Tegangan Pengisian	Arus Pengisian Aki	Frekuensi	Duty Cycle	Ripple
6 V	15 V	0,8 A	31 KHz	60 %	Tinggi
22 V	15 V	1,13 A	31 KHz	84 %	Tinggi
24 V	15 V	1,10 A	31 KHz	86 %	Tinggi

Tabel 6 di atas menunjukkan hasil pengujian pada pengisian baterai dengan *ripple* rendah. Keterangan dari *ripple* rendah itu sendiri didapatkan dari selisih antara tegangan input dan tegangan output yang diinginkan yakni 15 volt. Semakin kecil selisih yang didapat, maka semakin rendah *ripplenya*.

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

1. Untuk tegangan input dari *power supply* sebesar 6-14 volt, maka *converter* yang akan aktif adalah mode *boost* yang akan menaikkan tegangan sebesar 15 volt. Dan untuk tegangan input dari *power supply* berkisar 16-25 volt, maka *converter* yang aktif adalah mode *buck* yang akan menurunkan tegangan sebesar 15 volt.
2. Pengaturan *setpoint* tegangan output sebesar 15 volt dengan perubahan rentang tegangan input *power supply* antara 6-25 volt dapat dilakukan dengan mengatur frekuensi dan duty cycle pada PWM.
3. Untuk *ripple* tinggi itu sendiri didapatkan dari selisih antara tegangan input dan tegangan output yang diinginkan yakni 15 volt. Semakin besar selisih yang

didapat, maka semakin tinggi *ripplenya*. Begitu pula sebaliknya, untuk *ripple* rendah itu sendiri didapatkan dari selisih antara tegangan input dan tegangan output yang diinginkan yakni 15 volt. Semakin kecil selisih yang didapat, maka semakin rendah *ripplenya*.

5.2 Saran

Rancangan penelitian yang telah dibuat ini perlu adanya perbaikan agar dapat bekerja secara efektif dan efisien. Oleh sebab itu, ada beberapa saran untuk melakukan perbaikan dan pengembangan lebih lanjut diantaranya :

1. Dari segi mekanik sebaiknya perlu dipertimbangkan lagi dari segi ekonomis dengan lebih memperkecil box tempat elektrik dan elektroniknya. Lalu penambahan pengunci box agar tidak mudah terlepas.
2. Untuk pemilihan kapasitor sebagai komponen elektronik perlu diperhatikan sesuai kebutuhan karena kapasitor bersifat sebagai filter guna memperkecil nilai *ripple*.
3. Diharapkan untuk kedepannya penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut karena masih terdapat kekurangan seperti box mekanik yang masih kurang proporsional, pemasangan sensor suhu yang kurang baik, mosfet yang seringkali panas dan kurangnya kelengkapan hasil data pengujian beserta grafik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Antonisfia, Yul dkk. (2013). *Pengisian Aki dengan Buck Converter*, Jurnal Elektron Vol 5, Politeknik Negeri Padang.
- [2] Prihadana, A. Erfan dkk. (2013). *Rancang Bangun Battery Charger ON/OFF Regulator Sebagai Sumber Listrik Pompa Air*. Jurnal Elektro PENS, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- [3] Firmansyah, Fadil dkk. (2014). *Sistem Baterai Charger dengan Memanfaatkan Sumber Energi Angin untuk Pengisian Aki*. Jurnal Prosiding Seminar Nasional Sains dan Pendidikan Sains IX. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- [4] Yustisia, Lexi. (2011). *Rancang Bangun UPS untuk Beban (900VA) Berbasis Mikrokontroler*. Jurnal Proyek Akhir. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.
- [5] Citraningsih, Ratih dkk. (2015). *Optimasi Tegangan Pengisian Baterai 6V/4AH Pada Lampu Penerangan Jalan Energi Surya*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang : Politeknik Negeri Malang.
- [6] Murtono, Ari. (2010). *Materi Elektronika Daya*. Malang : Politeknik Negeri Malang.