

DESAIN BUCK CONVERTER UNTUK CHARGING BATERE PADA BEBAN BERVARIASI *Buck Converter Design For Battery Charging On Various Loads*

I Nyoman Wahyu Satiawan 1¹, Supriono 2¹, Ida Bagus Fery Citarsa 3¹

¹Jurusan Teknik Elektro fakultas Teknik Universitas Mataram, Nusa Tenggara Barat, Indonesia
Email: nwahyus@unram.ac.id¹; suprionomuda@yahoo.com²; gusmanperi@yahoo.com³;

ABSTRAK

Pada penelitian ini sebuah buck converter dirancang untuk mampu menyesuaikan tegangan keluaran terhadap kebutuhan beban secara adaptif. Hal ini karena tegangan DC yang dibutuhkan oleh beban sangat bervariasi. Buck converter yang dirancang diharap mampu untuk menghasilkan tegangan keluaran DC dengan rentang 3-20 Volt sehingga dapat melayani kebutuhan beban DC berdasarkan arus bebannya. Pengujian yang dilakukan pada buck converter yang telah dirancang bertujuan untuk mengetahui apakah buck converter tersebut dapat bekerja dengan baik sesuai dengan kebutuhan charging baterai pada beban bervariasi. Pengujian buck converter meliputi pengujian charging baterai pada beberapa jenis beban, yaitu pengujian menggunakan beban baterai murni 3.7 Volt DC, powerbank, handphone, dan laptop. Berdasarkan hasil pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa buck converter mampu untuk melayani kebutuhan charging baterai untuk beban yang bervariasi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa buck converter mampu melayani charging baterai untuk beban baterai murni 4400 mAh dalam waktu 7 Jam 58 Menit, beban powerbank 7800 mAh dalam waktu 7 Jam 48 Menit, beban handphone 3100 mAh dalam waktu 3 Jam 41 Menit, dan beban laptop 4400 mAh dalam waktu 3 Jam 57 Menit. Nampak bahwa buck converter yang dirancang ini mampu melayani charging baterai pada beban yang bervariasi. Perbedaan lama waktu charging baterai dipengaruhi oleh besarnya nilai mAh dari setiap beban.

Kata Kunci: *buck converter; Charging baterai; beban bervariasi*

ABSTRACT

A buck converter is designed to be able to adjust the output voltage to the load needs adaptively. This is because the DC voltage required by the load varies greatly. Buck converter designed is expected to produce DC output voltage with a range of 3-20 Volts, so it can serve the needs of DC load based on the load current. The tests performed on the designed buck converter aims to find out if the buck converter can work well in accordance with the needs of charging batteries on varied loads. Buck converter testing includes battery charging testing on several types of loads, namely testing using pure battery load 3.7 Volt DC, power bank, mobile phone, and Laptop. Based on the results of testing and analysis that has been done in this study, it is concluded that the buck converter is able to serve the needs of charging batteries for various loads. The test results show that buck converter is capable of serving battery charging of pure battery 4400 mAh for 7 Hours 58 minutes, 7800 mAh power bank for 7 Hours 48 minutes, 3100 mAh mobile phone for 3 Hours 41 minutes, and for 4400 mAh laptop load within 3 Hours 57 minutes. It appears that the designed buck converter is capable of serving the charging of batteries at varying loads with the difference in battery charging time affected by the amount of mAh value of each load.

Keywords: *buck converter; Charging battery; various loads*

PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan dan kemajuan teknologi, peningkatan terhadap kebutuhan konverter daya dengan kinerja dinamik yang tinggi dalam banyak aplikasi sangat dibutuhkan. Terutama di industri dan penggunaan barang-barang elektronik.

Secara umum, sumber tegangan yang beroperasi di masyarakat adalah AC, sedangkan untuk masa yang akan datang pengembangan EBT (Energi Baru Terbarukan) akan memproduksi tegangan DC. Untuk itu dibutuhkan konverter daya yang

memiliki kualitas tegangan output DC dengan efisiensi yang tinggi.

Buck converter merupakan salah satu konverter yang menghasilkan tegangan atau arus DC yang dapat diatur sesuai dengan keinginan. Sumber tegangan dan arus buck converter berasal dari power supply atau baterai. Buck converter merupakan rangkaian elektronika daya yang berfungsi menurunkan tegangan DC sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Pemilihan buck converter didasarkan pada efisiensi yang tinggi dalam perubahan daya input ke daya output. Diantara beberapa kriteria kinerja dinamik penting untuk dipertimbangkan adalah riak (ripple), tegangan output, dan waktu recovery. Keuntungan pada konfigurasi buck converter antara lain adalah efisiensi yang tinggi, rangkaian yang sederhana, tidak memerlukan transformator. Riak (ripple) pada tegangan keluaran yang rendah sehingga penyangkapan atau filter yang dibutuhkan pun relatif kecil.

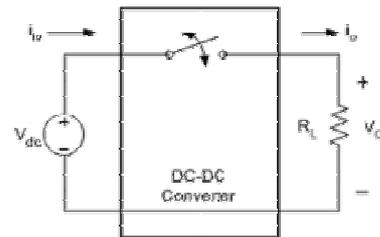
Santoso, dkk (2015) membuat manajemen pengisian baterai agar dapat terkontrol serta baterai dapat berusia panjang. Rangkaian sistem pengisi baterai pada penelitian ini terdiri dari mikrokontroler ATmega328, buck converter, sensor arus dan tegangan. Sutedjo, dkk (2010) membuat pengubah daya DC ke DC (DC-DC Converter) tipe peralihan atau dikenal juga dengan sebutan DC Chopper. Alat ini dimanfaatkan terutama untuk penyediaan tegangan keluaran DC yang bervariasi besarnya sesuai dengan permintaan pada beban.

Padillah, dkk (2014) membuat konverter tegangan DC tipe switching topologi boost yang dapat menaikkan tegangan keluarannya, konverter ini merupakan non-isolated DC-DC converter. Tegangan keluaran konverter dikendalikan dengan mengatur besarnya duty cycle sinyal Pulse Width Modulation (PWM) yang dihasilkan mikrokontroler menggunakan mode Phase Correct Pulse PWM.

Husnaini, dkk (2014), membuat kompensator proporsional dan integral (PI-Lead) yang mampu menghilangkan kesalahan pada saat keadaan tunak, gabungan dari proporsional dan integral (PI). Keduanya dapat saling menutupi kekurangan dan mampu untuk mengontrol tegangan keluaran dari buck converter agar tetap stabil meskipun terjadi perubahan beban. Pada penelitian ini dirancang sebuah buck converter yang mampu menyesuaikan tegangan keluaran

terhadap kebutuhan beban secara adaptif karena tegangan DC yang dibutuhkan oleh beban sangat bervariasi. Buck converter yang dirancang mampu menghasilkan tegangan keluaran DC dengan rentang 3-20 Volt untuk melayani kebutuhan beban DC berdasarkan arus beban pada perangkat elektronik yang membutuhkan catu tegangan DC.

Buck converter. buck converter merupakan salah satu peralatan konverter dengan merubah tegangan DC menjadi tegangan DC yang bernilai lain.

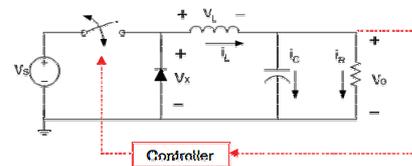


Gambar 1. Buck converter(Taufik,2008)

Dari gambar di atas diketahui :

- Ketika saklar ON: Tegangan output sama dengan tegangan input dan tegangan saklar adalah 0V.
- Ketika saklar OFF: Tegangan output adalah nol dan tidak ada arus melalui switch.
- Idealnya, Rugi-rugi daya adalah nol karena daya output = daya input.
- Kisaran Duty Cycle : $0 < D < 1$

Prinsip kerja buck converter adalah dengan menggunakan switch yang bekerja secara terus-menerus (ON-OFF). Adapun dikenal dengan istilah Pulse Width Modulation (PWM) dan duty cycle dalam mengendalikan kecepatan (frekuensi) kerja switch tersebut.



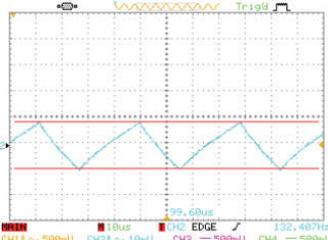
Gambar 2. Topologi rangkaian buck converter (Taufik, 2008).

Gambar 2 memperlihatkan tentang switch pada buck converter. Switch tersebut akan bekerja secara terus-menerus. Kecepatan Switch (dalam realisasinya) akan tergantung pada seberapa besar duty cycle dan frekuensi yang digunakan. Frekuensi dibangkitkan dari mikrokontroler dengan menggunakan mode Fast PWM. Besar kecilnya nilai duty cycle akan dikontrol dengan cara menyesuaikan pembacaan sensor

tegangan dan sensor arus pada keluaran buck converter. (Taufik, 2008).

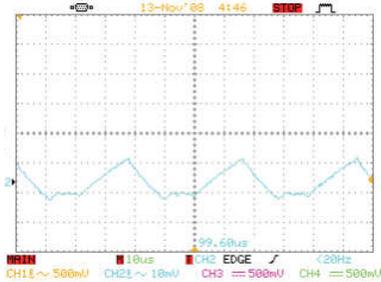
Pada buck converter ada 2 jenis konduksi yaitu :

- a. Continuous Conduction Mode (CCM) dimana arus induktor akan selalu positif sepanjang periode pen saklaran (switching).



Gambar 3. Mode Continuous Conduction Mode (CCM) (Taufik, 2008).

- b. Discontinuous Conduction Mode (DCM) dimana arus induktor akan bernilai nol (pengosongan) untuk beberapa saat, saat periode pen saklaran (switching).



Gambar 4. Mode Discontinuous Conduction Mode (DCM) (Taufik, 2008).

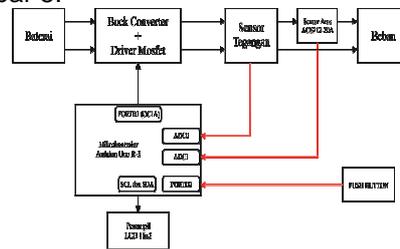
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penambahan lebar Pulse Width Modulation (PWM) untuk mengatur besar tegangan dan arus keluaran dari buck converter. Hal ini dilakukan dengan cara ketika sensor arus mendeteksi mulai ada arus yang melewati sensor arus, maka sinyal Pulse Width Modulation (PWM) akan menghentikan proses peningkatan nilai OCR1A (Duty Cycle) dari frekuensi Pulse Width Modulation (PWM).

Perencanaan perancangan penelitian ini meliputi perencanaan sumber dan beban serta komponen perangkat keras yang akan digunakan dalam merancang buck converter, seperti : perancangan buck converter dengan menentukan parameter sistem (tegangan input, tegangan input minimal dan maksimal, frekuensi Pulse Width Modulation (PWM), arus maksimal, nilai induktor, nilai kapasitor, nilai diode, ripple arus output(ΔI_o), ripple tegangan

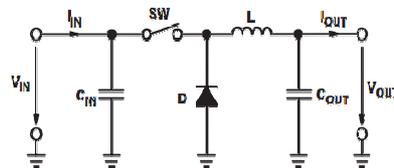
output (ΔV_o)). Selain itu juga perancangan main board modul Printed Circuit Board (PCB), perancangan sensor tegangan dengan menggunakan prinsip dasar pembagi tegangan, serta men-simulasikan menggunakan PSIM professional Version 9.0.3.400. Perancangan sistem buck converter menggunakan software Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++ dengan algoritma penambahan lebar Pulse Width Modulation (PWM)/increment.

Secara umum, diagram blok perencanaan perancangan penelitian perancangan buck converter ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 5. Blok diagram perencanaan perancangan buck converter.

Gambar 6. menunjukkan konfigurasi dasar dari sebuah buck converter dengan parameter sistem tegangan input (V_{IN}), arus input (I_{IN}), kapasitor input (C_{IN}), switch (SW), Dioda (D), induktor (L), kapasitor output (C_{OUT}), arus output (I_{OUT}), dan tegangan output (V_{OUT}). Hal ini setelah menentukan parameter sistem yang akan digunakan, saklar terintegrasi dalam rangkaian buck converter. Beberapa konverter memiliki dioda yang diganti dengan saklar kedua yang diintegrasikan ke dalam konverter (konverter sinkron). (Texas, 2015).



Gambar 6. Rangkaian buck converter

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem bertujuan untuk mengetahui apakah sistem dapat bekerja dengan baik sesuai dengan perancangan atau tidak.

Pengujian sistem meliputi beberapa bagian, yaitu :

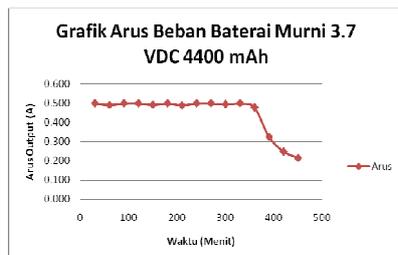
1. Pengujian menggunakan beban baterai murni 3.7 Volt DC
2. Pengujian menggunakan beban power bank
3. Pengujian menggunakan beban Handphone
4. Pengujian menggunakan beban Laptop

Pengujian Menggunakan Beban baterai murni 3.7 Volt DC. Buck converter ketika dibebani baterai murni 4400 mAh mencapai tegangan dan arus maksimum. Ini disebabkan karena nilai register pengendali PWM output compare match (OCR1A) mengalami penambahan lebar duty cycle setiap 1.5 Volt DC. Ketika sensor arus mendeteksi arus yang mengalir ke beban lebih besar atau sama dengan 0.200 A. Nilai register pengendali PWM output compare match (OCR1A) akan dipertahankan dengan nilai output compare match (OCR1A) yang baru.

Tabel 1. Hasil pengujian menggunakan beban baterai murni 3.7 Volt DC

Beban	mAh	V_{Out} (Volt)	I_{Out} (Ampere)	Waktu
baterai murni 3.7 Volt DC	4400	3.97	0.498	7 Jam 58 Menit

Selisih tegangan output buck converter terhadap tegangan name plate baterai yang digunakan sebagai beban adalah sebesar 0.27 Volt. Dari perbedaan tegangan output buck converter terhadap tegangan name plate baterai sudah mampu menghasilkan arus sebesar 0.498 Ampere. Setelah melakukan pengujian, Gambar 7 menunjukkan grafik arus pengisian baterai murni 3.7 Volt DC, dimana pada saat kapasitas baterai hampir penuh, arus akan jenuh dan menurun pada menit ke-390.



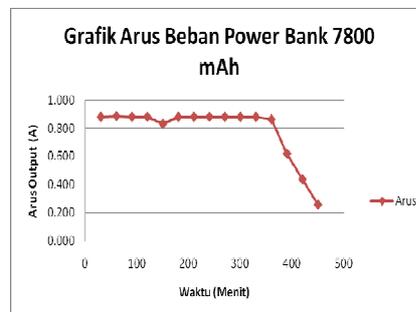
Gambar 7. Grafik arus pengisian baterai murni 3.7 Volt DC

Pengujian Menggunakan Beban power bank. Buck converter ketika dibebani power bank vivan 7800 mAh mencapai tegangan dan arus maksimum. Ini disebabkan karena nilai register pengendali PWM output compare match (OCR1A) mengalami penambahan lebar duty cycle setiap 1.5 Volt DC. Ketika sensor arus mendeteksi arus yang mengalir ke beban lebih besar atau sama dengan 0.200 A. Nilai register pengendali PWM output compare match (OCR1A) akan dipertahankan dengan nilai output compare match (OCR1A) yang baru.

Tabel 2. Hasil pengujian menggunakan beban power bank

Beban	mAh	V_{Out}	I_{Out} (Amp.)	Waktu
bank	7800	4.558	0.880	7 Jam nit

Setelah melakukan pengujian, Gambar 8 menunjukkan grafik arus pengisian power bank, dimana pada saat kapasitas baterai hampir penuh, arus akan jenuh dan menurun pada menit ke-390.



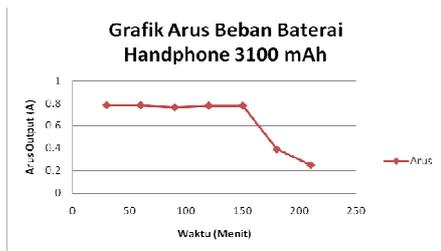
Gambar 8. Grafik arus pengisian power bank

Pengujian Menggunakan Beban handphone. Buck converter ketika dibebani Handphone 3100 mAh mencapai tegangan dan arus maksimum. Ini disebabkan karena nilai register pengendali PWM output compare match (OCR1A) mengalami penambahan lebar duty cycle setiap 1.5 Volt DC. Ketika sensor arus mendeteksi arus yang mengalir ke beban lebih besar dari sama dengan 0.2 A.

Tabel 3. Hasil pengujian menggunakan beban Handphone

Beban	mAh	V_{Out} (Volt)	I_{Out} (Ampere)	Waktu
Handphone	3100	4.277	0.782	3 Jam 41 Menit

Nilai register pengendali PWM output compare match (OCR1A) akan dipertahankan dengan nilai output compare match (OCR1A) yang baru. Setelah melakukan pengujian, Gambar 9 menunjukkan grafik arus pengisian *Handphone*, dimana pada saat kapasitas baterai hampir penuh, arus akan jenuh dan menurun pada menit ke-180.



Gambar 9. Grafik arus pengisian menggunakan beban *Handphone*

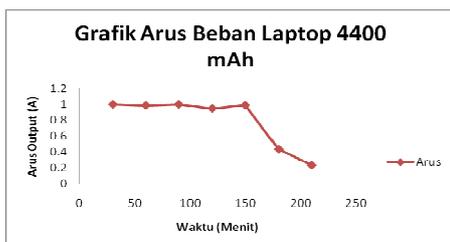
Pengujian Menggunakan Beban Laptop.

Buck converter ketika dibebani Laptop 4400 mAh mencapai tegangan dan arus maksimum. Ini disebabkan karena nilai register pengendali PWM output compare match (OCR1A) mengalami penambahan lebar duty cycle setiap 1.5 Volt DC, ketika sensor arus mendeteksi arus yang mengalir ke beban lebih besar dari sama dengan 0.200 A. Nilai register pengendali PWM output compare.

Tabel 4. Hasil pengujian menggunakan beban *Laptop*

Beban	mAh	V_{Out} (Volt)	I_{Out} (Ampere)	Waktu
Laptop 14"	4400	14.948	0.998	3 Jam 57 Menit

Match (OCR1A) akan dipertahankan dengan nilai output compare match (OCR1A) yang baru. Setelah melakukan pengujian, Gambar 10 menunjukkan grafik arus pengisian *Laptop*, dimana pada saat kapasitas baterai hampir penuh, arus akan jenuh dan menurun pada menit ke-150.



Gambar 10. Grafik arus pengisian menggunakan beban *Laptop*

Perbandingan Hasil Pengujian.

Berdasarkan Tabel 5. dapat dilihat bahwa, *pengujian menggunakan beban baterai murni 3.7 Volt DC 4400 mAh menghasilkan tegangan sebesar 3.97 Volt DC dan arus sebesar 0.498 Ampere dengan lama waktu pengisian selama 7 Jam 58 Menit. Selanjutnya pengujian menggunakan beban power bank 7800 mAh menghasilkan tegangan sebesar 4.558 Volt DC dan arus sebesar 0.880 Ampere dengan lama waktu pengisian selama 7 Jam 48 Menit. Pengujian menggunakan beban Handphone 3100 mAh menghasilkan tegangan sebesar 4.227 Volt DC dan arus sebesar 0.782 Ampere dengan lama waktu pengisian 3 Jam 41 Menit. Pengujian menggunakan beban Laptop 14" 4400 mAh menghasilkan tegangan sebesar 14.948 Volt DC dan arus sebesar 0.998 Ampere dengan lama waktu pengisian selama 3 Jam 57 Menit.*

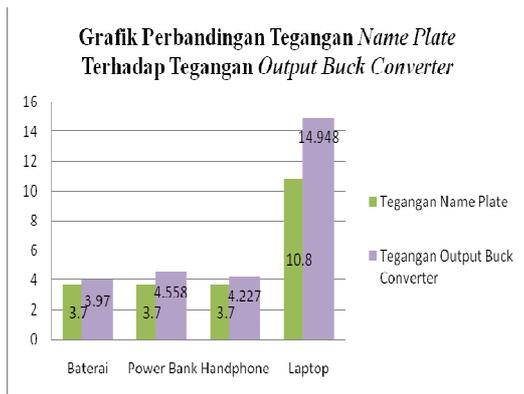
Tabel 5. Perbandingan hasil pengujian beban

No	Beban	mAh	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Waktu
1	baterai murni 3.7 Volt DC	4400	3.97	0.498	7 Jam 58 Menit
2	power bank	7800	4.558	0.880	7 Jam 48 Menit
3	Handphone	3100	4.227	0.782	3 Jam 41 Menit
4	Laptop 14"	4400	14.948	0.998	3 Jam 57 Menit

Perbedaan arus yang dihasilkan oleh buck converter pada setiap beban karena dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti perbedaan nilai mAh pada setiap baterai, tegangan baterai dan juga rangkaian dalam dari perangkat elektronik yang akan dicas (charging).

Perbandingan Tegangan Name Plate Terhadap Tegangan Output buck converter.

Dari Gambar 11 dapat dilihat bahwa tegangan name plate pada baterai murni adalah sebesar 3.7 Volt DC. Tegangan output pada buck converter setelah dibebani baterai murni 3.7 Volt DC adalah sebesar 3.97 Volt DC, dimana selisih tegangan output buck converter terhadap tegangan pada name plate buck converter adalah sebesar 0.27 Volt DC.



Gambar 11. Grafik perbandingan tegangan name plate terhadap tegangan output buck converter

Tegangan name plate pada power bank adalah sebesar 3.7 Volt DC, tegangan output pada buck converter setelah dibebani power bank adalah sebesar 4.558. Hal ini disebabkan oleh adanya rangkaian dalam dari power bank, dimana selisih tegangan output buck converter terhadap tegangan pada name plate power bank adalah sebesar 0.858 Volt DC. Tegangan name plate pada Baterai Handphone adalah sebesar 3.7 Volt DC, tegangan output buck converter setelah dibebani Handphone adalah sebesar 4.227 Volt DC. Hal ini disebabkan oleh adanya rangkaian dalam dari Handphone sehingga mempengaruhi tegangan output pada buck converter, dimana selisih tegangan output buck converter terhadap tegangan pada name plate Baterai Handphone adalah sebesar 0.527 Volt DC. Tegangan name plate pada Baterai Laptop adalah sebesar 10.8 Volt DC, tegangan output buck converter setelah dibebani ke Laptop adalah sebesar 14.948 Volt DC. Hal ini disebabkan oleh adanya rangkaian dalam dan rangkaian penyearah dari Laptop itu sendiri, sehingga mempengaruhi tegangan output buck converter. Selisih tegangan output buck converter terhadap tegangan name plate Baterai Laptop adalah sebesar 4.184 Volt DC.

KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian dan analisa yang telah dilakukan pada penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kinerja sistem buck converter pada penelitian ini dengan melakukan pengujian dengan empat beban baterai lithium ion yang besar nilai mAh nya berbeda-beda. Pengujian dengan baterai murni 4400 mAh selama 7 Jam 58 Menit, pengujian dengan power bank 7800 mAh selama 7

Jam 48 Menit, pengujian dengan beban handphone 3100 mAh selama 3 Jam 41 Menit, dan pengujian menggunakan beban laptop 4400 mAh selama 3 Jam 57 Menit. Perbedaan lama waktu pengisian dari setiap beban dipengaruhi oleh besarnya nilai mAh dari setiap beban tersebut.

2. Dalam perancangan ini mempertahankan nilai arus yang mengalir ke beban dengan metode increment (penambahan lebar duty cycle). Pada saat arus melebihi 0.2 A penambahan lebar duty cycle akan dihentikan pada nilai duty cycle yang baru. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, setiap beban menghasilkan arus yang berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti perbedaan nilai mAh pada setiap baterai, tegangan baterai dan juga rangkaian dalam dari perangkat elektronik yang akan dicas (charging).

DAFTAR RUJUKAN

- Husnaini, I., Asnil., dan Supriyanto, A., 2014, *Implementasi Kompensator PI-Lead pada kestabilan tegangan keluaran Buck Konverter*, Jurnal Teknologi Informasi dan Pendidikan, Vol. 7, No. 1, p. 1-8.
- Padillah, F., Syahrial., dan Saodah, S., 2014, *Perancangan dan Realisasi Konverter DC-DC Tipe Boost Berbasis Mikrokontroler ATMEGA 8535*, Jurnal Reka Elkomika, Vol.2, No. 1, p. 1-14.
- Santoso, Y.A., Setiawan, D.K., dan Kaloko, B.S., 2015, *Rancang Bangun Sistem Pengisi Baterai Lead Acid Berbasis Mikrokontroler Atmega328 Dengan Sumber Stand-Alone Pv System*, Jurnal Arus Elektro Indonesia (JAEI), Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember.
- Sutedjo., Efendi, Z., dan Mursyida, D., 2010, *Rancang Bangun Modul DC-DC Converter Dengan Pengendali PI*, Jurusan Teknik Elektro Industri, Politeknik Elektronika Surabaya (PENS).
- Taufik., 2008, *Practical Design Of buck converter*, PECON, Electrical Engineering Departement, California Polytechnic University, USA.