

RANCANG BANGUN UNINTERRUPTIBLE POWER SUPPLY (UPS) DENGAN ENERGI HYBRID

(SUBJUDUL: HARDWARE)

Akhmad Zaky Fanani¹, Joke Pratilartiarso,²Moh.Zaenal Efendi²
¹Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro Industri, ²Dosen PENS-ITS
Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
Kampus ITS Sukolilo Surabaya 60111
Telp (+62) 031-59447280 .Fax (+62) 031-5946114
e-mail:akhmadzk@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan energi listrik pada warnet dan *supermarket* meningkat dan energi listrik yang berasal dari PLN sering mengalami gangguan. Proyek Akhir ini memanfaatkan sepeda statis dan matahari sebagai sumber energi listrik untuk UPS (Uninterruptible Power Supply) dengan daya 250 watt yang digunakan sebagai energy listrik cadangan untuk komputer standar yang digunakan untuk server pada warnet dan kasir pada *supermarket*. Dimana sepeda statis digunakan untuk menggerakkan *generator* untuk mengisi *accu* secara bersama-sama dengan sel surya. Tegangan keluaran dari sel surya/ *solar cell* dan *generator DC* diturunkan dan dinaikkan terlebih dahulu dengan *DC-DC converter* setelah itu output dari DC-DC converter dihubungkan ke mikrokontroler untuk dibaca sebagai ADC, kemudian mikrokontroler membangkitkan sinyal PWM untuk mengatur duty cycle dari rangkaian buck boost converter dan boost converter. Diharapkan output dari kedua rangkaian itu dapat konstan. UPS ini akan banyak diaplikasikan pada warnet dan *supermarket* yang memerlukan energi listrik cadangan guna membantu aktifitas mereka dengan memanfaatkan energi gerak dan panas matahari yang tersedia di alam secara bebas dan tidak terbatas, dimana UPS ini dapat mensupply energi listrik ke komputer dalam waktu maksimal 1 jam.

Kata Kunci: solar cell, generator DC, DC-DC converter.

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini pengembangan dan penggunaan energi terbarukan (*renewable energy*) makin menjadi hal yang sangat penting. Apalagi dengan makin mengglobalnya isu emisi CO₂ yang kontra terhadap pelestarian lingkungan global. Gagap-gempita upaya diversifikasi sumber energi tak pelak merambah Indonesia menyusul ditandatanganinya Inpres No.1/2006 tentang Penyediaan dan Pemanfaatan Bahan Bakar Nabati. Tentu ini

merupakan kondisi yang positif, momentum yang tepat bagi seluruh komponen bangsa terkait, untuk segera memikirkan dan mengambil langkah serius guna pengembangan sumber energi alternatif masa depan.

Salah satu contoh energi hybrid adalah energi matahari yang bisa dimanfaatkan sebagai energi alternatif di Indonesia. Indonesia terletak di garis khatulistiwa, sehingga mempunyai sumber energi surya yang berlimpah dengan intensitas radiasi matahari rata-

rata sekitar 4.8 kWh/m² per hari di seluruh wilayah Indonesia.

Contoh dari energi gerak adalah sepeda statis yang biasanya digunakan untuk olahraga yang mempunyai piringan sebagai beban pemberat yang dihubungkan ke pengayuh. Pada pembuatan sepeda statis sebagai sumber energi listrik beban piringan pada sepeda statis diganti dengan generator DC yang berfungsi untuk membangkitkan tegangan.

Tenaga yang dikeluarkan akan menghasilkan keluaran berupa tegangan yang dapat dimanfaatkan oleh manusia juga. Energi dari generator DC yang dipadukan dengan *solar cell* disimpan bersama – sama dalam *battery / accu* untuk sumber energi listrik Uninterruptible Power Supply (UPS).

Apalagi seiring dengan berkembang pesatnya teknologi yang merambah ke dunia industri kecil dan menengah seperti warnet dan supermarket, dengan banyaknya komputer / PC yang menuntut kebutuhan pencatu daya yang dapat diandalkan dan bebas gangguan. Sehingga dibutuhkan suatu UPS sebagai peralatan catu daya yang tidak terputus yang dapat menyuplai daya listrik selama supply listrik dari PLN mengalami gangguan.

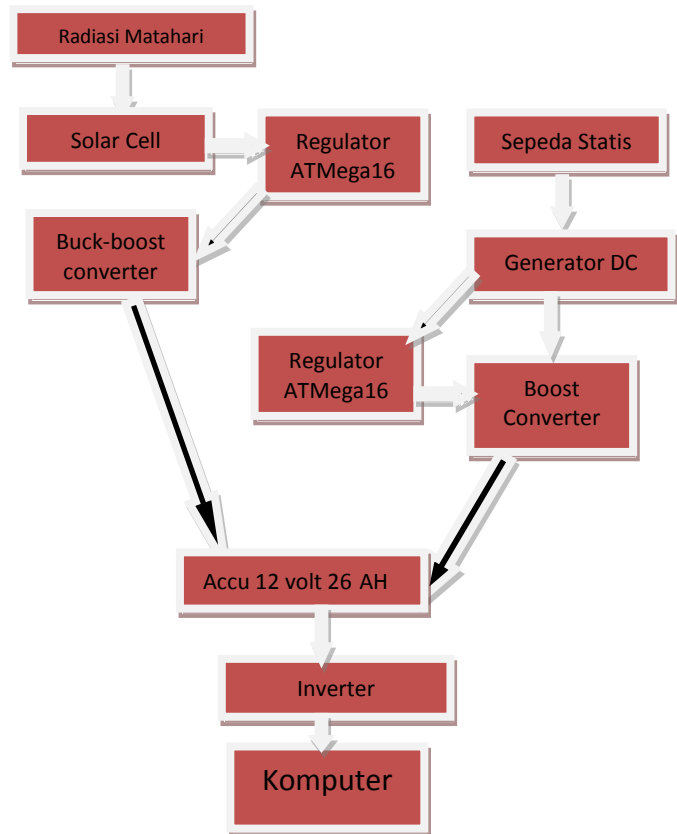
Pemanfaatan gerak dan panas matahari merupakan satu diantara sumber energi yang dapat di manfaatkan untuk membangkitkan energi listrik. Selain tersedia secara gratis pemanfaatan energi gerak dan matahari sebagai salah satu upaya untuk mengurangi ketergantungan manusia terhadap energi

batubara, minyak bumi dan gas alam yang pada kenyataan sulit untuk diperbaharui.

Untuk mendapatkan gambaran lebih luas tentang potensi energi matahari dan energi gerak sebagai *alternative energy* yang bebas dari polusi, maka dibuatlah tugas akhir ini sebagai sebuah wacana energi terbarukan di Indonesia.

2. KONFIGURASI SISTIM

Secara umum konfigurasi dari sistim yang dibuat terdiri dari embangkit *hybrid* (*solar cell* dan *horizontal windmill*), konverter buck, konverter *buck-boost*, sensor, ADC, dan mikrokontroller. Pada sisi sensor yang digunakan adalah sensor tegangan. Untuk ADC dan mikrokontroller terdapat pada satu chip yaitu AVR ATmega16.

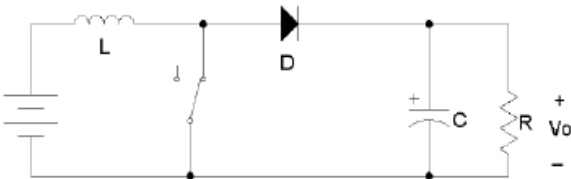


Gambar 2.1 Blok diagram sistem

2.1 Perencanaan dan Pembuatan Konverter Boost

Konverter *buck* yang pada proyek akhir ini digunakan sebagai regulator 8,9V ke 14,5V untuk *charging accumulator* 12V 26 AH yang dipasang parallel. Gambar rangkaian konverter *boost* terlihat seperti Gambar 2.2.

Untuk mendesain konverter yang baik diperlukan perhitungan nilai komponen-komponen yang tepat karena nilai komponen yang tidak tepat, dapat menyebabkan hasil keluaran yang kurang baik.



Gambar 2.2 Rangkaian Konverter Boost

Untuk mendesain rangkaian konverter, perlu ditetapkan beberapa variabel, yaitu:

- Frekuensi switching : 40 KHz
- Tegangan output : 14.5 V
- Tegangan input : 8,9 V
- Arus beban : 1 A
- Ac ferrit core : $5,48 \times 10^{-6} \text{ cm}^2$

Dari data yang ditetapkan diatas, dapat dihitung nilai-nilai komponen yang digunakan, yaitu:

- Duty Cycle

Dimana:

D : Duty Cycle

V_{in} : Tegangan Input Minimum

V_{out} : Tegangan output

Perhitungan:

$$D = 1 - \frac{V_{in}}{V_{out}} \times 100\%$$

$$= 1 - \frac{8,9}{14,5} \times 100\%$$

$$= 38,6\%$$

- Nilai Induktor

$$L = \frac{1}{f} \times (V_{out} + V_f - V_{in}) \times \left(\frac{V_{in}}{V_{out} + V_f}\right) \times \left(\frac{1}{\Delta I_L}\right)$$

Dimana:

L : Induktansi Induktor

V_f : Tegangan Drop Diode

F : frekuensi

ΔI_L : *Ripple* arus

Perhitungan:

$$\Delta I_L = 0,4 \times I_{in}$$

$$\Delta I_L = 0,4 \times I_{out} \times \left(\frac{V_{out} + V_f}{V_{in}}\right)$$

$$\Delta I_L = 0,4 \times 1 \times \left(\frac{14,5 + 0,7}{8,9}\right)$$

$$\Delta I_L = 0,68$$

$$L = \frac{1}{f} \times (V_{out} + V_f - V_{in}) \times \left(\frac{V_{in}}{V_{out} + V_f}\right) \times \left(\frac{1}{\Delta I_L}\right)$$

$$L = \frac{1}{40000} \times (14,5 + 0,7 - 8,9) \times \left(\frac{8,9}{14,5 + 0,7}\right) \times \left(\frac{1}{0,68}\right)$$

$$L = 0,000025 \times 6,3 \times 0,5855 \times 1,47$$

$$L = 0,14 \text{ mH}$$

- Arus Maksimum Induktor

$$I_{input \text{ Induktor}} = I_{out} \times \left(\frac{V_{out} + V_f}{V_{in}}\right)$$

$$I_{input \text{ Induktor}} = 1 \times \left(\frac{14,5 + 0,7}{8,9}\right) = 1,7 \text{ A}$$

$$I_{maks \text{ Induktor}} = I_{input \text{ Induktor}} + \frac{\Delta I_L}{2}$$

$$= 1,7 + \frac{0,68}{2}$$

$$I_{maks \text{ Induktor}} = 2 \text{ A}$$

- Arus RMS Induktor

$$I_{rms \text{ Induktor}} = \sqrt{I_{input \text{ Induktor}}^2 + \left(\frac{\Delta I_L}{\sqrt{3}}\right)^2}$$

$$I_{rms \text{ Induktor}} = \sqrt{1,7^2 + \left(\frac{0,68}{\sqrt{3}}\right)^2} = 1,7 \text{ A}$$

- Arus Puncak Diode

$$I_{D,peak} = \frac{I_{out}}{D} = \frac{1}{0,39} = 2,56 \text{ A}$$

- Arus RMS Diode

$$I_{D,rms} = I_{D,peak} \times \sqrt{D} = 2,56 \times \sqrt{0,39} = 1,6 \text{ A}$$

- Arus RMS Kapasitor

$$I_{C,rms} = \sqrt{I_{D,rms}^2 + I_{out}^2} = \sqrt{1,6^2 + 1^2} = 1,25 \text{ A}$$

- Ripple Tegangan Output

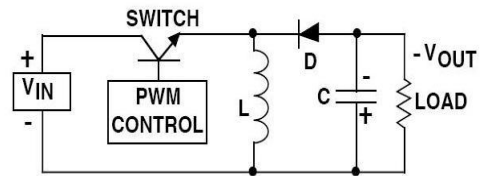
$$\begin{aligned} \Delta V_o &= \pm 0,1\% \times V_{out} \\ &= 0,001 \times 14,5 \\ &= 0,0145 \text{ V} \end{aligned}$$

- Kapasitansi Output

$$\begin{aligned} C &= \frac{\Delta Q}{\Delta V_o} = \frac{I_{C,rms} \times D \times T}{\Delta V_o} \\ &= \frac{1,25 \times 0,39 \times 25 \cdot 10^{-6}}{0,0145} \\ &= 0,8 \text{ mF} \end{aligned}$$

2.2 Perencanaan dan Pembuatan Konverter Buck-boost

Konverter *buck-boost*, pada proyek ini digunakan sebagai regulator 14,5 V dari tegangan keluaran dari *solar cell* untuk mengisi *accumulator* yang terdiri dari beberapa komponen utama, yaitu MOSFET IRFP460 sebagai *switch device*, induktor, kapasitor, diode, dan beban. Gambar rangkaian konverter buck-boost terlihat seperti Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Rangkaian Konverter *Buck-boost*

Untuk mendesain rangkaian konverter *buck-boost*, perlu ditetapkan terlebih dahulu beberapa variabel, yaitu:

- Frekuensi switching: 40 KHz
- Tegangan output : 14,5 V
- Tegangan input : 10V
- Arus input : 2,7 A

Dari data yang ditetapkan diatas, dapat dihitung nilai-nilai komponen yang digunakan, yaitu:

- Duty Cycle

$$V_{out} = -V_{in} \left(\frac{D}{1-D} \right)$$

Dimana:

D : Duty Cycle

V_{in} : Tegangan Input

V_{out} : Tegangan output

Perhitungan:

$$14,5 = 10 \left(\frac{D}{1-D} \right)$$

$$14,5 - 14,5D = 10D$$

$$14,5 = 24,5D$$

$$D = 0,59$$

- Daya Input

$$P_{input} = V_{in} \times I_{in} = 10 \times 2,7 = 27 \text{ W}$$

- Arus Output

Efficiency Buckboost = 80%

$$\eta = \frac{V_{out} \times I_{out}}{V_{in} \times I_{in}}$$

$$0,8 = \frac{14,5 \times I_{out}}{10 \times 2,7}$$

$$21,6 = 14,5 \times I_{out}$$

$$I_{out} = 1,5 \text{ A}$$

- Daya Output

$$P_{output} = V_{out} \times I_{out} = 14,5 \times 1,5 = 21,75 \text{ W}$$

- Nilai Induktor

- Metode I

$$D = 0,59$$

$$R = \frac{V_{out}^2}{P_{output}} = \frac{14,5^2}{21,75} = 9,7 \Omega$$

$$L_{min} = \frac{(1 - D)^2}{2f} \times R$$

$$= \frac{(1 - 0,59)^2}{2 \times 40000} \times 9,7$$

$$L_{min} = 0,02 \text{ mH}$$

$$L = 10 \times L_{min} = 10 \times 0,02 \text{ mH} = 0,2 \text{ mH}$$

$$I_L = \frac{P_{output}}{V_{in} \times D} = \frac{21,75}{10 \times 0,59} = 3,7 \text{ A}$$

- Metode II

$$\Delta I_L = 20\% \times I_L = 0,2 \times 3,7 = 0,74$$

$$\Delta I_L = \frac{V_{in} \times D \times T}{L}$$

$$0,74 = \frac{10 \times 0,59 \times 25 \cdot 10^{-6}}{L}$$

$$0,74L = 147,5 \times 10^{-6}$$

$$L = 0,199 \text{ mH} = 0,2 \text{ mH}$$

- Nilai Kapasitor

Assume $r = 0,5\%$

Dimana $r =$ besar ripple tegangan output

$$r = \frac{D}{R \times C \times f}$$

$$0,5\% = \frac{0,59}{9,7 \times C \times 40000}$$

$$1940C = 0,59$$

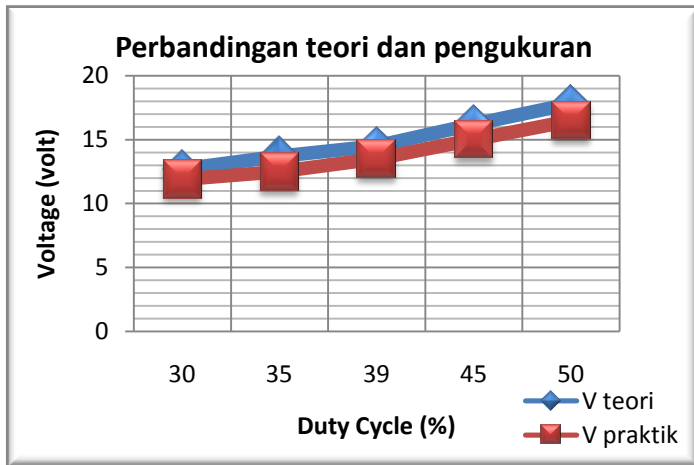
$$C = 0,3 \text{ mF}$$

3. PENGUJIAN DAN ANALISA

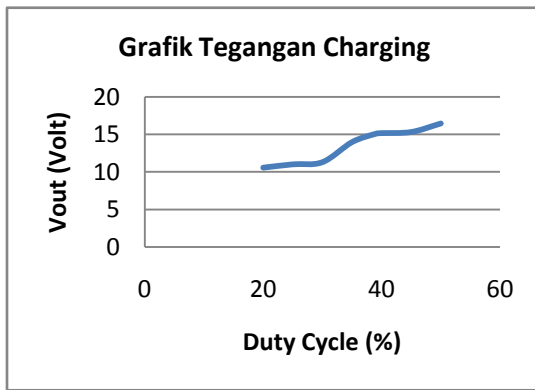
Pengujian dilakukan dengan cara pengukuran.

3.3 Pengujian Konverter Boost

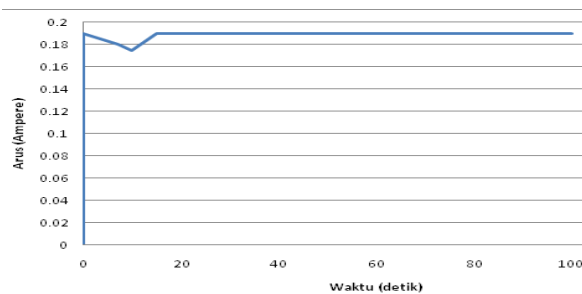
Pengujian konverter digunakan untuk mengetahui respon konverter terhadap perubahan *duty cycle* inputnya. Hal ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan hasil output dengan perhitungan secara teoritis. Pengujian konverter *boost* ini dilakukan dua kali, yaitu dengan beban variable resistor 14,5 Ω (beban sesuai perhitungan teori) dan dengan beban accu 12 volt 26 Ah. Dalam pengujiannya, konverter *boost* diberi masukan sebesar 8,9 volt dan diberi sinyal *drive* dengan *duty cycle* 30% hingga 50% untuk pengujian dengan beban resistor. Untuk pengujian dengan beban accu 12 volt, konverter *boost* diberi sinyal *drive* dengan *duty cycle* 20% hingga 50%. Hasil pengujiannya ditampilkan pada Gambar 3.3, Gambar 3.4 dan Gambar 3.5.



Gambar 3.3 Karakteristik tegangan keluaran konverter boost



Gambar 3.4 Karakteristik tegangan charging konverter boost



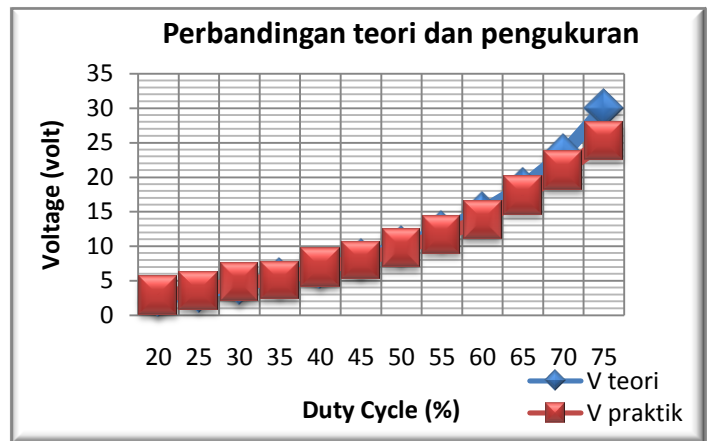
Gambar 3.5 Karakteristik arus charging konverter boost

3.4 Pengujian Konverter Buck-boost

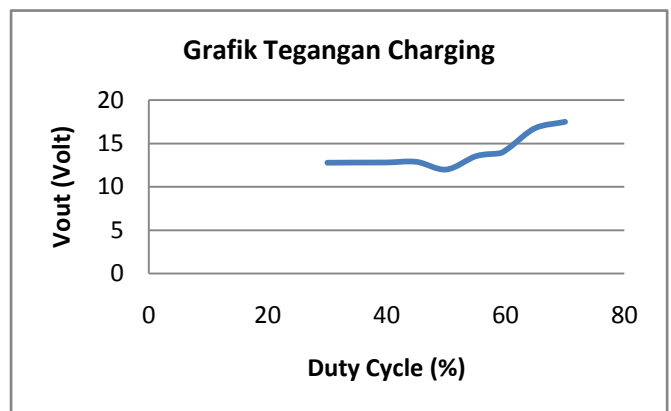
Pengujian konverter digunakan untuk mengetahui respon konverter terhadap perubahan *duty cycle* inputnya. Hal ini bertujuan untuk mengetahui

perbedaan hasil output dengan perhitungan secara teoritis.

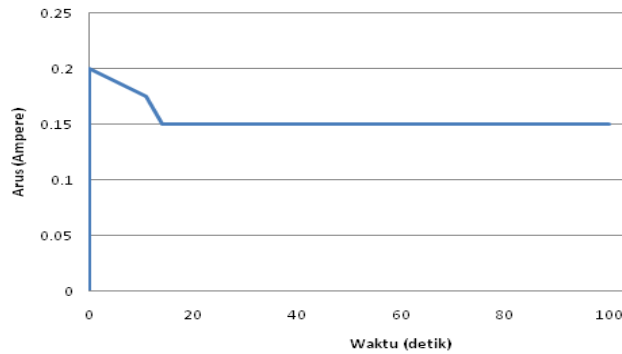
Pengujian konverter *buck-boost* ini dilakukan dua kali, yaitu dengan beban variable resistor 99Ω dan dengan beban accu 12 volt 26 Ah. Dalam pengujiannya, konverter *buck-boost* diberi masukan sebesar 10 Volt dan diberi sinyal *drive* dengan *duty cycle* 20% hingga 75% untuk pengujian dengan beban resistor. Untuk pengujian dengan beban accu 12 volt, konverter *buck-boost* diberi sinyal *drive* dengan *duty cycle* 30% hingga 70%. Hasil pengujiannya ditampilkan pada Gambar 3.6, Gambar 3.7 dan Gambar 3.8.



Gambar 3.6 Karakteristik tegangan keluaran konverter buck-boost



Gambar 3.7 Karakteristik tegangan charging konverter buck-boost



Gambar 3.8 Karakteristik arus charging konverter buck-boost

3.4 Pengujian Pembebanan Accu

Pada pengujian ini, accu 12 volt 26 Ah setelah di-charge oleh solar cell melalui buck-boost converter dan generator DC melalui boost converter, accu ini dibebani dengan laptop dengan *battery*, laptop tanpa *battery* dan standard PC. Dimana tegangan awal accu saat pertama kali dibebani adalah 12,58 volt. Hasil pembebanannya ditampilkan pada Tabel 3.1, Tabel 3.2 dan Tabel 3.3.

Tabel 3.1 Hasil pembebanan accu dengan beban laptop dan battery dengan tegangan awal accu 12,58 volt.

Waktu Pembebanan	Iout Accu DC (Ampere)	Iout Inverter AC (Ampere)
8.52	3	0.45
8.58	2.1	0.4
9.00	2.3	0.3
9.20	2.1	0.3
9.30	2	0.3
9.45	2	0.3
10.00	1.75	0.3
10.15	2	0.3

Tabel 3.2 Hasil pembebanan accu dengan beban laptop tanpa battery dengan tegangan awal accu 12,15 volt.

Waktu Pembebanan	Iout Accu DC (Ampere)	Iout Inverter AC (Ampere)
10.20	4	0.45
10.21	3	0.4
10.32	2	0.3
10.38	2	0.3
10.51	2	0.3
11.10	2.1	0.3
11.29	2.5	0.3
11.49	2.25	0.3
12.00	2.1	0.3
12.07	2.5	0.3

Tabel 3.3 Hasil pembebanan accu dengan beban standard PC dengan tegangan awal accu 11,94 volt.

Waktu Pembebanan	Iout Accu DC (Ampere)	Iout Inverter AC (Ampere)
12.14	13	0.85
12.15	15	0.9
12.16	12	1
12.20	11	0.75
12.25	14.5	0.75
12.26	14.3	0.75
12.14	13	0.85
12.15	15	0.9

4. KESIMPULAN

Setelah melalui beberapa proses perencanaan, pembuatan dan pengujian alat serta dari beberapa data yang didapat dari pengujian dan pembuatan Tugas Akhir ini, maka dapat diberikan kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai % error dari boost konverter semakin kecil dan konstan yaitu 7 % saat duty cycle semakin besar atau dapat dikatakan efisiensi boost

konverter semakin besar mendekati 80% saat duty cycle semakin besar atau dapat efisiensi boost konverter semakin besar saat arus output besar.

2. Buck-boost konverter dalam perencanaan memiliki error 16% error, hal ini dikarenakan nilai disain induktor yang minimum.
3. UPS mampu mensupply beban laptop dengan battery atau tanpa battery dalam waktu 3 jam, jika beban diganti dengan computer, maka UPS mampu mensupply computer dalam kurang lebih setengah jam. Hal ini menghasilkan error 50 % dari perencanaan, karena dalam perencanaannya UPS mampu mensupply beban komputer selama 1 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Daniel W. Hart, "Introduction to Power Electronics," Prentice-Hall International, International Edition, 1997.
- [2] D. Petruzella, Frank, "Elektronik Industri", Andi, Yogyakarta, 2001.
- [3] Fikri amrullah, 2007, Rancang Bangun Sistem Pengisian Battery Charger Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin, Jurusan Elektro Industri PENS-ITS.
- [4] Jatmiko Adi M., 2006, Teknik Pemakaian Battery Untuk Memperpanjang Masa Operasi Sepeda Motor Listrik, Jurusan Elektro Industri PENS-ITS.
- [5] Muhammad H Rasyid, "Rangkaian Elektronika Daya, Devices, dan Aplikasinya", Jakarta, 1999.
- [6] Peter Keusch, Electrochemistry Lead Acid Battery (Model), University of Regensburg, <http://www.google.com>.
- [7] P.J. Randewijk, "Inductor Design," 2006.
- [8] Satria Fauzana, 2010, Desain Pembangkit Listrik Hybrid dengan Memanfaatkan Energi Matahari dan Angin Untuk Sistem Pintu Parkir Sepeda Motor di PENS-ITS (Hybrid Sistem), Jurusan Elektro Industri PENS-ITS.
- [9] Triyas Ika Wulandari, 2010, Rancang Bangun Sistem Penggerak Pintu Air dengan Memanfaatkan Energi Alternatif Matahari, Jurusan Elektro Industri PENS-ITS.
- [10] www.uoguelph.ca/~antoon, B.J.G. Hamermaart 2000, Motorcycle Battery Charger, Translated by Tony Van Roon, August 2001.
- [11]. <http://www.wikipedia.com/solar-cell>
- [12]. Zaenal Arifin, 2009, Portable Solar Cell, Jurusan Elektro Industri PENS-ITS.