

Rancang Bangun Boost Converter Untuk Proses Discharging Baterai Pada Penerangan Jalan Umum Tenaga Surya (PJUTS)

Rendi Febrianto¹, Noer Soedjarwanto², Osea Zebua³
 Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, Bandar Lampung
 Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung 35145
¹rendifebrianto074@gmail.com
²noersoedjarwanto@gmail.com
³oseaz2009@gmail.com

Abstrak-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. Penelitian dilakukan 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*

I. PENDAHULUAN

Penerangan jalan umum tenaga surya (PJUTS) adalah lampu penerangan jalan yang menggunakan cahaya matahari sebagai sumber energi listriknya. 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. Usia baterai sangat bergantung sekali dengan penggunaannya. 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. Lampu DC yang digunakan pada PJUTS dapat menghasilkan lumen cahaya yang lebih besar apabila diberi tegangan yang lebih tinggi. Adapun 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*) [4].

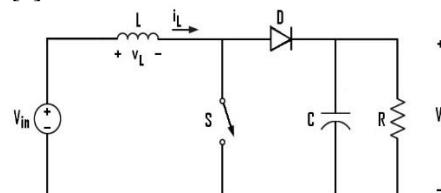
II. TINJAUAN PUSTAKA

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 [5].

2. *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. [1]



Gambar 1 Rangkaian *boost converter*

Boost converter bekerja pada dua kondisi yaitu saat saklar ON dan saat saklar OFF. Ketika saklar pada kondisi ON, dioda menjadi *reverse bias* sehingga besarnya arus induktor sama dengan arus masukan. Pada kondisi ini induktor akan menyimpan energi. Sedangkan ketika saklar pada kondisi OFF, dioda akan menjadi *forward bias* dan induktor akan melepaskan energi yang telah tersimpan sebelumnya. Sehingga pada kondisi ini besarnya tegangan beban adalah tegangan masukan ditambah dengan tegangan inductor [2].

Besarnya tegangan keluaran dari *boost converter* ditentukan berdasarkan persamaan berikut:

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

V_o = tegangan keluaran

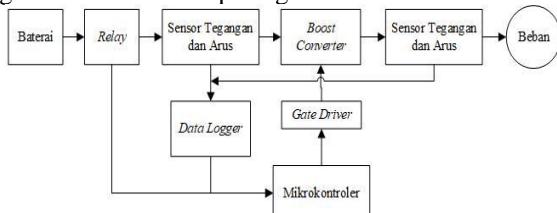
V_i = tegangan masukan

D = *duty cycle*

III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini akan menghasilkan perangkat keras *boost converter* yang digunakan untuk proses discharging baterai pada model penerangan jalan umum tenaga surya (PJUTS). Perangkat yang dihasilkan terdiri dari beberapa subsistem diantaranya rangkaian kontrol sinyal PWM, rangkaian penguat sinyal (*gate driver*), sensor tegangan dan arus, *data logger* dan rangkaian *boost converter*.

Dalam penelitian ini menggunakan mikrokontroler arduino mega sebagai penghasil sinyal PWM dan sebagai kontrol utama dari sistem yang akan digunakan. Adapun diagram sistem terlihat pada gambar 3.1.



Gambar 2 Diagram sistem keseluruhan

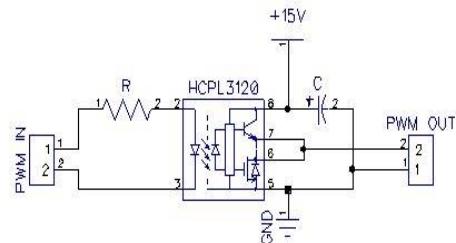
Sinyal PWM yang dihasilkan oleh mikrokontroler digunakan untuk mengatur penyalaan saklar daya yang digunakan pada rangkaian *boost converter*. Saklar daya yang digunakan adalah jenis mosfet dengan tipe IRFP460. Mosfet ini dapat bekerja apabila diberikan tegangan pada gate minimal 14 volt, sehingga sinyal PWM yang dihasilkan mikrokontroler harus dikuatkan menggunakan penguat sinyal (*gate driver*).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

3. Hasil Perancangan

1. Gate driver

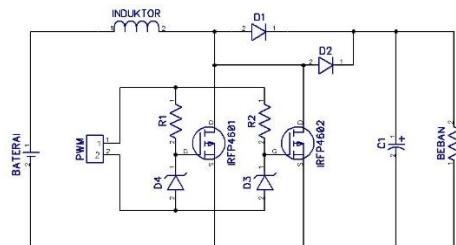
Sinyal PWM yang dihasilkan oleh mikrokontroler memiliki amplitudo tegangan sebesar 5 volt, untuk menaikkan amplitudo tegangan ini dapat menggunakan IC jenis HCPL 3120. IC ini dapat menaikkan sinyal PWM dari 5 volt menjadi 13,5 – 30 volt. Hasil perancangan *gate driver* dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3 Rangkaian gate driver

2. Boost converter

Rangkaian *boost converter* dirancang menggunakan dua buah mosfet yang dipasang secara paralel untuk mengurangi rugi-rugi daya dan disipasi panas. Dioda yang digunakan pada rangkaian ini adalah jenis dioda *fast recovery* karena dioda tersebut mampu beroperasi pada frekuensi tinggi. Hasil perancangan *boost converter* terlihat pada gambar 4.

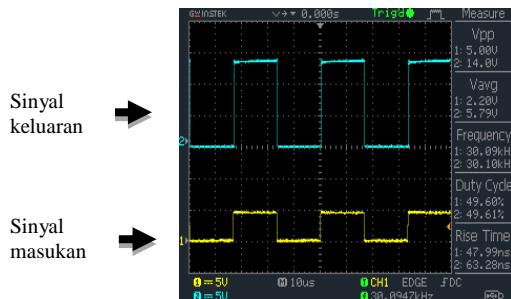


Gambar 4. Rangkaian boost converter

4.2. Hasil Pengujian

1. Pengujian gate driver

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui hasil perangkat keras *gate driver* yang telah dibuat. Jika perangkat dapat menghasilkan sinyal keluaran sebesar 13,5–30 volt dan memiliki karakteristik yang sama dengan sinyal masukan maka *gate driver* dapat digunakan dalam penelitian. Hasil pengujian *gate driver* ditunjukkan pada gambar 5. berikut:



Gambar 5. Hasil pengujian *gate driver*

2. Pengujian *Boost Converter*

Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi *duty cycle* pada rangkaian *boost converter* yang dihubungkan dengan beban resistif. Beban resistif yang digunakan memiliki tiga buah nilai yaitu sebesar 20 ohm, 40 ohm dan 80 ohm. Adanya variasi beban dalam pengujian ini untuk mengetahui bagaimana pengaruh beban yang terhubung pada perangkat keras *boost converter* dengan tegangan keluarannya.

Tabel 1. Pengujian dengan beban 20 ohm

D (%)	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (A)
10	12,20	1,26	15,80	0,76
20	12,02	2,11	19,70	0,95
30	11,79	3,26	23,18	1,11
40	11,39	5,11	25,80	1,23
50	11,02	7,56	26,88	1,28

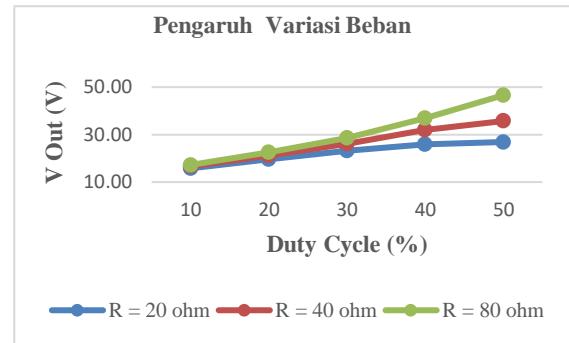
Tabel 2. Pengujian dengan beban 40 ohm

D (%)	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (A)
10	12,30	0,72	16,61	0,41
20	12,19	1,26	21,22	0,52
30	12,04	2,03	26,07	0,64
40	11,75	3,44	31,99	0,78
50	11,25	5,96	35,72	0,87

Tabel 3. Pengujian dengan beban 80 ohm

D (%)	Vin (V)	Iin (A)	Vout (V)	Iout (A)
10	12,36	0,41	17,23	0,21
20	12,29	0,75	22,48	0,28
30	12,24	1,24	28,48	0,35
40	12,14	2,21	36,92	0,45
50	11,90	4,29	46,61	0,57

Berdasarkan ketiga hasil pengujian yang telah dilakukan terlihat bahwa nilai tegangan keluaran dari perangkat keras *boost converter* akan semakin besar nilainya apabila dihubungkan dengan beban yang semakin besar. Hal ini dibuktikan dengan grafik yang menunjukkan tegangan keluaran *boost converter* dengan menggunakan beban yang bervariasi. Grafik tersebut ditunjukkan oleh gambar 4 berikut:

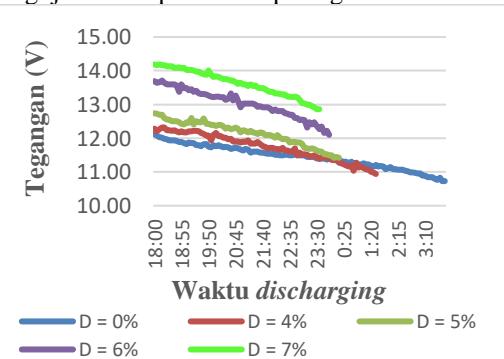


Gambar 6. Pengaruh variasi beban terhadap tegangan keluaran

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa besarnya beban berbanding lurus dengan besarnya tegangan keluaran *boost converter*. Dengan berhasilnya pengujian tersebut, maka perangkat keras *boost converter* dapat digunakan dalam penelitian ini.

3. Pengujian Model PJUTS

Pengujian dilakukan dengan menggunakan model penerangan jalan umum tenaga surya (PJUTS), yaitu dengan menggunakan baterai bertegangan 12 volt kapasitas 7,2 Ah dan lampu 10 watt. Pengujian hanya dilakukan pada proses *discharging* karena baterai dianggap dalam keadaan terisi penuh. Pengujian pertama dilakukan dengan membandingkan waktu *discharging* antara baterai yang langsung dihubungkan ke beban lampu (*duty cycle* sebesar 0%) dengan baterai yang menggunakan *boost converter*. Sistem kontrol yang digunakan dalam perangkat keras *boost converter* diatur untuk memutus arus ke beban ketika tegangan baterai kurang dari 10,7 volt. Hal ini dilakukan agar baterai memiliki usia pakai yang lama sesuai dengan karakteristiknya. Pengujian menggunakan *boost converter*, nilai *duty cycle* yang diberikan adalah 4%, 5%, 6% dan 7%. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada gambar 7 berikut ini:

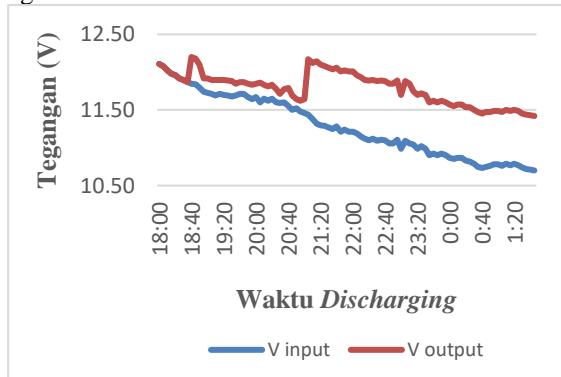


Gambar 7. Perbandingan waktu *discharging* baterai

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan gambar 7, semakin besar nilai *duty cycle* yang diberikan, maka tegangan keluaran juga akan semakin besar. Akan tetapi waktu *discharging* menjadi lebih cepat. Ketika baterai langsung dihubungkan ke beban atau *duty cycle* sebesar 0%, maka waktu *discharging* bertahan selama 8 jam 50 menit.

Ketika nilai *duty cycle* sebesar 4% maka waktu *discharging* adalah 7 jam 35 menit. Kemudian *duty cycle* diubah menjadi 5% maka waktu *discharging* adalah 6 jam 20 menit. Selanjutnya *duty cycle* diubah menjadi 6% maka baterai bertahan selama 6 jam. Kemudian *duty cycle* diubah menjadi 7% maka waktu *discharging* menjadi 5 jam 40 menit.

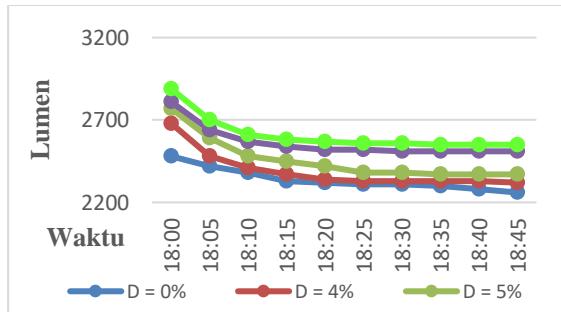
Pengujian selanjutnya yaitu dengan menggunakan nilai *duty cycle* 0%, 4%, 5% dan 6% yang berubah secara otomatis. Pengujian ini bertujuan untuk mempertahankan tegangan ke beban sebesar 12 volt. Sehingga ketika tegangan baterai menurun, beban akan tetap disuplai dengan tegangan 12 volt. Akibatnya lumen yang dihasilkan oleh lampu akan lebih stabil. Hasil pengujian ini dapat dilihat pada gambar 4.6 berikut:



Gambar 8 Pengujian menggunakan nilai *duty cycle* otomatis

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada gambar 8, dengan menggunakan nilai *duty cycle* yang berubah otomatis baterai mampu bertahan dalam proses *discharging* selama 7 jam 45 menit dengan tegangan keluaran *boost converter* antara 11,45 volt sampai dengan 12,20 volt.

Selain membandingkan waktu *discharging*, pengujian ini juga membandingkan lumen yang dihasilkan oleh lampu. Lumen diukur selama 5 menit sekali dan diambil datanya sebanyak 10 kali. Hasil perbandingan lumen yang dihasilkan pada pengujian ini ditunjukkan oleh gambar 8 berikut ini:



Gambar 9 Perbandingan lumen lampu

Gambar 9 merupakan hasil pengujian lumen yang dihasilkan oleh lampu ketika nilai *duty cycle* divariasikan. Berdasarkan gambar 9 tersebut, disimpulkan bahwa

besarnya nilai *duty cycle* akan mempengaruhi besarnya nilai lumen yang dihasilkan oleh lampu, yaitu semakin besar nilai *duty cycle* maka lumen yang dihasilkan akan semakin besar juga.

4.3. Pembahasan

Penelitian ini telah berhasil merancang dan membangun perangkat keras *boost converter* yang dapat digunakan pada penerangan jalan umum tenaga surya. Perangkat keras dibuat dengan menggunakan komponen yang sudah ditentukan. *Boost converter* dapat menaikkan tegangan baterai pada penerangan jalan umum tenaga surya sesuai dengan nilai *duty cycle* yang dihasilkan oleh mikrokontroler.

Prinsip kerja *boost converter* yaitu ketika mosfet pada keadaan on, maka arus dari baterai akan mengalir melalui induktor dan mosfet kemudian kembali ke baterai. Dalam kondisi ini beban terpasang paralel dengan mosfet, sehingga akan terjadi hubung singkat yang menyebabkan arus tidak dapat mengalir ke beban. Kondisi ini membuat kapasitor melakukan proses pengosongan untuk menyuplai tegangan ke beban. Saat mosfet dalam keadaan on maka induktor akan menyimpan energi, sehingga semakin besar nilai *duty cycle* maka energi tersimpan dalam induktor akan semakin banyak. Kemudian saat mosfet pada keadaan off, maka tegangan yang diterima beban adalah tegangan dari baterai ditambah dengan tegangan induktor yang sedang melepaskan energinya sehingga tegangan keluaran akan lebih tinggi dibandingkan dengan tegangan masukannya. Saat kondisi mosfet off, maka arus mengalir ke beban dan kapasitor sehingga kapasitor akan terisi. Kapasitor akan digunakan untuk menyuplai beban saat mosfet dalam keadaan on, dengan demikian beban akan terus tersuplai meskipun mosfet dalam keadaan on atau off.

Selain nilai *duty cycle*, faktor lain yang mempengaruhi besarnya nilai tegangan keluaran *boost converter* adalah besarnya beban yang terhubung pada perangkat. Seperti pada hasil pengujian perangkat keras yang telah dilakukan, bahwa semakin besar beban yang dihubungkan maka tegangan keluarannya akan semakin besar. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.4, dengan variasi *duty cycle* yang sama pada beban 20 ohm, 40 ohm dan 80 ohm terlihat tegangan keluarannya semakin besar pada beban yang semakin besar.

Hasil pengujian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa dengan menggunakan perangkat *boost converter* tegangan baterai ke beban lampu menjadi lebih tinggi, sehingga membuat lampu yang digunakan pada pengujian memiliki lumen yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa *boost converter*. Akan tetapi, waktu *discharging* baterai menjadi lebih cepat karena baterai mengeluarkan arus yang lebih besar. Perangkat keras *boost converter* dirancang untuk dapat menaikkan tegangan baterai ketika mulai menurun. Hal ini dilakukan untuk mempertahankan nilai lumen lampu agar tidak menurun sehingga jalan akan

tetap mendapatkan cahaya yang cukup meskipun tegangan baterai mulai menurun.

Selain itu, pada perangkat keras *boost converter* juga dipasang sebuah *relay* yang diatur untuk dapat memutus arus yang mengalir dari baterai ke beban berdasarkan nilai tegangan yang terbaca oleh sensor tegangan. Apabila sensor membaca nilai tegangan baterai kurang dari 10,7 volt maka mikrokontroler akan memberikan perintah kepada *relay* untuk membuka sehingga arus tidak dapat mengalir ke beban. Tujuan dari sistem ini adalah untuk membuat baterai memiliki usia pakai yang lebih lama dibandingkan dengan sistem yang tidak menggunakan *relay*. Penentuan nilai 10,7 volt berdasarkan dari karakteristik baterai yang digunakan, yaitu baterai harus dilakukan pengisian (*charging*) apabila telah mencapai tegangan minimal yaitu 10,5 volt. Dikarenakan adanya nilai error pada pembacaan sensor yang digunakan maka ditentukanlah nilai 10,7 volt untuk memberikan perintah kepada *relay* agar memutus arus ke beban.

V. KESIMPULAN

Simpulan yang didapatkan pada penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. 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* 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 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*.

REFERENCE

- [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 Najimurrokhman, 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