

Perancangan Perancangan Boost Converter Pada Mobil *Hybrid* (Tenaga Angin dan Surya)

Alex Surapati, Irmada Priyadi, Arya Pramudianto

¹Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Bengkulu

*E-mail: alexsurapati@unib.ac.id

ABSTRACT

The development of the automotive caused an increase in fuel demand and an increase in the price of oil which continues to increase, so more and more industries continue to develop hybrid cars. The use of hybrid cars is very effective and efficient, besides not causing air pollution, the construction is also simpler than other conventional cars. Hybrid cars don't have complicated machines like conventional cars. In this study, a hybrid car requires 48 volt DC power so that it requires 4 batteries connected in series. The solar panel that is used can only provide a maximum voltage of 36 volts DC so that it requires a tool that is able to meet the voltage requirements. This study will produce a DC-DC converter called a boost converter that serves to adjust the source voltage to the voltage needed without having to eliminate relatively large power so that it can overcome the shortage of voltage. Based on this research, the output of a boost converter of 51 volts is obtained for charging batteries from solar panels with the efficiency of the power passed by the boost converter to a maximum of 94% and minimum efficiency of 77%.

Keywords: Hybrid car, Boost Converter, Solar Panel, Battery

ABSTRAK

Perkembangan dunia otomotif menyebabkan peningkatan kebutuhan bahan bakar dan kenaikan harga minyak bumi yang terus meningkat, maka semakin banyak pula industri-industri yang terus mengembangkan mobil hybrid. Penggunaan mobil *hybrid* sangat efektif dan efisien, selain tidak menimbulkan polusi udara konstruksinya juga lebih sederhana dibandingkan mobil konvensional lainnya. Mobil *hybrid* tidak memiliki mesin yang rumit seperti mobil konvensional. Dalam penelitian ini, mobil *hybrid* membutuhkan tenaga 48 volt DC sehingga membutuhkan 4 aki yang terhubung seri. Panel surya yang digunakan hanya dapat memberikan tegangan maksimal sebesar 36 volt DC sehingga membutuhkan alat yang mampu mencukupi kebutuhan tegangan

tersebut. Penelitian ini akan menghasilkan sebuah *DC-DC converter* yang disebut *boost converter* yang berfungsi untuk menyesuaikan tegangan sumber terhadap tegangan yang diperlukan tanpa harus menghilangkan daya yang relatif besar sehingga dapat mengatasi kekurangan tegangan tersebut. Berdasarkan penelitian ini didapat hasil keluaran *boost converter* sebesar 51 volt untuk pengisian aki dari panel surya dengan efisiensi daya yang dilewatkan oleh *boost converter* maksimum sebesar 94% dan efisiensi minimum sebesar 77%.

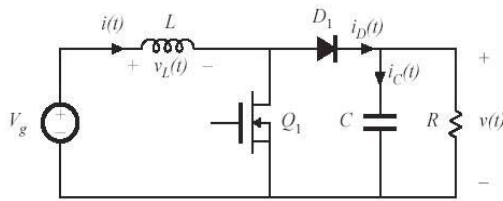
Kata kunci: Mobil *hybrid*, Boost Converter, Panel Surya, Aki

1. PENDAHULUAN

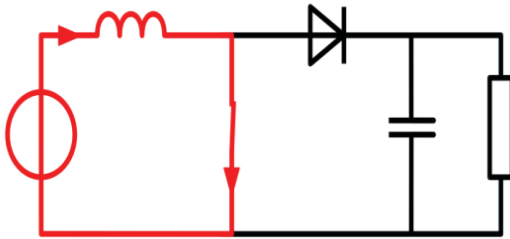
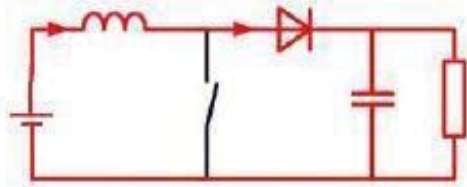
Peningkatan kebutuhan bahan bakar fosil bagi kendaraan mengakibatkan sumber energi tersebut semakin menipis. Pemanfaat energi alternatif terbarukan merupakan solusi pengganti energi fosil diantaranya energi angin dan surya. Penggunaan mobil listrik sudah mulai diminati oleh masyarakat sehingga mulai banyak penelitian aplikatif pembuatan mobil listrik. mobil listrik yang dibuat menggunakan panel surya sebagai sumber energi pengisian aki. Panel surya mempunyai besar ukuran yang linier dengan tegangan yang dihasilkannya, sehingga sulit mendapatkan hasil yang efisien dalam penggunaannya. Pengaruh besar ukuran panel surya sangat berdampak saat diaplikasikan pada rancang bangun mobil listrik, sehingga pemilihan panel surya menjadi faktor penting yang mendasari ukuran dari rancang bangun mobil listrik.

Panel surya juga selalu dikaitkan dalam pengisian dari aki sebagai sumber penyimpanan listrik DC, dimana aki merupakan salah satu piranti utama dalam penyimpanan sumber energi listrik DC. Aki yang digunakan pada umumnya memiliki voltase sebesar 12 volt DC, namun banyak juga beban yang mengharuskan voltase diatas 12 volt DC sebagai suplainya sehingga biasanya dibutuhkan beberapa aki yang dihubungkan seri untuk mencukupi kebutuhan tegangan yang diperlukan oleh beban.

Dalam penelitian ini, mobil listrik membutuhkan tenaga 48 volt DC sehingga membutuhkan 4 aki yang terhubung seri. Panel surya yang digunakan hanya dapat



Gambar 1 Skema Konverter Penaik Tegangan[1].

Gambar 2. Skema Prinsip Kerja Konverter Penaik Tegangan Saat Saklar t_{off} [1].

Gambar 3 Skema Prinsip Kerja Konverter Penaik

memberikan tegangan maksimal sebesar 36 volt DC sehingga membutuhkan alat yang mampu mencukupi kebutuhan tegangan tersebut. Kondisi ketidaksesuaian antara tegangan yang dihasilkan panel surya dengan besarnya kebutuhan tegangan dalam pengisian aki menjadi masalah utama. Tujuan penelitian ini adalah merancang sebuah *DC-DC converter* yang disebut *boost converter* yang berfungsi untuk menyesuaikan tegangan sumber terhadap tegangan yang diperlukan tanpa harus menghilangkan daya yang relatif besar sehingga dapat mengatasi kekurangan tegangan.

2. KERANGKA TEORITIS DAN PENGEMBANGAN HIPOTESIS

Konverter arus searah ke arus searah (*DC to DC Converter*) adalah peralatan yang dapat mengubah tegangan pada sistem arus searah dari nilai tertentu ke nilai yang lain. Nilai yang diubah pada umumnya menjadi lebih besar ataupun lebih kecil dari nilai sebelumnya. Konverter DC-DC biasanya digunakan untuk aplikasi baterai dan mesin-mesin yang membutuhkan tegangan arus searah yang variabel [8]. Penggunaan Konverter DC-DC memungkinkan untuk penghemat penggunaan baterai jika membutuhkan nilai tegangan tertentu.

Konverter penaik tegangan (*boost converter*) adalah salah satu topologi *DC-DC converter* yang digunakan untuk menaikkan tegangan DC. Rangkaian ini digunakan ketika dibutuhkan tegangan keluaran yang lebih besar daripada tegangan masukannya. Komponen utama pada topologi ini adalah induktor, kapasitor, diode, dan *switch* (MOSFET) [6]. Rangkaian dari Konverter penaik tegangan dapat dilihat pada Gambar 1.

Tegangan Saat Saklar t_{on} [1].

Dari skema sistem kerja penaik tegangan terdapat 2 kondisi yaitu pada saklar on dan saklar pada posisi off. Hal ini terjadi dikarenakan mosfet bekerja berdasarkan sinyal yang diberikan kepadanya. Pada kondisi ini mosfet bekerja berdasarkan sinyal duty cycle dengan perumusan atau perhitungan berdasarkan persamaan berikut :

$$V_o = \frac{V_s}{1-D}$$

Adapun faktor-faktor pemilihan komponen dalam rangkaian boost convertor dengan menggunakan persamaan-persamaan berikut:[5]

$$\Delta I_L = 0,4 \times I_{out} \times \left(\frac{V_{out} + V_f}{V_{in}} \right) \quad (1)$$

$$L = \frac{1}{f} \times (V_{out} + V_f - V_{in}) \times \left(\frac{1}{\Delta I_L} \right) \quad (2)$$

Dimana:

L = Induktansi inductor

V_o = Tegangan output

V_{in} = Tegangan input

f = Frekuensi switching

ΔI_L = Ripple arus

Setelah melakukan perhitungan dengan persamaan di atas, maka dapat diperoleh nilai induktor yang sesuai dengan target perancangan. Untuk mendapatkan nilai kapasitor yang sesuai dapat dilakukan perhitungan menggunakan persamaan berikut ini:[5]

$$ID_{peak} = \frac{I_o}{D} \quad (3)$$

$$ID_{rms} = ID_{peak} \times \sqrt{D} \quad (4)$$

$$I_{crms} = \sqrt{ID_{rms}^2 - I_o^2} \quad (5)$$

$$C = \frac{I_{crms} \times D \times T}{\Delta V_o} \quad (6)$$

Dimana:

C = kapasitansi kapasitor

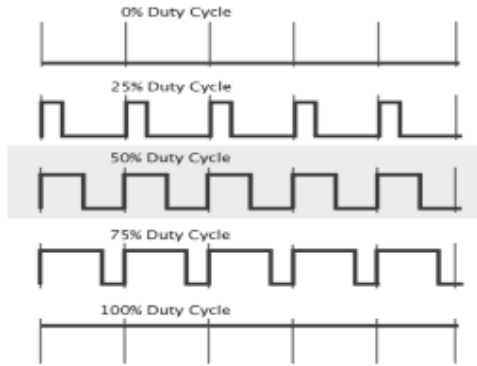
I_{crms} = arus RMS kapasitor

ΔV_o = ripple tegangan

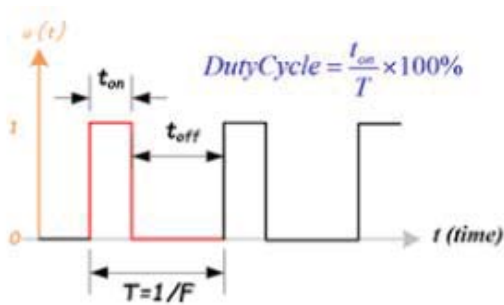
D = duty cycle

T = periode

Untuk daya yang masukan dan keluaran yang dihasilkan dari penaik tegangan dapat dirumuskan menggunakan persamaan berikut:



Gambar 4. Sinyal *Duty cycle*[14].



Gambar 5. Karakteristik *Duty cycle*[7].

$$(P_s = P_o)[1].$$

A. PWM (*Pulse Width Modulation*)

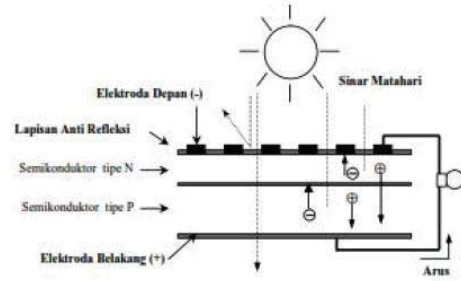
PWM (*Pulse Width Modulation*) adalah salah satu teknik modulasi dengan mengubah lebar pulsa (*duty cycle*) dengan nilai amplitudo dan frekuensi yang tetap. Satu siklus pulsa merupakan kondisi high kemudian berada di zona transisi ke kondisi low. Lebar pulsa PWM berbanding lurus dengan amplitudo sinyal asli yang belum termodulasi. *Duty Cycle* merupakan representasi dari kondisi logika high dalam suatu periode sinyal dan dinyatakan dalam bentuk (%) dengan range 0% sampai 100%, sebagai contoh jika sinyal berada dalam kondisi high terus menerus artinya memiliki *duty cycle* sebesar 100%. Jika waktu sinyal keadaan high sama dengan keadaan low maka sinyal mempunyai *duty cycle* sebesar 50%.

Dari Gambar 5 Dapat dilihat bahwa *duty cycle* dapat diatur berdasarkan besar dari T_h dan T_L . Adapun perhitungan untuk mendapatkan atau mengatur *duty cycle* dengan menggunakan persamaan berikut:

$$T = \frac{1}{f} \quad (7)$$

$$T_L = 0,693 \times R_B \times C \quad (8)$$

$$T_h = 0,693 \times (R_A + R_B) \times C \quad (9)$$



Gambar 6. Proses pengubahan energi matahari menjadi energi listrik pada sel surya[2].

$$T = T_H + T_L \quad (10)$$

$$D = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} \times 100\% \quad (11)$$

Dimana :

0,693 = Konstanta ketetapan

T_{on} = Kondisi hidup

T_{off} = Kondisi mati

R_B = Hambatan pembagi

R_A = Hambatan Seri

C = Kapasitor

D = *Duty cycle*

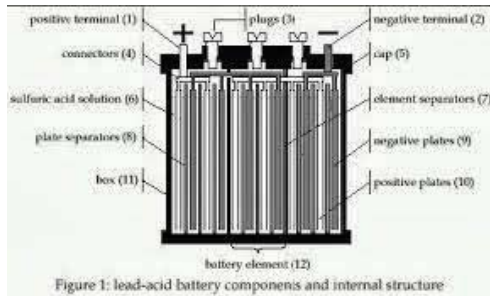
B. Sel surya

Panel surya terdiri dari beberapa sel surya yang disusun sedemikian rupa sehingga didapatkan output sesuai dengan yang diinginkan. Dari kumpulan sel surya ini dapat dikonversi cahaya matahari menjadi listrik arus searah. Dengan menambahkan baterai yang dihubungkan dengan panel surya, maka daya hasil konversi cahaya matahari menjadi listrik dapat disimpan sebagai cadangan energi listrik. Secara sederhana sel surya terdiri dari persambungan bahan semikonduktor bertipe p dan n (*p-n junction semiconductor*) yang jika terkena sinar matahari maka akan terjadi aliran elektron, aliran elektron inilah yang disebut sebagai aliran arus listrik. Proses pengubahan energi matahari menjadi energi listrik ditunjukkan dalam Gambar 6.

Bagian utama pengubah energi sinar matahari menjadi listrik adalah penyerap (*absorber*), meskipun demikian masing-masing lapisan juga sangat berpengaruh terhadap efisiensi dari sel surya. Sinar matahari terdiri dari bermacam-macam jenis gelombang elektromagnetik, oleh karena itu penyerap disini diharapkan dapat menyerap sebanyak mungkin radiasi sinar yang berasal dari cahaya matahari[2].

C. Baterai

Baterai adalah sebuah peralatan yang dapat mengubah energi kimia yang terkandung dalam material aktif menjadi energi listrik. Baterai terdiri dari beberapa sel yang disusun secara seri menjadi sebuah baterai. Sel



Gambar 7. Komponen Utama Baterai[4].

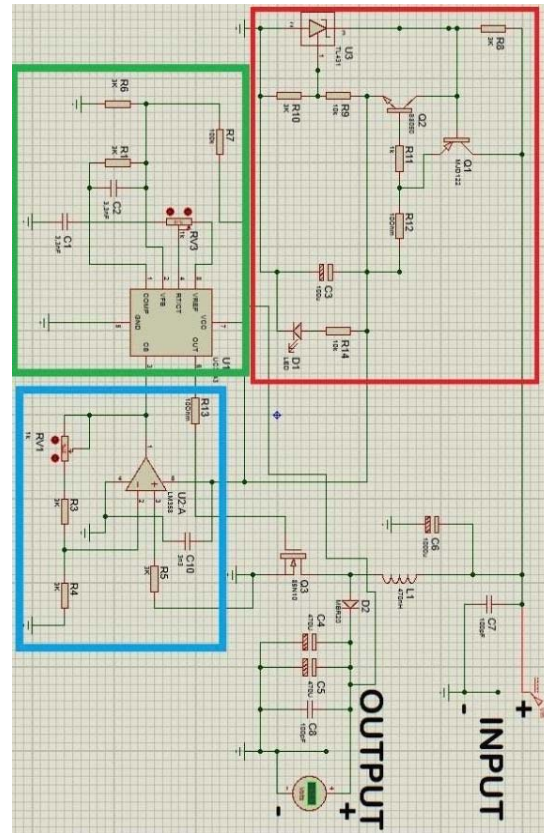
merupakan elemen dasar elektronika yang digunakan untuk menyimpan energi. Baterai terdiri dari dua jenis, yaitu baterai primer dan baterai sekunder.

Baterai primer merupakan baterai yang hanya dapat digunakan sekali dan tidak dapat diisi ulang. Baterai ini hanya dapat digunakan sekali saja karena reaksi kimia yang ada di dalam material aktifnya tidak dapat dikembalikan. Contoh baterai *zinccarbon* baterai alkalin, dll. Baterai primer memiliki keunggulan dalam harga dan memiliki kerapatan energi yang tinggi. Baterai sekunder adalah baterai yang dapat diisi ulang. Baterai sekunder dapat diisi ulang karena reaksi kimia di dalam material aktifnya dapat diputar kembali. Kelebihan dari baterai sekunder adalah harganya lebih efisien untuk penggunaan jangka panjang. Contoh baterai *lead-acid*, baterai NiCd, baterai NiMH, dll.

3. METODE RISET

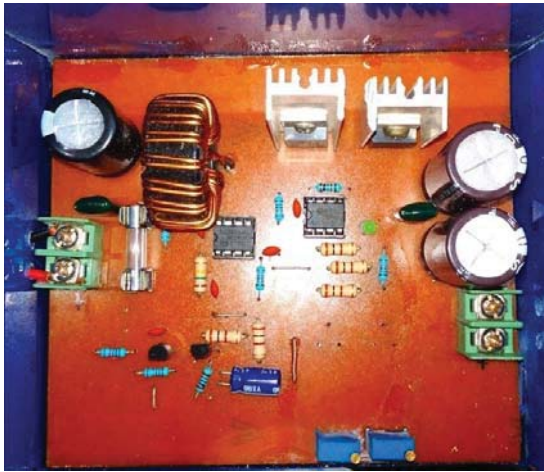
Pada penelitian ini rancangan sistem terbagi menjadi 2 bagian, yang pertama adalah sistem penstabil tegangan yang berguna untuk menstabilkan tegangan yang diberikan oleh panel surya. Bagian kedua merupakan penaik tegangan yang didapatkan dari panel surya kemudian dinaikkan untuk mendapatkan tegangan ideal untuk proses pengisian aki. Hal ini dilakukan karena panel surya yang dipakai memiliki keluaran tegangan yang tidak mencukupi untuk melakukan pengisian aki. Pada perancangan penaik tegangan atau *Boost Converter* ini sangat bergantung pada penyesuaian besarnya *duty cycle*, besarnya *duty cycle* akan mempengaruhi rasio perbandingan tegangan *input* dan output pada *boost converter*. Pemilihan komponen yang akan digunakan jugamenjadi faktor-faktor yang sangat penting dalam perancangan yang dilakukan.

Penentuan besarnya komponen yang dipakai sebelumnya telah diperhitungkan dahulu dengan menggunakan persamaan-persamaan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya. Proses pengamatan dan pengambilan data dilakukan dengan menggunakan

Gambar 8. Diagram blok sistem pengisian aki menggunakan *boost converter*Gambar 9. Skema Rangkaian *boost converter* menggunakan *proteus 8 professional*

alat ukur yang dipasang pada input dan output pada *boost converter*. Alat ukur yang dipakai untuk melihat tegangan dan arus yang melewati *boost converter*. Daya yang masuk dan keluar pada alat ini kemudian akan dilihat perbandingannya guna melihat efesiensi dari rangkaian yang dirancang.

Boost converter ini dirancang secara analog. Tegangan keluaran dari *boost converter* ini dapat divariasikan dengan mengatur resistor variabel yang dibuat untuk menyesuaikan tegangan ideal yang diinginkan pada proses pengisian aki. Tegangan ideal pada pengisian menjadi faktor yang paling dijaga pada rancangan ini, dimana tegangan ini akan menyesuaikan dengan tegangan dari aki yang semakin bertambah seiring dengan semakin lamanya proses pengisian yang diberikan dari panel surya.



Gambar 10. Hasil perancangan *boost converter*

Rancangan sistem penaik tegangan ini akan bekerja dengan rating > 48 volt, dengan input yang diberikan dari panel surya yang memberikan tegangan maksimal sebesar 36 volt. Arus dan tegangan yang diberikan panel surya tidak konstan dan sangat bergantung pada cuaca sehingga penelitian ini juga merancang penstabil tegangan. Untuk lebih jelas mengenai keseluruhan kerja sistem secara umum dapat dilihat pada Gambar 8.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini dilakukan pengujian terhadap hasil rangkaian *boost converter* untuk mengetahui hasil dari rancangan yang telah dilakukan. Adapun hasil dari perancangan *boost converter* dapat dilihat pada Gambar 10.

A. Analisa pengaruh *duty cycle* pada perubahan tegangan.

Pada perancangan ini, hal yang paling menentukan *duty cycle* yaitu faktor resistor variabel. Dalam perancangan resistor variabel terhubung seri terhadap kapasitor dan dihubungkan pada masukan RT/CT pada IC UC3843 yang merupakan osilator pada IC tersebut. Pengisian dan pengosongan pada kapasitor menjadi faktor terbentuknya perioda yang kemudian diolah pada IC tersebut. proses dibentuknya *dutycycle* dengan perhitungan sebagai berikut: (Diketahui frekuensi pada *datasheet* IC UC3843 sebesar 500kHz).

Dimana: $R = R_v = 600 \text{ Ohm}$, $C = 3,3 \text{ nF}$

Perhitungan perioda :

$$T = \frac{1}{500\text{kHz}} = 2 \mu\text{S}$$

$$T = T_H + T_L$$

Perhitungan perioda *Low* :

$$T_L = 0,693 \times R \times C$$

TABEL 1
HASIL PENGUKURAN KELUARAN TEGANGAN
PANEL SURYA

Data	Waktu (WIB)	Suhu (°C)	Tegangan keluaran panel surya (volt)
1	07.00	34	12,5
2	07.30	35	12
3	08.00	40	18
4	08.30	41	17,5
5	09.00	43	32
6	09.30	45	32
7	10.00	46	34
8	10.30	46	35
9	11.00	47	35
10	11.30	47	35
11	12.00	47	35

12	12.30	46	35
13	13.00	45	33
14	13.30	43	33
15	14.00	42	32
16	14.30	42	30
17	15.00	41	27
18	15.30	38	34
19	16.00	38	33,5
20	16.30	37	30,5
21	17.00	30	13
22	17.30	29	13
23	18.00	27	9

$$= 0,693 \times 600 \text{ Ohm} \times 3,3 \text{ nF}$$

$$= 1,3 \mu\text{S}$$

Perhitungan perioda *high* :

$$T_H = T - T_L$$

$$= 2 \mu\text{S} - 1,3 \mu\text{S} = 0,7 \mu\text{S}$$

Perhitungan *duty cycle* :

$$D = \frac{T_H}{T} = \frac{0,7 \mu\text{S}}{2 \mu\text{S}} = 0,35 = 35 \%$$

Pada rangkaian PWM ini *duty cycle* dapat diciptakan dengan mengatur resistor variabel yang telah dirancang. Resistor variabel tersebut mempengaruhi proses pembuatan PWM dengan terhubung langsung pada osilator yang terdapat pada IC UC3843.

Data 1: $V_{in} = 32 \text{ Volt}$, $V_{out} = 51 \text{ Volt}$

Perhitungan *duty cycle* :

$$D = 1 - \frac{V_{in}}{V_{out}} = 1 - \frac{32}{51} = 0,37 = 37\%$$

Perhitungan perioda *high* :

$$T_H = D \times T = 0,37 \times 2 \mu\text{S} = 0,74$$

Perhitungan perioda *low* :

$$T_L = T - T_H = 2 - 0,74 = 1,26 \mu\text{S}$$

Perhitungan resistor variabel :

$$T_L = 0,693 \times R \times C$$

TABEL 2
HASIL PENGUKURAN TEGANGAN TELUARAN
BOOSTCONVERTER TANPA BEBAN

Waktu (WIB)	Tegangan keluaran panel surya (volt)	Tegangan keluaran boost converter (volt)	Keterangan cuaca
07.00	12,5	51	Berawan
07.30	12	51	Berawan
08.00	18	51	Cerah
08.30	17,5	51	Berawan
09.00	32	51	Cerah
09.30	32	51	Berawan
10.00	34	51	Cerah
10.30	35	51	Cerah
11.00	35	51	Cerah
11.30	35	51	Cerah
12.00	35	51	Cerah
12.30	35	51	Cerah
13.00	33	51	Cerah
13.30	33	51	Cerah
14.00	32	51	Cerah
14.30	30	51	Cerah
15.00	27	51	Berawan
15.30	34	51	Cerah
16.00	33,5	51	Cerah
16.30	30,5	51	Cerah
17.00	13	51	Berawan
17.30	13	51	Berawan
18.00	9	0	Berawan

$$R = \frac{TL}{693.0 \times C} = \frac{1.26 \mu s}{0.693 \times 3.3 nF} = 550 \text{ Ohm}$$

Dari perhitungan berdasarkan data ke-1 dimana diketahui hasil *duty cycle* sebesar 37%, maka dapat diketahui resistor variabel tersebut berada pada posisi 550 Ohm.

B. Pengujian tegangan keluaran panel surya/tegangan masukan boost converter

Pengujian tegangan keluaran panel surya dilakukan untuk mendapatkan nilai tegangan masukan

dari *boost converter*. Pengujian dilakukan pada kondisi cuaca cerah. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan pengaruh sel surya terhadap keluaran panel surya. Hasil pengukuran tegangan keluaran

panel surya ditunjukkan pada Tabel 1.

Berdasarkan data yang ditunjukkan pada Tabel 1 tegangan keluaran maksimum yang dihasilkan oleh panel surya adalah 35 volt dengan kondisi suhu panel surya 47 (°C) dan tegangan keluaran minimum sebesar 9 volt dengan kondisi suhu 27 (°C).

C. Pengujian tegangan keluaran boost converter tanpa beban

Pengujian tegangan keluaran *boostconverter* tanpa beban yang dilakukan dengan tujuan untuk melihat pengaruh hasil tegangan yang dihasilkan *boost converter* dengan menggunakan tegangan panel surya sebagai inputnya. Pengujian dilakukan dengan cara menghubungkan panel surya dengan titik masukan dari rangkaian *boost converter* yang telah dirancang. Hasil pengukuran tegangan keluaran *converter* tanpa beban ditunjukkan pada Tabel 2.

Berdasarkan hasil pengukuran tegangan keluaran *boost converter* tanpa beban pada Tabel 2, dapat dilihat bahwa tegangan keluaran yang dihasilkan oleh rangkaian *boost converter* yang telah dirancang mendapati hasil yang konstan yaitu 51 volt meskipun dengan tegangan *input* yang berubah-ubah. Percobaan ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana hasil perancangan terhadap waktu percobaan. Dari data Tabel 2 juga terlihat hasil pengujian yang dilakukan didapati tegangan yang berubah-ubah sesuai cuaca dan pada pengujian pukul 18.00 WIB *boostconverter* tidak dapat lagi menaikkan tegangan dikarenakan tegangan tidak mencukupi lagi untuk mengoperasikan *boost converter* yang memiliki rating tegangan kerja minimum sebesar 12 volt.

D. Pengujian tegangan keluaran boostconverter dengan menggunakan beban aki 48 volt

Pada tahap ini dilakukan pengujian dengan beberapa variasi tegangan guna mendapatkan tegangan ideal untuk proses pengisian aki yang digunakan pada mobil *hybrid* dengan sumber tegangan yang didapat dari panel surya. Aki yang digunakan pada mobil *hybrid* adalah aki 12 Volt 12 Ah yang tersusun seri sebanyak 4 buah sehingga sumber daya dari aki tersebut menjadi 48 Volt 12 Ah, sedangkan panel surya mempunyai tegangan maksimum yang dapat dihasilkan sebesar 36 Volt. Ketidaksetimbangan inilah yang menjadikan dibuatnya perancangan ini agar mencukupi proses dalam pengisian aki dari panel surya.

TABEL 3
HASIL TEGANGAN DAN ARUS PADA *PHOTO*
VOLTAIC (PV) DAN *BOOST CONVERTER* (BC)

Waktu (WIB)	Tegangan PV (V)	Arus PV (A)	Tegangan BC (V)	Arus BC (A)
07.00	12,5	1,63	49	0,39
07.30	12	1,94	49	0,44
08.00	18	2,78	49	0,61
08.30	17,5	2,2	49	0,74
09.00	32	2,88	49	1,77
09.30	32	2,81	50	1,73
10.00	34	2,75	51	1,71
10.30	35	2,72	51	1,68
11.00	35	2,65	51	1,63
11.30	35	2,43	52	1,44
12.00	35	2,22	52	1,36
12.30	35	1,96	52	1,12
13.00	33	1,6	52	0,91
13.30	33	1,51	52	0,87
14.00	32	1,36	52	0,72
14.30	30	1,32	52	0,64
15.00	27	1,2	52	0,53

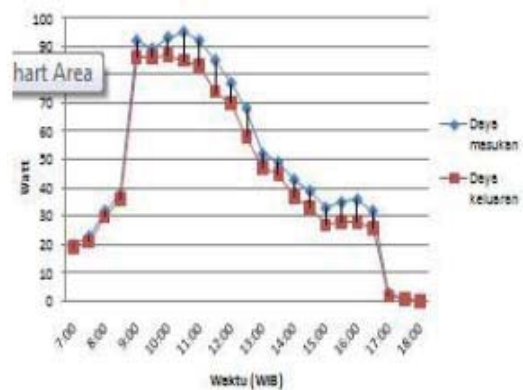
Dari Tabel 3 dapat dilihat hasil dari pengambilan data dari *boost converter* dengan masukan dari panel surya 250 Wp terhadap pengisian aki pada mobil *hybrid*. Pengambilan data dilakukan dengan cuaca yang cerah-berawan. Dari data tersebut dapat dilihat hasil yang naik turun sesuai dengan pengaruh cuaca yang terjadi pada saat pengambilan data. Tegangan terbesar yang didapat dari panel surya terjadi mulai pukul 10.30 yaitu sebesar 35 Volt. Pada arus yang dihasilkan dari PV didapat hasil arus yang semakin menurun, hal ini disebabkan oleh kapasitas arus pada aki yang semakin bertambah selama proses pengisian.

E. Pengujian daya masukan terhadap daya keluaran

Daya masukan dan keluaran pada *boost converter* akan sangat bergantung dari perhitungan dan pemilihan komponen yang digunakan, semakin bagus komponen dan rangkaian yang digunakan maka akan semakin optimal hasil yang didapat. Pada pengujian daya ini, berlaku persamaan $P_s = P_o$ yang dapat dilihat pada landasan teori, yang berarti daya masukan akan sama dengan daya akan dikeluarkan. Berdasarkan persamaan yang didapat pada landasan

TABEL 4
HASIL DATA DAYA MASUKAN DAN KELUARAN
BOOST CONVERTER

Da ta	Waktu (WIB)	Daya masukan (W)	Daya keluaran (W)
1	07.00	20,37	19,21
2	07.30	23,28	21,86
3	08.00	32,04	30,2
4	08.30	38,5	36,29
5	9:00	92,16	86,73
6	9:30	89,92	86,5
7	10:00	93,5	87,21
8	10:30	95,2	85,68
9	11:00	92,75	83,13
10	11:30	85,05	74,88
11	12:00	77,7	70,72
12	12:30	68,6	58,24
13	13:00	52,8	47,32
14	13:30	49,83	45,24
15	14:00	43,52	37,44
16	14:30	39,6	33,28
17	15:00	33,75	27,56
18	15.30	35,7	28,66
19	16.00	36,18	28,96
20	16.30	32,94	26,1
21	17.00	3,64	2,88
22	17.30	1,82	1,41
23	18.00	0,18	0



Gambar 11. Grafik perbandingan daya masukan dan keluaran *boost converter*

teori, dimana $V_{sIs} = V_{oIo}$ maka dilakukan perhitungan guna mendapatkan hasil perbandingan dan hasil kerja dari rangkaian yang telah dilakukan.

$V_{sIs} = V_{oIo}$

Dari Tabel 4 hasil pengambilan data daya masukan dan keluaran dari *boostconverter* terlihat daya yang semakin menurun terhadap lamanya proses pengisian aki, hal ini dikarenakan proses pengisian aki mendekati penuh atau tercukupi. Namun pada data pengukuran didapati daya yang berubah-ubah sesuai dengan kondisi

TABEL 5
DATA HASIL RALAT PERBANDINGAN DAYA
MASUKAN DAN KELUARAN *BOOST*
CONVERTER

Daya masukan <i>boost converter</i> (W)	Daya keluaran <i>boost converter</i> (W)	Ralat Mutlak	Ralat Relatif (%)
20,37	19,21	1,16	94,3
23,28	21,86	1,42	94
32,04	30,2	1,84	94,2
38,5	36,29	2,21	94,2
92,16	86,73	5,43	94,1
89,92	83,96	5,96	93,73
93,5	87,21	6,29	93,27
95,2	85,68	9,52	90
92,75	83,13	9,62	89,62
85,05	74,88	10,17	88,04
77,7	70,72	6,98	91,01
68,6	58,24	10,36	84,89
52,8	47,32	5,48	89,6
49,83	43,16	6,67	86,61
43,52	37,44	6,08	86,65
39,6	33,28	6,32	84,04
33,75	27,56	6,19	81,65
35,7	28,66	7,04	80,28
36,18	28,96	7,22	80
32,94	26,1	6,84	79,23
3,64	2,88	0,76	79,1
1,82	1,41	0,41	77,47
0,18	0	0	0

cuaca yang terjadi pada saat pengukuran, sehingga intensitas cahaya yang diberikan oleh matahari juga berubah-ubah sesuai dengan cuaca dan pada dari Tabel 4 juga terlihat perbedaan antara daya masukan dan keluaran yang sedikit berbeda, hal ini terjadi karena adanya faktor rugi daya yang hilang pada proses pengisian dan juga faktor dari rangkaian *boost converter* yang digunakan. Perbedaan antara daya masukan dan keluaran dapat dilihat pada Gambar 11.

Dari Gambar 11. Grafik perbandingan daya keluaran dan masukan pada *boost converter* terlihat pada garis merah merupakan grafik dari daya masukan dan garis biru merupakan grafik daya keluaran. Dari grafik tersebut terlihat perbandingan antara daya keluaran dan masukan yang sedikit berbeda.

Dari Tabel 5 data hasil perhitungan ralat perbandingan daya masukan dan keluaran *boost converter* dapat dilihat hasil dengan persentase terbesar pada data ke-1 dan persentase terkecil pada data ke-22, hal ini disebabkan oleh kondisi pada saat diambilnya data pertama *boost converter* masih pada kondisi yang sangat baik namun seiring dengan

digunakan terus-menerus dan tingkat panas pada *boost converter* yang semakin tinggi sehingga membuat rugi-rugi semakin banyak dan membuat daya semakin berkurang.

5. PENUTUP

A. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Berdasarkan rancangan yang telah dibuat, untuk mendapatkan tegangan 51 Volt maka resistor resistor variabel diatur sebesar 500 Ohm sehingga mendapatkan *duty cycle* sebesar 0,37 atau 37%.
2. Tegangan ideal pada proses pengisian ini didapatkan pada kondisi tegangan 51 volt dengan mempertimbangkan kapasitas tegangan masing-masing aki saat penuh yaitu sebesar 12,7 volt.
3. Dari pengaruh daya terhadap rancangan *boost converter* mendapat efisiensi maksimum sebesar 94% dan efisiensi minimum sebesar 77%. Hal ini menunjukkan bahwa perancangan sudah berjalan baik dan cukup handal untuk digunakan.

B. Saran

Ada beberapa saran yang dapat diberikan setelah melakukan penelitian ini, yaitu sebagai berikut.

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk melihat apakah *boost converter* dapat meningkatkan energi listrik yang dihasilkan.
2. Dapat dilakukan penelitian guna peningkatan daya *boost converter* sehingga mendapatkan efisiensi yang lebih optimum.

REFERENSI

- [1] Kurniawan, Aditya. 2012. *Analisi Perancangan dan Simulasi Konverter Penaik Tegangan pada Sistem Jaringan Listrik Mikro Arus Searah*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- [2] Yuwono, Budi. 2005. *Optimalisasi Panel Sel Surya dengan Menggunakan Sistem Pelacak Berbasis Mikrokontroler At89c51*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret.
- [3] Pandiarajan, N., and Ranganath Muthu. *Mathematical Modeling of Photovoltaic Module with Simulink*. India: Departement of Electrical Engineering SSN College of Engineering Kalavakkam.
- [4] Aurino, Dkk. 2011. *Sistem Pengisian Battery Lead Acid secara Adaptive*. Surabaya: Politeknik Elektronika Negeri Surabaya.

- [5] Surja, Dkk. 2008. *Switch Mode Power Supply Menggunakan Boost Converter Sebagai Pfc Converter*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [6] Malvino, Albert. 1986. *Prinsip-Prinsip Elektronika*. Jakarta: Erlangga.
- [7] Prayogo, Rudito. 2012. *Pengaturan PWM*. Malang: Universitas Brawijaya Malang.
- [8] Fathah, Abdul. 2013. *Design Of a Boost Converter*. Rourkela: National Institute Of Technology Rourkela.