

RANCANG BANGUN *BUCK-BOOST CONVERTER* SEBAGAI *CHARGER* BATERAI *CONTROLLER* BERBASIS PWM DENGAN SUMBER *PHOTOVOLTAIC*

Wibowo Aldi¹, Huda Abil²

^{1,2}Universitas Borneo Tarakan, Tarakan, Kalimantan Utara, Indonesia

¹aldiwibowo267@gmail.com

²abil@engineer.com

Abstract— Charging the battery by supplying electric current continuously. Charging is stopped when the battery voltage has reached the maximum voltage. If the battery has reached its maximum voltage but charging is still carried out, it will cause losses, namely the waste of electrical energy, to prevent damage to the battery, a controller known as a charger controller is needed. The main function of the charger controller is to maintain the state of the battery by preventing excessive current and voltage distribution. This research produces a system that can increase and decrease the voltage as desired by using a buck-boost converter circuit as a means of stabilizing the output voltage supplied to the battery with a measured voltage of 13.01 V and a current of 3.64 A.

Keywords—Buck-Boost Converter, Pulse Width Modulation (PWM), and Battery.

Intisari— Pengisian baterai dengan cara mengaliri arus listrik secara terus menerus. Pengisian dihentikan ketika tegangan baterai telah sampai pada tegangan maksimal. Jika baterai telah mencapai tegangan maksimumnya tetapi tetap dilakukan pengisian maka akan menimbulkan kerugian yaitu pemborosan energi listrik untuk mencegah kerusakan pada baterai, dibutuhkan sebuah alat pengendali yang dikenal dengan *charger controller*. Fungsi utama dari *charger controller* adalah mempertahankan keadaan baterai dengan mencegah terjadinya distribusi arus dan tegangan yang berlebihan. Penelitian ini menghasilkan sistem yang dapat menaikkan dan menurunkan tegangan sesuai yang diinginkan dengan menggunakan rangkaian *buck-boost converter* sebagai alat untuk menstabilkan tegangan keluaran yang disuplai dengan tegangan yang terukur sebesar 13 V untuk aki dan Arus 3,64 A.

Kata Kunci—Buck-Boost Converter, Pulse Width Modulation (PWM), dan Baterai.

I. PENDAHULUAN

Kebutuhan akan energi listrik di Indonesia pada saat ini semakin meningkat seiring dengan perkembangan perekonomian masyarakat yang sangat pesat, di Indonesia sendiri untuk menghasilkan energi listrik masih menggunakan bahan bakar dari fosil yang sewaktu-waktu akan habis. Ada berbagai macam energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan diantaranya adalah energi surya, air, angin dan panas bumi. Diantara semua pilihan energi terbarukan surya adalah energi yang paling bersih dan tidak ada habis-habisnya.

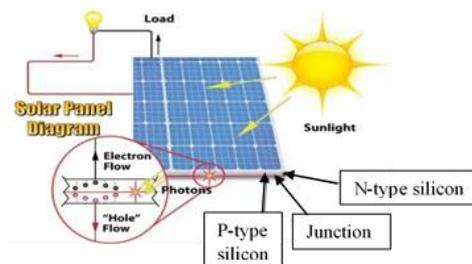
II. LANDASAN TEORI

A. Kajian Pustaka

Photovoltaic atau sel surya adalah perangkat elektronik yang berfungsi mengkonversi sinar matahari menjadi listrik. Melalui *photovoltaic* maka energi matahari dapat diubah secara langsung menjadi energi listrik dalam bentuk tegangan / arus DC (*Direct current*) [19].

DC *chopper* yang digunakan kali ini adalah tipe *buck-boost converter* dimana tegangan keluarannya dapat dinaikkan dan diturunkan. Suplai daya searah yang biasa digunakan adalah suplai daya searah yang tidak teratur, besarnya tidak bisa dinaikkan dan diturunkan sesuai dengan kebutuhan. Dengan memanfaatkan komponen elektronika daya yaitu mosfet maka bisa mengatur besar keluaran dari daya searah (DC) [4].

B. Photovoltaic Cell



Gambar 1. Proses perubahan cahaya menjadi arus listrik (Sumber: Safrizal, 2017)

Photovoltaic cell merupakan sebuah *semiconductor device* yang memiliki permukaan luas, terdiri dari rangkaian dioda tipe P dan N. Sinar matahari (cahaya) yang mengenai sel surya menghasilkan elektron dengan muatan positif dan *hole* yang bermuatan negatif, selanjutnya elektron dan *hole* mengalir membentuk arus listrik searah (DC), elektron akan meninggalkan sel surya dan mengalir pada rangkaian luar, sehingga timbul arus listrik prinsip ini disebut *photoelectric*. Kapasitas arus yang dihasilkan tergantung pada intensitas cahaya maupun panjang gelombang cahaya yang jatuh pada *photovoltaic*. Intensitas cahaya menentukan jumlah foton, makin besar intensitas cahaya yang mengenai permukaan sel surya makin besar pula foton yang dimiliki sehingga makin banyak pasangan elektron dan *hole* yang dihasilkan yang akan mengakibatkan besarnya arus yang mengalir. Makin

pendek gelombang cahaya maka makin tinggi energi foton sehingga makin besar energi elektron yang dihasilkan, dan juga berimplikasi pada makin besarnya arus yang mengalir. Pada Gambar 1. adalah proses perubahan cahaya menjadi arus listrik.

C. PWM (*Pulse Width Modulation*)

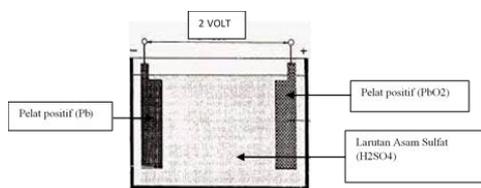
Metode PWM (*Pulse Width Modulation*) adalah salah satu teknik modulasi dengan mengubah lebar pulse (*duty cycle*) dengan nilai *amplitude* yang tetap. Satu siklus *pulse* merupakan kondisi *high* kemudian berada di zona transisi ke kondisi *low*. Lebar *pulse* PWM berbanding lurus dengan *amplitude* sinyal asli yang belum termodulasi. *Duty cycle* merupakan representasi dari kondisi logika *high* dalam suatu periode sinyal dan dinyatakan dalam bentuk (%) dengan *range* 0 %-100 %, sebagai contoh jika sinyal berada dalam kondisi *high* terus menerus artinya memiliki *duty cycle* sebesar 100 %. Jika waktu sinyal keadaan *high* dan keadaan *low* maka sinyal mempunyai *duty cycle* sebesar 50%. [19].

D. PID (*Proportional Integral Derivative*)

PID (*Proportional Integral Derivative*) merupakan *controller* untuk menentukan kepresisian suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik umpan balik/*feedback* pada sistem tersebut. Komponen PID terdiri dari 3 jenis, yaitu *proportional*, *integral*, dan *derivative*. Ketiganya dapat dipakai bersamaan maupun secara sendiri, tergantung dari respon yang diinginkan [8].

E. Akumulator

Akumulator atau aki adalah sebuah sumber arus listrik searah yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Akumulator termasuk elemen elektrokimia yang dapat mempengaruhi zat pereaksinya, sehingga disebut elemen sekunder. Akumulator pertama kali ditemukan oleh ahli fisika Perancis, bernama *Gaston Plante* pada tahun 1859. Gambar 2. adalah gambar konstruksi akumulator

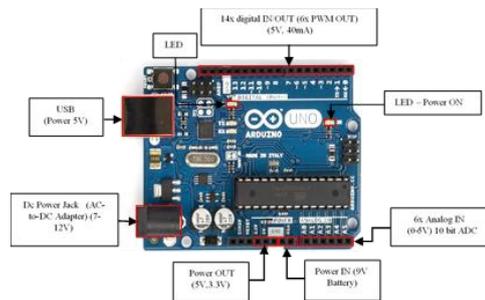


Gambar 2. Kontruksi Akumulator
(Sumber: Setiono, 2015)

Aki bekerja atas dasar pengisian dan pengosongan energi listrik yang terdapat di dalamnya. Pada saat akumulator dipakai, maka terjadi pengosongan, dimana kedua elektrodanya akan menjadi timbal sulfat. Hal ini disebabkan kedua elektroda bereaksi terhadap larutan asam sulfat. Pada reaksi tersebut elektroda timbal melepaskan banyak elektron, akibatnya terjadi aliran listrik dari timbal dioksidanya. Dalam aki terdapat sel untuk menyimpan arus yang mengandung asam sulfat. Tiap sel berisikan plat positif dan pelat negatif. Pada plat positif mengandung oksida timah coklat (PbO2), sedangkan plat negatif mengandung timah (Pb). Plat-plat di tempatkan pada batang penghubung. Pemisah atau separator menjadi

isolasi diantara plat itu, dibuat agar *battery acid* mudah beredar di sekeliling plat.

F. Microcontroller

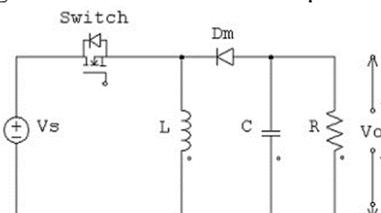


Gambar 3. Arduino uno
(Sumber: Handoko, 2018)

IDE Arduino memungkinkan pemrogram membangun program yang akan ditanamkan ke dalam mikrokontroler ATmega 328 yang tertanam di dalam modul arduino UNO ini yang dinamakan dengan *sketch*. IDE ini memiliki kemampuan selain sebagai editor program, IDE ini pun memiliki kemampuan melakukan *compile* dan memungkinkan pemrogram mengunggah program yang dibuat tanpa harus menggunakan *tool* tambahan [3].

G. Buck-Boost Converter

Buck-boost converter adalah suatu rangkaian elektronika yang dapat menaikkan dan menurunkan nilai tegangan keluaran, nilai tegangan tersebut dapat diatur dengan merubah nilai *duty cycle*. Pada rangkaian *buck-boost converter* terdapat beberapa komponen pendukung yaitu induktor, kapasitor, *driver mosfet*, dan resistor. Komponen utama pada rangkaian ini adalah sebuah induktor yang berfungsi sebagai penyimpan energi listrik yang akan disalurkan ke beban. Tegangan pada beban tersebut adalah hasil dari energi yang tersimpan pada induktor ditambah dengan tegangan *input* metode *buck-boost* tidak lain adalah kombinasi antara *buck* dan *boost*, dimana tegangan keluaran dapat diatur menjadi lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan masukan, yang menarik untuk dicatat dari *buck boost converter* adalah bahwa tegangan keluaran memiliki tanda berlawanan dengan tegangan masukan. Oleh karena itu metoda ini pun ditemui pada aplikasi yang memerlukan pembalikan tegangan (*voltage inversion*) tanpa *transformer* [4]. Dapat dilihat rangkaian *buck-boost converter* pada Gambar 2.4.



Gambar 4. Rangkaian *buck-boost converter*
(Sumber: Komarudin, 2014)

Mendesain *buck-boost* digunakan beberapa persamaan, yaitu:

1. Menghitung *duty cycle*

Nilai *duty cycle* dapat dihitung dengan persamaa dibawah ini (1).

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

Keterangan: V_o : Tegangan Keluaran (V)
 V_i : Tegangan Masukan (V)
 D : *Duty Cycle* (%)

2. Menentukan nilai resistor

Nilai resistor atau juga tahanan dapat di tentukan dengan persamaan (2).

$$R = \frac{V_o^2}{P} \quad (2)$$

Keterangan: V_o : Tegangan Keluaran (V)
 R : Tahanan (Ω)
 P : *Daya* (Watt)

3. Menentukan nilai induktor

Untuk menentukan nilai induktor yang ideal pada buck-boost converter maka dibutuhkan rumus yang ada sebagai berikut (3), (4), dan (5)

$$iL = \frac{(V_i \cdot D)}{R(1-D)^2} \quad (3)$$

$$\Delta iL = \%iL \times iL \quad (4)$$

$$L = \frac{(V_i \cdot D)}{\Delta iL \cdot f} \quad (5)$$

Keterangan: iL : *Daya* Masukan (Watt)
 V_i : *Tegangan* Masukan (V)
 D : *Duty cycle* (%)
 R : Tahanan (Ω)
 F : Frekuensi (Hz)

4. Menentukan nilai kapasitor

Pada *Buck-boost converter* terdapat satu buah kapasitor, dimana nilainya ditentukan dari Persamaan (6) dan (7).

$$\Delta V_o = \%V_o \cdot V_o \quad (6)$$

$$C = \frac{(V_o \cdot D)}{\Delta V_o \cdot R \cdot F} \quad (7)$$

Keterangan: V_o : Tegangan Keluaran (V)
 C : Kapasitor (Farad)
 D : *Duty cycle* (%)
 R : Tahanan (Ω)
 F : Frekuensi (Hz)

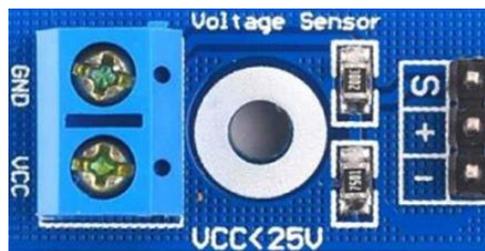
5. Menghitung nilai daya

Setelah didapatkan nilai tegangan dan arus pada pengujian keseluruhan sistem, selanjutnya adalah menghitung nilai daya yang ditentukan dari persamaan (8).

$$P = V \cdot I \quad (8)$$

Keterangan: P : *Daya* (Watt)
 V : Tegangan (V)
 I : Arus (A)

H. Sensor Tegangan



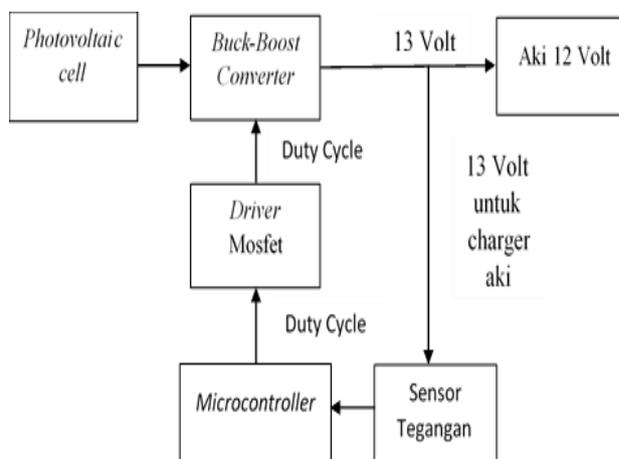
Gambar 5. Sensor tegangan

Sensor tegangan berfungsi membaca nilai tegangan suatu rangkaian. *Arduino* dapat membaca nilai tegangan dengan memanfaatkan pin analog. Jika *range* tegangan yang dibaca antara 0-5V maka bisa langsung menggunakan pin analog, sedangkan jika *range* tegangan yang dibaca lebih dari 5V maka harus menggunakan rangkaian tambahan yakni pembagi tegangan karena pin *Arduino* bekerja pada tegangan maksimal 5V [9]. Bisa dilihat pada Gambar 2.5.

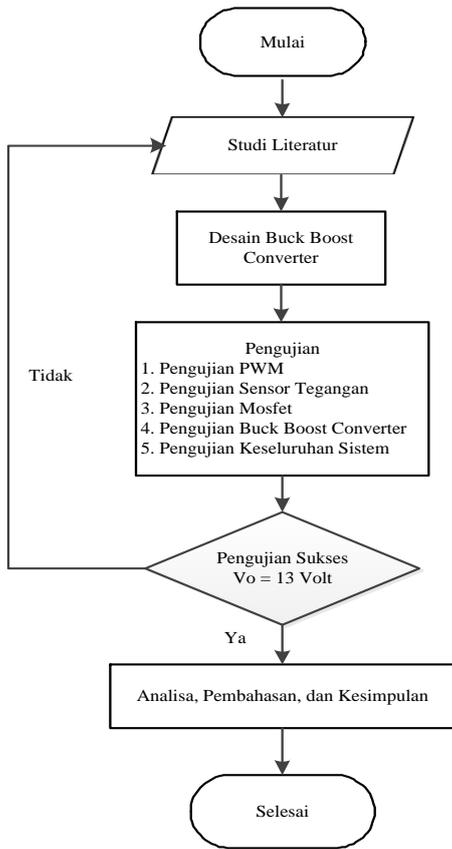
III. METODE PENELITIAN

Penelitian yang dilakukan menggunakan penelitian yang ber jenis penelitian kuantitatif. Penelitian ini lebih fokus terhadap pengukuran, karena hasil pengukuran yang dilakukan akan lebih memudahkan untuk penelitian yang akan dilakukan. Penelitian yang dilakukan dengan judul Perancangan *Buck-Boost Converter* Sebagai *Charger* Baterai *Controller* Berbasis PWM Dengan Sumber *photovoltaic*, dimana akan dilakukan pengukuran pada sumber *photovoltaic* sebagai sumber dari *buck-boost converter* untuk *charger* baterai.

Pada Gambar 6. dibawah adalah blok diagram perancangan sistem *converter* DC-DC tipe *buck-boost converter*. Sumber tegangan yang berasal dari *photovoltaic* yang akan masuk ke *buck-boost converter* sebagai inputnya, jika *output* dari *buck-boost converter* belum sesuai dengan yang sudah ditentukan maka sensor akan membaca tegangan yang keluar dari *buck-boost converter* dan akan menjadi nilai *error* yang akan diolah dengan mengatur nilai *duty cycle* untuk mendapatkan nilai yang diinginkan yaitu 13V untuk melakukan *charging* pada Aki.



Gambar 6. Diagram Blok Sistem

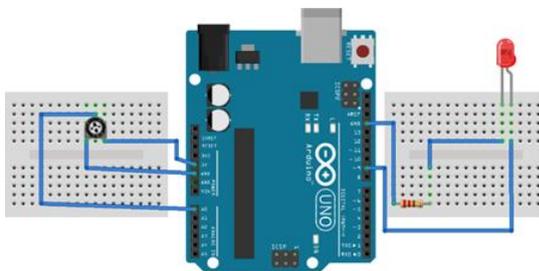


Gambar 7. *Flowchart* Penelitian

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian PWM pada *Microcontroller*

Pada tahapan ini dilakukan pengujian PWM dimana pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan gelombang *duty cycle* yang diinginkan, dimana frekuensi yang digunakan kali ini adalah 20 KHz, gambar desain untuk pengujian PWM *microcontroller* pada Gambar 8.



Gambar 8. Desain pengujian PWM pada *microcontroller*

Tabel I

Hasil pengukuran PWM pada *microcontroller*

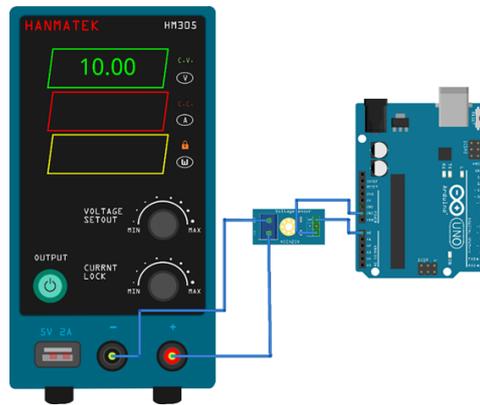
NO	Frekuensi (Hz)	Nilai PWM (%)	Duty cycle (%)
1.	20 KHz	25,5	10,76
2.		51	20,99
3.		76,5	33,5
4.		102	39,77
5.		127,5	49,25

NO	Frekuensi (Hz)	Nilai PWM (%)	Duty cycle (%)
6.	20 KHz	153	60,51
7.		178,5	69,25
8.		204	79,37
9.		229,5	90,92
10.		255	98,46

Dari Tabel I menunjukkan jika nilai PWM diubah maka *duty cycle* akan berubah sesuai dengan nilai yang diinginkan dan bentuk gelombang juga akan mengalami perubahan.

B. Pengujian Sensor Tegangan

Pada tahap ini dilakukan pengujian sensor tegangan untuk mengetahui apakah sensor dapat mengukur tegangan, untuk mendapatkan sumber tegangan yang diinginkan maka sumber tegangan yang digunakan kali ini adalah *power supply*. Gambar 9. desain pengujian sensor tegangan.



Gambar 9. Desain Pengujian Sensor Tegangan

Tabel II

Hasil pengukuran sensor tegangan

NO	Tegangan input (VDC)	Multimeter Nilai (y) (VDC)	Sensor Tegangan Nilai (x) (VDC)	(Output) Error (%)	(Output) Akurasi (%)
1.	1	1	0,95	5	95
2.	1,5	1,5	1,46	2,67	97,33
3.	2	2	2	0	100
4.	2,5	2,5	2,49	0,4	99,6
5.	3	3	3	0	100
6.	3,5	3,5	3,49	0,28	99,72
7.	4	4	4	0	100
8.	4,5	4,5	4,48	0,44	99,56
9.	5	5	4,9	2	98
10.	5,5	5,5	5,49	0,18	99,82
11.	6	6	5,95	0,83	99,17

NO	Tegangan input (VDC)	Multimeter Nilai (y) (VDC)	Sensor Tegangan Nilai (x) (VDC)	(Output) Error (%)	(Output) Akurasi (%)
12.	6,5	6,5	6,49	0,15	99,85
13.	7	7	6,99	0,14	99,86
14.	7,5	7,5	7,45	0,67	99,33
15.	8	8	7,99	0,12	99,88
16.	8,5	8,5	8,47	0,35	99,65
17.	9	9	9	0	100
18.	9,5	9,5	9,48	0,21	99,79
19.	10	10	9,99	0,1	99,9
Rata-rata				0,70	99,29

Berikut adalah perhitungan dari *error* dari data pengukuran nomor 19;

$$\begin{aligned}
 \text{Error} &= \frac{y - x}{y} \times 100 \\
 &= \frac{10 - 9,99}{10} \times 100 \\
 &= 0,1
 \end{aligned}$$

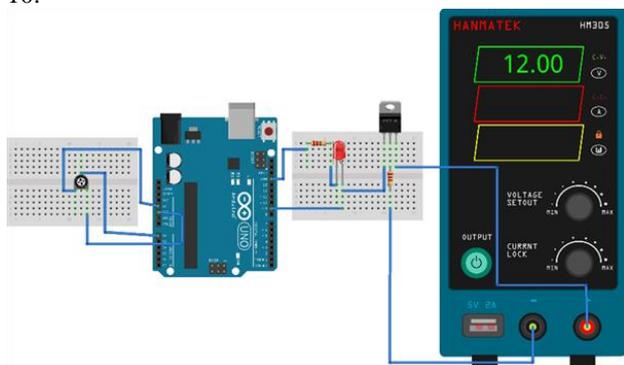
$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi} &= 100 - \text{Error} \\
 &= 100 - 0,1 \\
 &= 99,9
 \end{aligned}$$

$$\text{Rata-rata} = \frac{\text{Jumlah data}}{\text{Banyaknya data}}$$

Keterangan : *y* = Tegangan Multimeter (VDC)
x = Sensor Tegangan (VDC)

C. Pengujian Mosfet

Pengujian ini merupakan pengujian mosfet yang digunakan untuk menghubungkan rangkaian kontrol dengan mosfet, sehingga rangkaian kontrol dapat bekerja dengan baik. Fungsi dari mosfet ini adalah untuk mengoperasikan mosfet dari keadaan *OFF* ke *ON* atau bisa juga sebaliknya. Gambar desain mosfet ada pada Gambar 10.



Gambar 10. Desain pengujian mosfet

Setelah dilakukan pengujian pada mosfet didapatkan hasil dari mosfet dengan tegangan yang diberikan adalah 18 Volt, *channel 1* ditunjukkan untuk *output* dari *microcontroller*, sedangkan *channel 2* untuk *output* dari mosfet, ketika dilakukan pengujian didapatkan hasil,

tegangan *channel 2* yang terbaca di *osiloskop* lebih besar dari pada tegangan pada *channel 1*.

Dari Tabel II diatas didapatkan nilai rata-rata keakuratan dari sensor tegangan yaitu 99,29 %, sedangkan nilai *error* 0,70 %. Sehingga dapat dikatakan bahwa sensor dalam keadaan yang dapat digunakan pada sistem perancangan *buck-boost converter*.

D. Mendesain Dan Pengujian *Buck-Boost Converter*

Mendesain *buck-boost converter* ini dilakukan bertujuan untuk menentukan parameter nilai komponen yang akan digunakan. Sedangkan pengujian *buck-boost converter* menggunakan metode PWM untuk mengontrol *switching* pada mosfet dengan mengubah *duty cycle*, yang dimana *duty cycle* disini berguna untuk mengatur tegangan dari *input* ke *output* dari *buck-boost converter*.

1. Mendesain *Buck-Boost Converter*

Spesifikasi *buck-boost converter* yang akan dibuat sebagai berikut:

Tegangan *input* = 17 Volt

Tegangan *output* = -12 Volt

Frekuensi = 20 KHz

1. Menentukan nilai *duty cycle*

$$\begin{aligned}
 D &= \frac{V_o}{(V_o - V_i)} \\
 &= \frac{-12}{(-12 - 17)} \\
 &= \frac{-12}{-29} \\
 D &= 0,41 \%
 \end{aligned}$$

2. Menentukan nilai resistor

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{V_o^2}{P} \\
 &= \frac{-12^2}{10} \\
 R &= 14,4 \Omega
 \end{aligned}$$

3. Menentukan nilai induktor

$$\begin{aligned}
 i_L &= \frac{(V_i \cdot D)}{R \cdot (1 - D)^2} \\
 &= \frac{(17 \cdot 0,41)}{14,4 \cdot (1 - 0,41)^2} \\
 &= \frac{6,97}{5,01} \\
 &= 1,3 \text{ A}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta i_L &= 1\% \times i_L \\
 &= 1\% \times 1,3 \\
 &= 0,013 \text{ A}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L &= \frac{(V_i \cdot D)}{\Delta i_L \cdot F} \\
 &= \frac{(17 \cdot 0,41)}{0,013 \cdot 20000} \\
 &= \frac{6,97}{260} \\
 &= 0,026 \text{ H}
 \end{aligned}$$

$$= 26 \text{ mH}$$

4. Menentukan nilai kapasitor

$$\Delta V_o = \%V_o \cdot V_o$$

$$\Delta V_o = \%1 \cdot -12$$

$$= 0,12 \text{ V}$$

$$C = \frac{(V_o \cdot D)}{\Delta V_o \cdot R \cdot F}$$

$$= \frac{(-12 \cdot 0,41)}{0,12 \cdot 14,4 \cdot 20000}$$

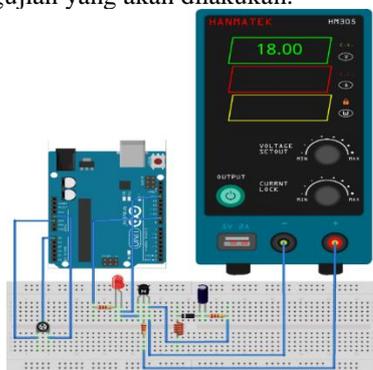
$$= \frac{-4,92}{34560}$$

$$= 0,00014 \text{ F}$$

$$= 140 \mu\text{F}$$

2. Pengujian *Buck-Boost Converter*

Pada pengujian ini dilakukan dengan menggunakan nilai PWM yang nilainya berbeda agar dapat melihat hasil dan perubahan yang terjadi pada nilai *output* dari *buck-boost converter*. Jika diberikan input 12V *duty cycle* nya adalah 50% dan menghasilkan tegangan *output* 12V, maka pengujian dapat dikatakan berhasil. Gambar 11. adalah desain pengujian yang akan dilakukan.



Gambar 11. Desain pengujian *buck-boost converter*

Tabel III

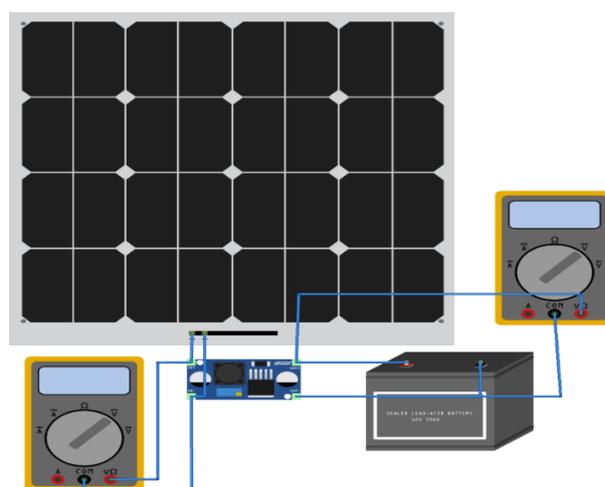
Hasil pengujian *buck-boost converter*

Tegangan Input (V)	Nilai PWM	Duty Cycle (%)	Tegangan Output (V)
12	25.5	15%	0.18V
12	51	22%	0.38V
12	76.5	32%	0.58V
12	102	39%	1.02V
12	127.5	50%	1.88V
12	153	60%	2.26V
12	178.5	70%	3.60V
12	204	81%	5.05V
12	229.5	90%	7.57V
12	225	98%	9.88V

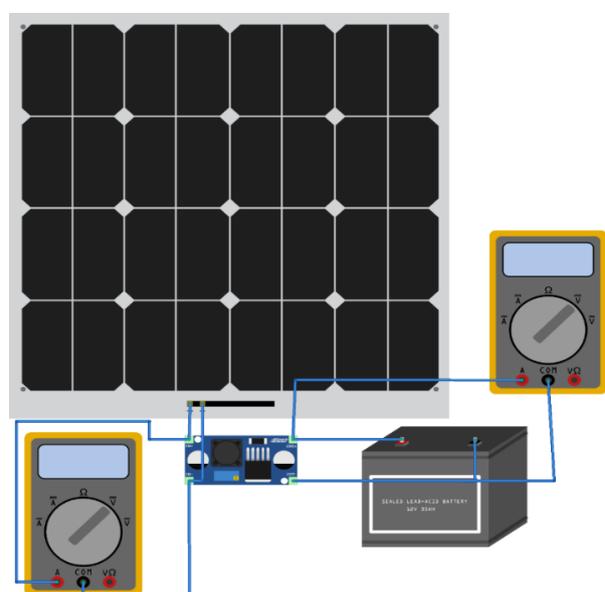
Tabel III adalah hasil dari pengujian *buck-boost converter* yang sudah dilakukan pengujian *buck-boost* dengan PWM Didapatkan hasil yang kurang tepat, dimana alat hanya bisa melakukan *buck* atau penurunan tegangan dan tidak dapat melakukan *boost* atau menaikkan tegangan, kemungkinan yang terjadi adalah induktor tidak bekerja secara maksimal, karena induktor disini sangat berperan penting untuk menaikkan tegangan, sedangkan tegangan yang dihasilkan juga tidak stabil kemungkinan terjadi dari kapasitor, karena kapasitor disini berfungsi sebagai *filter* tegangan keluar. Jadi pada pengujian keseluruhan yang akan dilakukan ditambahkan alat bantu module *buck-boost converter*. Module yang digunakan kali ini adalah module tipe X16009.

E. Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian ini dilakukan dengan keseluruhan dari system yang telah digabung antara *sel surya*, *buck-boost converter*, dan Aki sebagai bebannya. Desain pengujian Keseluruhan sistem ada pada Gambar 12. dan 13.



Gambar 12. Pengujian sistem untuk pengukuran tegangan.



Gambar 13. Pengujian sistem untuk pengukuran arus

Tabel IV
Hasil pengujian dari keseluruhan *system buck-boost converter*

Intensitas cahaya (W/M2)	Suhu (°C)	Tegangan Input (V)	Arus Input (A)
100.2	34.1	19.70	0,85
301.1	32.6	20.68	1.13
516.4	31	20.78	1.23
700	32	20.57	1.25
1005.2	34.2	20.67	1.30
Daya Input (W)	Tegangan Output (V)	Arus Output (A)	Daya Output (W)
16,74	13.01	3.64	47,35
23.37	13.02	3.86	50.25
25.55	13.01	3.89	50.61
25.71	13.01	3,87	50,34
26.88	13.01	3.91	50.87

Tabel IV Menunjukkan hasil pengujian keseluruhan sistem yang sudah dilakukan, tegangan *output* yang didapatkan dari *buck-boost converter* stabil dikisaran 13,01V, meskipun tegangan *input* berubah-ubah karena adanya perubahan *intensitas* cahaya matahari dan suhu yang mempengaruhi *photovoltaic* yang digunakan. Dan arus yang dihasilkan oleh *buck-boost converter* berbeda, arus *input* lebih kecil dari *arus output*, karena tegangan yang dihasilkan oleh sumber *photovoltaic* yaitu sekitar 20 Volt, kemudian ketika melewati *buck-boost converter* tegangan mengalami penurunan menjadi 13V agar tidak terjadi *overheat* pada aki.

Nilai daya input dan daya output dapat ditentukan dengan rumus dibawah ini:

$$\begin{aligned} \text{Daya input: } P &= V \cdot I \\ &= 20,67 \times 1,30 \\ &= 26,88 \text{ W} \\ \text{Daya output: } P &= V \cdot I \\ &= 13,01 \times 3,91 \\ &= 50,87 \text{ W} \end{aligned}$$

V. KESIMPULAN

1. Kesimpulan

Hasil pengujian dan Analisa data yang sudah dilakukan diatas maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengujian PWM pada *microcontroller* yang telah dilakukan mendapatkan nilai *duty cycle* dan gelombang PWM yang baik dan stabil sehingga dapat digunakan untuk melakukan pengujian.
2. Penggunaan sensor tegangan DC memiliki keakuratan yang baik, *error* yang didapatkan, yaitu rata rata nilai *error* adalah 0,70%, dapat disimpulkan bahwa sensor tidak melebihi nilai *error* yaitu 5%, sehingga sensor dalam kondisi baik dan mampu kerja sesuai yang diharapkan.
3. Perancangan dan program dari *buck-boost converter* hasilnya hanya didapatkan buck atau penurunan tegangan saja, hasil dari pengujian yang dilakukan sistem dapat bekerja karena ditambahkan module untuk menaikkan tegangan.
4. Buck-boost converter yang telah didesain hanya dapat melakukan *buck* atau penurunan tegangan dan tidak bisa menaikkan tegangan, maka dari itu digunakan module XL6009 yang dapat menaikkan tegangan hingga 35 Volt.
5. Arus yang dihasilkan oleh *buck-boost converter* adalah sekitar 3,52 A hingga 3,92 A, arus yang dihasilkan dari *buck-boost converter* nilainya stabil meskipun intensitas cahaya mengalami perubahan.

2. Saran

Saran penulis setelah meneliti diharapkan adanya perhatian dalam pemilihan komponen induktor dan kapasitor, karena berperan penting untuk meningkatkan tegangan dan juga arus. Guna meningkatkan fungsi dan kesempurnaan dari alat ini maka lebih baiknya menambahkan rangkaian kontrol agar dapat mempermudah pengujian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa dalam proses penulisan karya ilmiah ini banyak mengalami kendala. Namun berkat doa orang tua saya dan berkah dari Allah SWT, sehingga kendala-kendala tersebut dapat diatasi dengan kemudahan dan kelancaran. Terima kasih disampaikan kepada dewan redaksi jurnal yang telah meluangkan waktu untuk membuat template ini.

REFERENSI

- [1] Arismunandar, Wahyu, Robet., & Hendarto Deni. (2017) Rancang bangun sistem pengisian daya perangkat gadget panel surya sebagai sumber listrik alternatif di fasilitas umum. *JuTEKS*, 46-53.
- [2] Cholis., Sara, Devi, Ira., & Away, Yuwaldi. (2016) Perancangan alat pencatat data kurva karakteristik arus dan tegangan (I-V) MODUL SURYA .C
- [3] Handoko, Prio., Hermawan, Hendi., & Nasucha, Mohammad. (2018). Sistem kendali alat elektronika menggunakan *microcontroller* arduino uno R3 DAN *ethernet shield* dengan antar muka berbasis arduino. *DINAMIKA REKAYASA*, 92-103.
- [4] Juarsah, Arief, Marco., Facta, Mochammad., & Nugroho, Agung. (2015). Perancangan DC *chopper* tipe *Buck-Boost*

- converter* penguatan umpan balik IC TL 494. TRANSIENT, 597-603.
- [5] Komarudin, Achmad. (2014). Desain dan analisis proporsional kontrol *buck-boost converter* pada sistem *photovoltaic*. JURNAL ELTEK, 78-89.
- [6] Mahrub, Irfan., Bintoro, Jusuf., & Djatmiko, Wisnu. (2018). Rancang Bangun Solar *Charger Controller* Menggunakan Synchronous Non-Inverting *Buck-Boost converter* Pada Panel Surya 50 Watt Peak (WP) Berbasis Arduino Nano V3.0. Jurnal Pendidikan Vokasional Teknik Elektronika, 1-4.
- [7] M. Shell. (2002) IEEEtran homepage on CTAN. [Online]. Available: <http://www.ctan.org/tex-archive/macros/latex/contrib/supported/IEEEtran/>
- [8] Nabella, Aulia, Meirena., Prastiwi, Andriani., & Subiyantoro. (2018) Analisis Kinerja Cuk *Converter Charge Controller* dengan Kontrol PID pada *Off-Grid Photovoltaic System*. Jurnal Elkolind, 12-17.
- [9] Rudiantmadja, Iwan. (2018) Rancang bangun dan monitoring *charger* baterai dengan metode *Charging* otomatis menggunakan rangkaian sensor tegangan dan *regulator* arus berbasis arduino mega 2560. Eprint, 11-68.
- [10] Rifan, M., HP, Sholeh., Shidiq, Mahfudz., Yuwono, Rudy., Suryono, Hadi., & Fitriana (2012). Optimasi Pemanfaatan Energi Matahari di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya. Jurnal EECIS, 44-48
- [11] Robiul, Ari, Ichsan., Effendy, Machmud., & Suhardi, Diding. (2017). Studi Analisa Synchronous Rectifier Buck Converter Untuk Meningkatkan Efisiensi Daya Pada Sistem Photovoltaic. KINETIK, 151-164.
- [12] Salim. (2019). Perancangan *buck converter* sebagai *charger battery controller* berbasis PWM dengan sumber photovoltaik. Universitas Borneo Tarakan, 1-45.
- [13] Safrizal. (2017). Rancangan panel surya sebagai sumber energi listrik. Jurnal DISPROTEK, 75-81.
- [14] Siddik, Deddy., & Sidabutar. (2015). Rancang bangun *buck-boost converter* pada panel surya menggunakan metode kontrol PI DAN PID berbasis *microcontroller* ATMEGA 8535. Paper and Presentation, 1-6.
- [15] Setiawan, Eko., Facta, Mochammad., & Nugroho, Agung. (2015). Penggunaan *converter* jenis *buck* dengan pemutus tegangan otomatis untuk pengisi akumulator. TRANSIENT, 51-57.
- [16] Setiono, Iman. (2015). Akumulator, Pemakaian DAN Perawatannya. METANA, 31-36.
- [17] Said, Syafaul, Faesol. (2017) Rancang bangun kontrol kecepatan motor BLDC menggunakan PID *controller* pada *wind tunnel* sebagai *prototype* pengujian turbin angin. UT-Faculty of Engineering, 31-32.
- [18] Teresna, Wayan, I., Sugiarta, Nym, I., & Suparta, Nengah, I. (2014). Pengujian *charger* modul simulasi solar *cell* untuk meyuplai *warning light*. Buletin Fisika, 30-39.
- [19] Yuwono, Sigit., Kurniawan, Ekki, & Viegas, Alvius. (2019) Desain dan implementasi unit kontrol baterai berbasis Pulse Width Modulation (PWM) untuk sistem penerangan menggunakan modul solar cell. E-Proceeding Of Engineering, 2657-2667.