

PERANCANGAN SISTEM CHARGING BATERAI MENGGUNAKAN BUCK-BOOST CONVERTER DENGAN SUMBER PANEL SURYA BERBASIS MIKROKONTROLER ARDUINO NANO

Benekdiktus Angger Wahyu Widhiawan^{*)}, Susatyo Handoko, dan Darjat

Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudharto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

E-mail: anggerwidhi04@gmail.com

Abstrak

Energi matahari merupakan sumber energi terbarukan alternatif untuk pembangkit listrik. Energi matahari dapat di rubah menjadi energi listrik dengan menggunakan panel surya. Panel surya memiliki karakteristik tegangan *output* yang berubah-ubah seiring berubahnya tingkat iradiasi matahari. Untuk mengatasinya digunakan baterai sebagai penyimpan energi dan menyediakan sumber daya yang konstan untuk peralatan listrik. Namun untuk melakukan pengisian baterai dengan menggunakan sumber panel surya dibutuhkan adanya sebuah regulator untuk mengatur tegangan yang masuk ke baterai. Pada tugas akhir ini dibuat *battery charging* dengan metode *buck-boost converter* untuk menstabilkan tegangan luaran *solar cell*. Sistem *battery charging* menggunakan mikrokontroler arduino nano sebagai pusat kendali untuk menaikkan dan menurunkan tegangan luaran *solar cell* secara otomatis. Tegangan *output* dari sistem pengendali ini dijaga sesuai standar tegangan pengisian baterai. Hasil pengujian *battery charging* mencapai efisiensi rata-rata 90,06 %. Secara keseluruhan tegangan *charging* rata-rata yang terbaca sekitar 13,58 Volt dan arus *charging* yang dihasilkan rata-rata 0,44 Ampere. *Charging battery* 12 Volt membutuhkan waktu kurang lebih 120 menit dari keadaan *battery* 11,35 Volt sampai 12,63 Volt.

Kata kunci: Buck-boost converter, Panel surya, Battery Charging

Abstract

Solar energy is an alternative renewable energy for electricity generation. Solar energy can be converted into electrical energy using solar panels. Solar panels have an output voltage element that varies with changing levels of solar irradiation. To overcome this, batteries are used as energy storage and provide a constant source of power for electrical equipment. However, to charge the battery using solar panels, a regulator is needed to assist the voltage that goes to the battery. In this final task, battery charging system created by the method of buck-boost converter to stabilize the output voltage of the solar cell. Battery charging system using a microcontroller as the central control for raising and lowering the output voltage of the solar cell automatically. The output voltage of this control system is maintained according to the standard battery charging voltage. The test results of battery charging reach an average efficiency of 90.06%. Overall average charging voltage that is read around 13.58 Volt and the charging current is generated on average 0.44 Ampere. Charging a 12 Volt battery takes approximately 120 minutes from the 11.35 Volt battery to 12.63 Volt.

Keywords: Buck-boost converter, Solar cell, Battery Charging

1. Pendahuluan

Saat ini, baterai merupakan suatu alat menjadi kebutuhan penting bagi manusia. Tanpa disadari didalam ponsel yang manusia bawa sehari-hari sekalipun terdapat baterai didalamnya. Berbagai macam baterai telah diciptakan dengan spesifikasi dan kemampuan yang berbeda-beda disetiap jenisnya contohnya primer (*primary battery*) dan baterai sekunder (*secondary battery*). Baterai primer adalah baterai yang tidak dapat diisi muatan listrik kembali (*charge*) setelah habis digunakan, sedangkan baterai

sekunder dapat diisi kembali oleh muatan listrik (*rechargeable*) [1]. Penggunaan listrik PLN untuk media pengisian baterai secara terus menerus akan mengakibatkan pemborosan energi listrik dari PLN. Agar tidak terjadi pemborosan energi listrik maka digunakan energi alternatif yang terbarukan. Sebagai negara beriklim tropis seperti di Indonesia banyak energi alternatif yang bisa dimanfaatkan untuk dikonversi menjadi energi listrik. Indonesia memiliki potensi energi terbarukan yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia, meliputi sumber energi surya, sumber energi air dan mikrohidro, sumber

energi angin, sumber energi panas bumi, sumber energi gelombang laut, dan sumber energi biomassa [2].

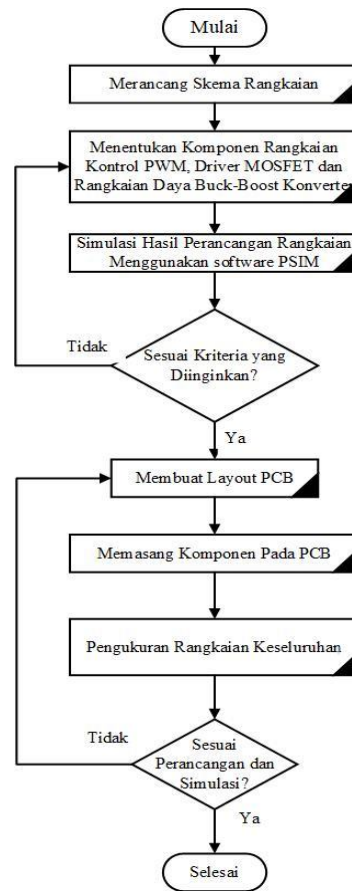
Energi matahari sangat cocok jika dikonversi ke energi listrik karena sinar matahari jumlahnya tak terbatas meskipun ada kurun waktunya antara terbit sampai terbenam. Energi surya dapat di konversikan menjadi energi listrik dengan menggunakan alat yang disebut dengan panel surya [3]. Penggunaan energi surya sebagai sumber energi listrik memiliki beberapa kelemahan, seperti daya listrik yang dihasilkan oleh panel surya dipengaruhi oleh iradiasi sinar matahari, suhu lingkungan, dan sudut datang matahari [4], maka diperlukan adanya alat yang dapat mengontrol *output* dari panel surya agar dapat stabil. Salah satu alat yang dapat digunakan adalah menggunakan *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* [5]. Jika intensitas cahaya matahari redup tegangan keluaran panel juga akan rendah, maka *converter* akan berada dalam mode *boost* untuk meningkatkan level tegangan, sebaliknya jika intensitas cahaya terang tegangan keluaran panel juga akan tinggi, maka *converter* akan berada dalam mode *buck* untuk menurunkan level tegangan. Tegangan *output* dari sistem pengendali ini dijaga sesuai standar tegangan pengisian baterai yaitu 110%-150% dari nominal tegangan baterai [6]. Pengendalian tegangan dilakukan dengan menggunakan metode kontrol *proportional integral* berbasis mikrokontroler Arduino Nano melalui perantara IC TLP250 sebagai MOSFET *driver*.

2. Metodologi

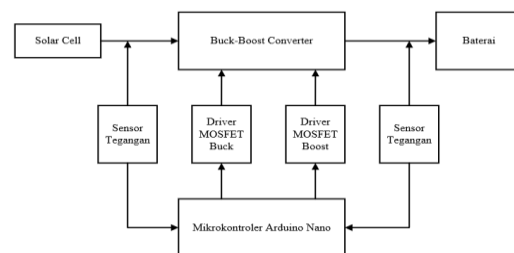
2.1. Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam perancangan Tugas Akhir Rangkaian *charging battery* menggunakan *buck-boost converter* berbasis Arduino nano ini terdiri atas; rangkaian DC-DC *buck-boost converter* dan rangkaian driver MOSFET, rangkaian kontrol dan baterai sebagai *output*. Diagram perancangan Tugas Akhir ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Diagram alir perancangan *buck-boost converter*

2.2. Blok Fungsional Sistem



Gambar 2. Digram blok perancangan perangkat keras

Sistem *battery charging* menggunakan *solar cell* sebagai sumber energi listrik. Tegangan luaran *solar cell* berkisar 0-22 Volt maka diperlukan rangkaian *buck-boost converter* untuk menstabilkan tegangan. *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* [7]. Tegangan luaran *solar cell* dikontrol agar stabil di 13,6 volt.

2.3. Perancangan Perangkat Keras (*Hardware*)

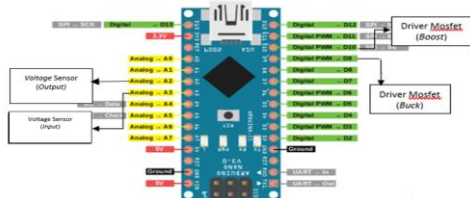
Perancangan perangkat keras membahas *setting port* mikrokontroler, perancangan rangkaian *buck-boost converter*, perancangan rangkaian *driver* mosfet dan perancangan sensor tegangan.

2.3.1. *Setting Port* Mikrokontroler

Mikrokontroler digunakan sebagai pusat kendali sistem *battery charging*. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino Nano. Arduino Nano adalah sebuah *board* mikrokontroler didasarkan pada ATmega 328 [8]. Pada Sistem *battery charging* digunakan beberapa pin mikrokontroler dengan rancangan sesuai pada Tabel 1.

Tabel 1. Konfigurasi Port Mikrokontroler

No.	Pin Arduino	Keterangan
1	Pin A2	Voltage Sensor (<i>output</i>)
2	Pin A3	Voltage Sensor (<i>input</i>)
2	Pin 9	PWM mode <i>buck</i>
3	Pin 10	PWM mode <i>boost</i>



Gambar 3. *Setting Port* Mikrokontroler

2.3.2. Perancangan *Buck-boost converter*

Pada perancangan *buck boost converter* di jelaskan mengenai perhitungan komponen *buck boost converter* dan rangkaian *buck boost converter* secara keseluruhan.

Tabel 2. Parameter Perhitungan *Buck Boost converter*

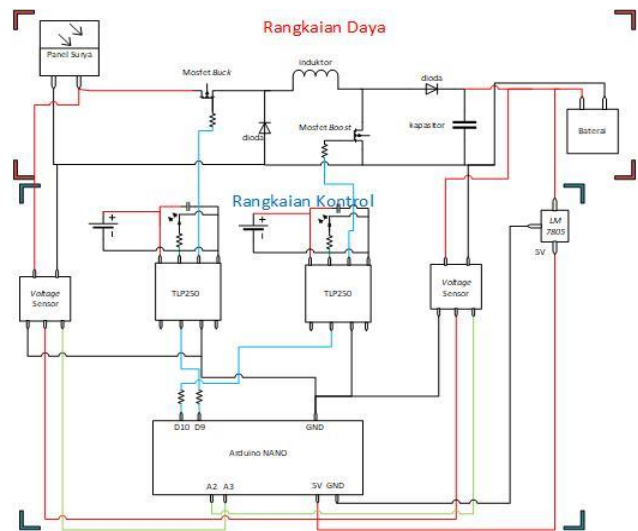
Parameter	Nilai
P (daya)	27 Watt
<i>Vinput</i> (tegangan <i>input</i> minimal)	7 V
<i>Vinput</i> (tegangan <i>input</i> rata-rata tinggi)	17 V
<i>Voutput</i> (tegangan <i>output</i> yang diinginkan)	13,6 V
Ripple Tegangan Output	1%
Ripple Arus Induktor	10%
<i>I_o</i>	2 A

Terdapat 5 komponen penyusun rangkaian *buck-boost converter*, yaitu induktor, kapasitor, dioda, *Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor* (MOSFET), dan resistor sebagai beban [9]. Komponen penyusun *buck-boost converter* yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Komponen penyusun *buck-boost converter*

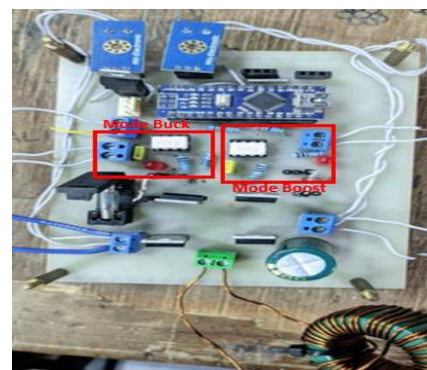
Komponen	Tipe/Nilai
MOSFET	IRF530
Dioda	MUR1560
Induktor	500uH
Kapasitor	470µF

Rangkaian sistem secara keseluruhan dari konverter arus searah tipe *buck-boost* dan rangkaian kontrol ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Realisasi rangkaian *buck-boost converter*

2.3.3. Perancangan Rangkaian *Driver* MOSFET

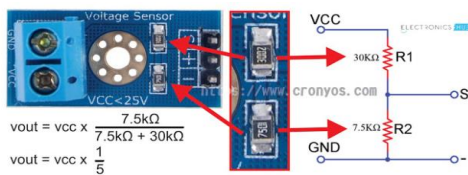


Gambar 5. Realisasi rangkaian TLP250

Rangkaian *driver* MOSFET yang digunakan pada perancangan Tugas Akhir ini adalah TLP250. Pemilihan

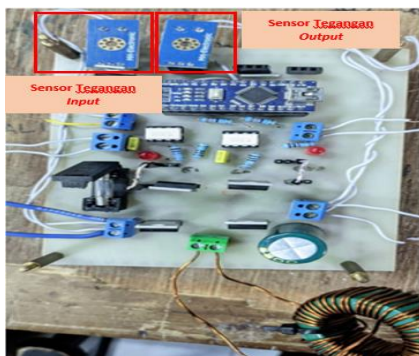
TLP250 sebagai rangkaian *driver* MOSFET pada perancangan Tugas Akhir ini dikarenakan TLP250 memiliki fungsi isolasi yang memisahkan rangkaian kontrol dengan rangkaian daya. Selain itu, TLP250 juga dapat menguatkan sinyal PWM dengan nilai tegangan 5 volt yang dibangkitkan oleh rangkaian kontrol menjadi sinyal PWM dengan nilai tegangan yang lebih tinggi sehingga dapat digunakan untuk memicu pensaklaran MOSFET IRF530 [10]. Tegangan masukan TLP250 memiliki *range* sebesar 10-35 volt [11].

2.3.4. Perancangan Rangkaian Sensor Tegangan



Gambar 6. Sensor Tegangan

Perancangan sensor tegangan pada Tugas Akhir ini menggunakan dua modul sensor tegangan yang diletakkan pada *input* dan *output* rangkaian. Terminal positif (+) dihubungkan dengan VCC, terminal negatif (-) dihubungkan dengan GND, terminal S dihubungkan ke pin ADC pada Arduino, terminal VCC dihubungkan dengan *input* positif dari panel surya dan juga sisi positif dari keluaran rangkaian DC-DC *converter* dan terminal GND dihubungkan dengan sisi negatif dari *input* panel surya dan sisi negatif keluaran rangkaian DC-DC *converter* [12].



Gambar 7. Realisasi Sensor Tegangan

2.4. Perancangan Perangkat Lunak

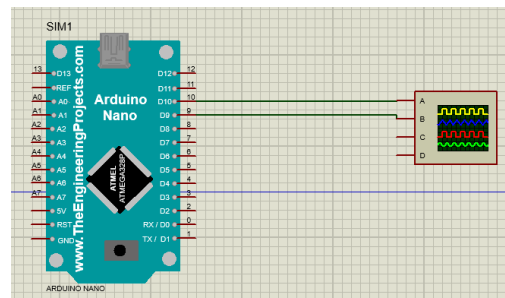
Rangkaian *buck-boost converter* yang dirancang pada penelitian Tugas Akhir ini membutuhkan suatu rangkaian kontrol yang berfungsi untuk membangkitkan sinyal PWM dan mengolah data tegangan keluaran untuk menjalankan rangkaian *buck-boost converter* secara *close loop*. Hasil dari pengolahan data pada rangkaian kontrol berupa sinyal PWM yang digunakan untuk pensaklaran MOSFET. Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu perancangan rangkaian

kontrol pada penelitian Tugas Akhir ini. Perancangan rangkaian kontrol pada penelitian Tugas Akhir ini dibagi menjadi 3 bagian yaitu, perancangan rangkaian pembangkit PWM yang menggunakan Arduino Nano, perancangan sensor tegangan dan perancangan kontrol PI [13].

2.4.1. Arduino Nano

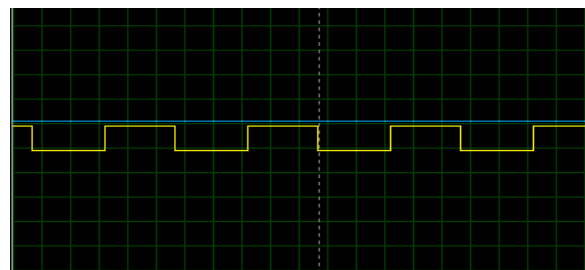
Arduino Nano digunakan sebagai rangkaian kontrol pada penelitian Tugas Akhir ini. Arduino Nano berfungsi untuk menerima data hasil pembacaan tegangan dari *buck-boost converter*, pembacaan data tegangan tersebut kemudian diolah untuk menerapkan program *proportional integral* pada rangkaian *buck-boost converter*. Arduino Nano diprogram untuk bekerja pada frekuensi sebesar 20 kHz. Pin 9 pada Arduino Nano digunakan sebagai pin keluaran PWM *buck* dan Pin 10 digunakan sebagai pin keluaran PWM *boost*.

Rangkaian pembangkitan sinyal PWM dengan Arduino Nano dapat disimulasikan menggunakan *software* ISIS Proteus 7 seperti pada Gambar 8.

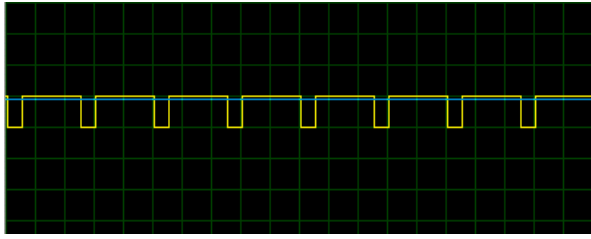


Gambar 8. Simulasi pembangkit PWM dengan Arduino Nano menggunakan *software* Proteus 7

Gambar 8. merupakan simulasi pembangkitan PWM menggunakan Arduino Nano dengan *software* ISIS Proteus 7. Pin D9 dan D10 pada Arduino Nano merupakan pin keluaran PWM. Senarai program yang telah dirancang diunduh kedalam Arduino Nano, kemudian dilihat gelombang keluaran PWM menggunakan osiloskop. Berikut merupakan hasil simulasi pembangkitan PWM.



(a) Gelombang keluaran PWM saat *duty cycle* PWM *boost* 50% dan *duty cycle* PWM *buck* 100%



(b) Gelombang keluaran PWM saat *duty cycle* PWM boost 80% dan *duty cycle* PWM buck 100%

Gambar 9. Gelombang keluaran PWM pada software Proteus 7.

Gambar 9 merupakan hasil simulasi rangkaian pembangkit PWM menggunakan Arduino Nano. Pengaturan nilai *duty cycle* dilakukan dengan mengubah parameter *duty cycle* pada senarai program. Gelombang PWM yang dihasilkan akan dikeluarkan melalui pin 9 (D9) dan pin 10 (D10) pada Arduino Nano.

2.4.2. Pembangkitan Sinyal Sensor Tegangan

Sensor tegangan yang digunakan pada perancangan Tugas Akhir ini adalah modul sensor tegangan.

Berikut merupakan senarai program untuk mengoperasikan sensor tegangan.

```
void loop() {
  SensorVi = analogRead(A3); // membaca sensor
  tegangan input
  Vi = (0.0224437*SensorVi)+0.1001286;
  //mengkonversi nilai ADC ke nilai tegangan
  sebenarnya
  SensorVo = analogRead(A2); // membaca sensor
  tegangan output
  Vo = (0.0224437*SensorVo); // mengkonversi
  nilai ADC ke nilai tegangan sebenarnya
}
```

Senarai program pembacaan nilai tegangan pada penelitian Tugas Akhir ini menggunakan `SensorVi = analogRead(A3);` dan `SensorVo = analogRead(A2);` merupakan fungsi pembacaan nilai ADC pada pin A3 dan A2. $V_i = (0.0224437 * \text{SensorVi}) + 0.1001286$; dan $V_o = (0.0224437 * \text{SensorVo})$; merupakan Hasil pembacaan nilai ADC. Nilai ADC hasil pembacaan sensor tegangan kemudian dikonversi menjadi nilai tegangan aktual yang mengalir pada sensor tegangan untuk dibaca mikrokontroler.

2.4.3. Perancangan Program Kontroler Proportional-Integral

Dalam perancangan senarai program kontroler *Proportional – Integral*, parameter kontrol harus inialisasi terlebih dahulu dengan senarai sebagai berikut:

```
#include <PWM.h>
//PID constants
double kp = 1;
```

```
double ki = 1;
double kd = 0;
Berdasarkan nilai parameter kontrol PI yang
sudah terdefiniskan, maka operasi umpan balik
error yang dilakukan kontrol PI ditunjukkan
dengan senarai sebagai berikut:
void loop() {
  SensorVi = analogRead(A3); //input
  Vi = (0.0224437*SensorVi)+0.1001286; //baca
  sensor
  SensorVo = analogRead(A2); //output
  Vo = (0.0224437*SensorVo);

  if ( Vi>13.6 ) { //buck
    SensorVo = analogRead(A2); //output
    Vo = (0.0224437*SensorVo);
    setPoint = 13.6;
    input =Vo;
    output = computePID(input);
    dutyCycleInput=output;
    SetPinFrequencySafe(buck, freqinput);
    pwmWriteHR (buck, dutyCycleInput);
    pwmWriteHR(boost,0);
  }
  else { //boost
    SensorVo = analogRead(A2); //output
    Vo = (0.0224437*SensorVo);
    setPoint = 13.6;
    input =Vo;
    output = computePID(input);
    dutyCycleInput=output;
    SetPinFrequencySafe(buck, freqinput);
    pwmWriteHR (buck, 65535);
    pwmWriteHR(boost,dutyCycleInput);
  }

  delay(10);
  Serial.println(Vo);
}
```

3. Hasil dan Analisis

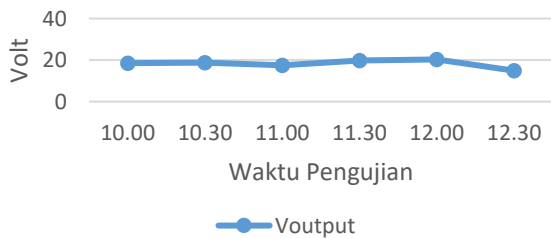
3.1. Pengujian Panel Surya

Pengujian *Solar cell* diperlukan untuk mengetahui tegangan tertinggi dan tegangan terendah dari *solar cell*. Untuk mengukur nilai tegangan dan nilai arus yang dihasilkan *solar cell*, dilakukan pengujian sederhana dengan memberikan beban berupa resistor 390 Ω . Pengujian dilakukan setiap 30 menit sekali.

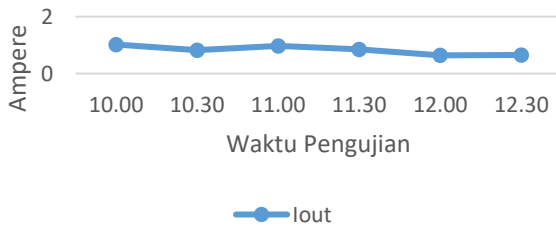
Tabel 4. Tabel Pengujian Panel Surya

Jam	Kondisi	Vout (V)	Iout (A)
10.00	1008	18,5	1,02
10.30	1012	18,8	0,82
11.00	997	17,5	0,97
11.30	1094	19,8	0,85
12.00	1044	20,3	0,64
12.30	980	14,9	0,65

Berdasarkan Gambar 10. dan 11. didapatkan nilai tegangan tertinggi 20,3 Volt, tegangan terendah 14,9 Volt, Arus tertinggi 1,02 A dan Arus terendah 0,64 A dari solar cell. Tegangan dan arus yang berubah-ubah tergantung dari intensitas cahaya matahari yang mengenai *solar cell*.



Gambar 10. Grafik Vout dan Iout yang Dihasilkan Solar cell



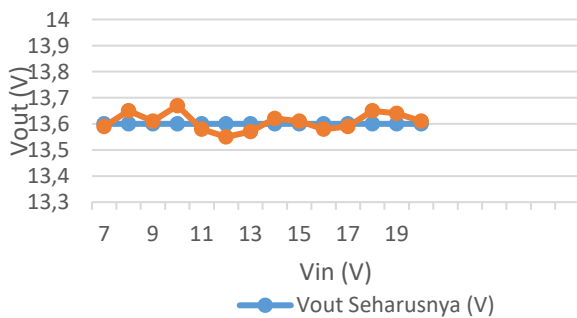
Gambar 11. Grafik Vout dan Iout yang Dihasilkan Solar cell

3.2. Pengujian Rangkaian Daya

Pengujian rangkaian daya dengan *closed loop* bertujuan untuk mengetahui kinerja konverter *buck-boost* yang telah dirancang. Tahap pertama pengujian *buck-boost converter* adalah pengujian tegangan *output* yang dihasilkan *Buck-boost converter* menggunakan *input* dari *power supply variable*. Pada perhitungan *Buck-boost converter*, tegangan *output* yang disetting adalah 13,6 Volt.

Tabel 5. Data hasil pengujian *buck-boost converter* dengan Variasi V_{in} dan beban tetap 390 Ω .

V_{in} (V)	V_{out} Pengujian (V)	V_{in} (V)	V_{out} Pengujian (V)
7	13.59	14	13.6
8	13.6	15	13.61
9	13.61	16	13.59
10	13.6	17	13.59
11	13.58	18	13.6
12	13.59	19	13.6
13	13.6	20	13.61



Gambar 12. Grafik Tegangan *Output* Pengujian *Buck Boost converter* dan Tegangan *Output* Seharusnya

Pada Gambar 12. dapat dilihat perbedaan tegangan *output buck-boost converter* dan tegangan *output* perhitungan tidaklah jauh. Dapat disimpulkan hasil perhitungan *buck-boost converter* dengan hasil pengujian hampir sama, eror yang terjadi sebesar 0,07% sampai 0,22%.

3.3. Pengujian *Duty cycle*

Pengujian nilai *duty cycle* digunakan untuk mengetahui perbandingan nilai *duty cycle* pada pengujian dengan hasil perhitungan. Saat tegangan *input* dibawah 13,6 Volt, perhitungan *duty cycle* menggunakan rumus *boost*. Ketika tegangan *input* diatas 13,6 Volt, perhitungan *duty cycle* menggunakan rumus *buck*.

Rumus menentukan *duty cycle* mode *buck* [14]:

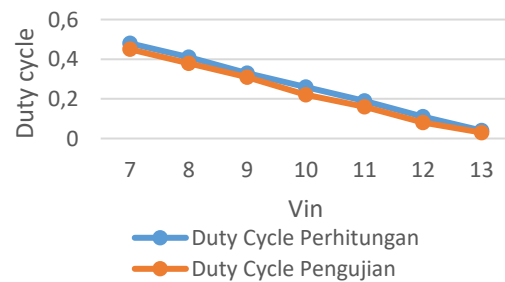
$$D = \frac{V_o}{V_i} \quad (1)$$

Rumus menentukan *duty cycle* mode *boost* [15]:

$$D = 1 - \frac{V_o}{V_i} \quad (2)$$

Tabel 6. Tabel Perbandingan V_{input} dan *Duty cycle* mode *boost*

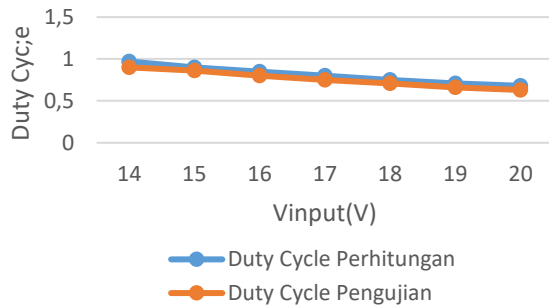
V_{in} (V)	<i>Duty cycle</i> Perhitungan	<i>Duty cycle</i> Pengujian
7	0,48	0,45
8	0,41	0,38
9	0,33	0,31
10	0,26	0,22
11	0,19	0,16
12	0,11	0,08
13	0,04	0,03



Gambar 13. Grafik Perbandingan V_{input} dan *Duty cycle* Mode *Boost*

Tabel 7. Tabel Perbandingan V_{input} dan *Duty cycle* mode *buck*

V_{input}	<i>Duty cycle</i> Perhitungan	<i>Duty cycle</i> Pengujian
14	0,97	0,9
15	0,9	0,86
16	0,85	0,80
17	0,8	0,75
18	0,75	0,71
19	0,71	0,66
20	0,68	0,63



Gambar 14. Grafik Perbandingan *Vinput* dan *Duty cycle* Mode *Buck*

Gambar 13. merupakan grafik perbandingan *Vinput* dan *duty cycle* saat mode *buck*, dapat dilihat bahwa semakin besar *Vinput* maka semakin kecil *duty cycle*. Gambar 14. merupakan grafik perbandingan *Vinput* dan *duty cycle* saat mode *boost*, dapat dilihat bahwa semakin besar *Vinput* maka semakin kecil *duty cycle*. Nilai *duty cycle* yang dibutuhkan pada sistem *battery charging* untuk mode *boost* adalah 0.04 sampai 0.48, sedangkan untuk mode *buck* 0,63 sampai 0,97.

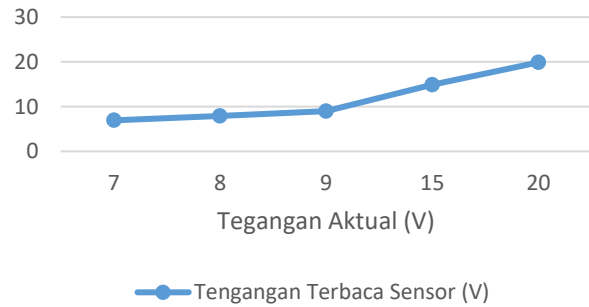
3.4. Pengujian Rangkaian Kontrol

Pada pengujian rangkaian kontrol Tugas Akhir ini dilakukan pengujian sensor tegangan yang bertujuan untuk mengetahui ketelitian sensor saat membaca nilai tegangan aktual.

Sensor tegangan pada penelitian Tugas Akhir ini menggunakan modul sensor tegangan. Pengujian sensor tegangan dilakukan dengan cara sensor tegangan langsung di hubungkan dengan sumber tegangan, nilai aktual yang melewati sensor tegangan akan terbaca oleh sensor, kemudian dibandingkan antara nilai tegangan aktual dengan nilai tegangan yang terbaca oleh sensor tegangan

Tabel 8. Hasil pengujian sensor tegangan

Tegangan Aktual (V)	Tegangan terbaca sensor (V)	Error (%)
7	6.93	1
8	7.91	1,1
9	8.98	0,2
15	14,89	0,7
20	19.88	0,6

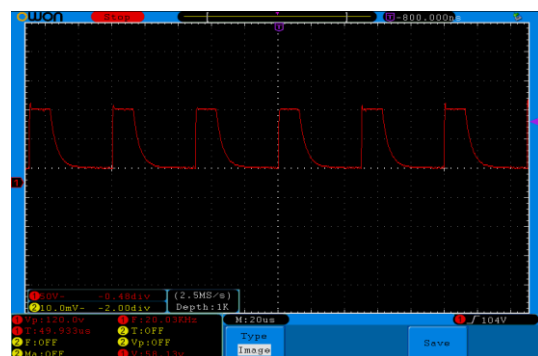


Gambar 15. Grafik Perbandingan *Vaktual* dan *Vsensor*

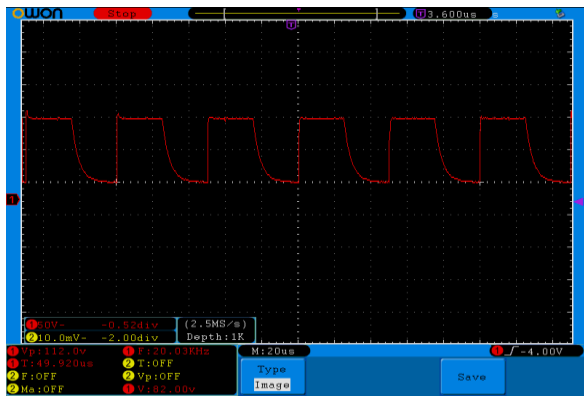
Berdasarkan Tabel 8. hasil pengujian sensor tegangan mengasilkan *error* rata – rata sebesar 0,72%. *Error* yang terjadi pada pengujian sensor tegangan ini dikarenakan nilai toleransi resistor pada modul sensor tegangan dan perhitungannya pembulatan nilai konstanta dan nilai konversi nilai analog ke digital pada mikrokontroler yang tidak presisi menyebabkan semakin besar nilai tegangan *input* maka nilai pembacaan sensor semakin besar selisihnya. Hasil yang diperoleh untuk unjuk kerja sensor tegangan cukup mendukung agar sensor tegangan yang dirancang dapat digunakan dalam Tugas Akhir ini.

3.5. Pengujian Rangkaian Driver

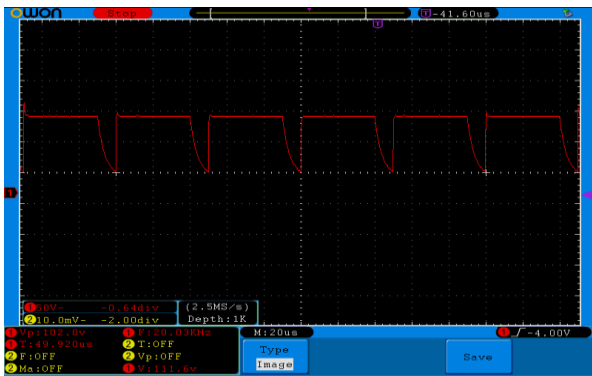
Penelitian Tugas Akhir ini menggunakan TLP250 sebagai *driver* MOSFET dan pengujian rangkaian *driver* ini bertujuan untuk mengetahui dan menganalisa gelombang keluaran PWM pada *osilloscope* setelah mengalami penguatan. Pengujian rangkaian *driver* ini dilakukan dengan 3 variasi, yaitu *duty cycle* 20%, *duty cycle* 50%, dan *duty cycle* 80% dan dengan mempertahankan frekuensi tetap pada 20Khz.



Gambar 16. Gelombang keluaran TLP250 dengan *duty cycle* 20%



Gambar 17. Gelombang keluaran TLP250 dengan *duty cycle* 50%



Gambar 18. Gelombang keluaran TLP250 dengan *duty cycle* 80%

Gambar 16, Gambar 17, dan Gambar 18 merupakan gelombang keluaran TLP250 dengan variasi *duty cycle* 20%, 50%, dan 80%. Frekuensi yang di bangkitkan sebesar 20Khz sesuai dengan *setting* frekuensi *switching* pada rangkaian MOSFET IRF530 agar MOSFET dapat bekerja. Gelombang keluaran TLP250 ini dibangkitkan dari mikrokontroler Arduino Nano.

3.6. Pengujian Sistem Charging Battery

Pengujian keseluruhan bertujuan untuk mengetahui performa sistem sebagai pengisi baterai 12 Volt. Pengujian keseluruhan menggunakan sumber dari *solar cell*, luarannya distabilkan oleh *buck-boost converter* dan digunakan untuk mengisi baterai. Untuk menghitung efisiensi digunakan rumus sebagai berikut .:

$$\text{Efisiensi} = \frac{V_{out} \times I_{out}}{V_{in} \times I_{in}} \times 100\% \quad (3)$$

Pengujian dilakukan pada tanggal 2 november 2020, dengan kondisi tegangan open circuit baterai sebelum di-charging bernilai 11,35 Volt pada pukul 11.15 WIB.



Gambar 19. Pengujian keseluruhan *battery charging*

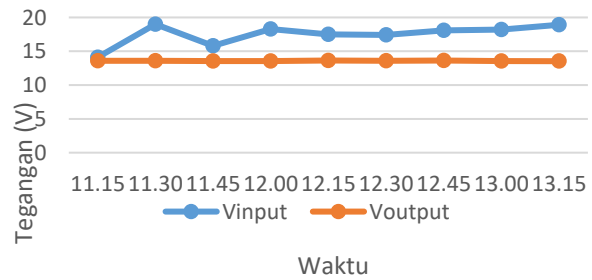
Tabel 9. Hasil pengujian *battery charging* Jam 10.00

Jam	Iradiasi (W/m ²)	Vin (V)	Vout (V)	Iin (A)	Iout (A)	Efisiensi (%)
11.15	450	14,1	13,59	0,59	0,58	94,74
11.30	920	19,0	13,60	1,25	1,16	66,42
11.45	520	15,8	13,54	0,69	0,66	81,97
12.00	856	18,3	13,55	0,32	0,37	85,61
12.15	338	17,5	13,63	0,25	0,32	99,69
12.30	343	17,4	13,58	0,21	0,26	96,62
12.45	510	18,1	13,61	0,19	0,24	94,98
13.00	431	18,2	13,55	0,18	0,23	95,13
13.15	444	18,9	13,53	0,15	0,20	95,44

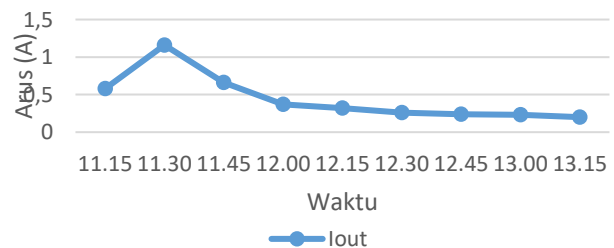
$$\text{Rata-rata tegangan output} = \frac{13,59+13,6+13,54+13,55+13,63+13,58+13,61+13,55+13,53}{9} =$$

$$13,58 \text{ V}$$

$$\text{Rata-rata arus output} = \frac{0,58+1,16+0,66+0,37+0,32+0,26+0,24+0,23+0,20}{9} = 0,44 \text{ A}$$



Gambar 20. Grafik *Vinput* dan *Voutput* *Battery Charging* Pengujian



Gambar 21. Grafik *Ioutput* *Battery Charging* Pengujian

Gambar 20 dan Gambar 21 merupakan pengujian pertama yang dilakukan pada pukul 11.15 WIB hingga 13.15 WIB. Tegangan charging rata-rata yang terbaca sekitar 13,58 Volt dan arus charging yang dihasilkan rata-rata 0,44 Ampere. Charging *battery* 12 Volt membutuhkan waktu 120 menit dari keadaan *battery* 11,35 Volt sampai 12,63 Volt.

4. Kesimpulan

Konverter arus searah tipe *buck-boost* menghasilkan tegangan keluaran yang lebih besar dari tegangan masukan ketika tegangan masukan lebih kecil dari 13,6 volt dengan duty cycle pada mosfet *boost* 0,03 hingga 0,45. Konverter arus searah tipe *buck-boost* menghasilkan tegangan keluaran yang lebih kecil dari tegangan masukan ketika tegangan masukan lebih besar dari 13,6 volt dengan duty cycle pada mosfet *buck* 0,63 hingga 0,9. Charging *battery* 12 Volt membutuhkan waktu 120 menit dari keadaan *battery* 11,35 Volt sampai 12,63 Volt. Dengan tegangan keluaran rata rata 13,58 dan arus keluaran rata rata 0,44 Ampere. Efisiensi rata-rata sistem charging *battery* adalah 90,06%.

Referensi

- [1]. Chairul Huda, "Peranan Riset Baterai Sekunder dalam Mendukung Penyediaan Energi Bersih di Indonesia 2025" Korea Institute of Science and Technology (KIST), 2011.
- [2]. Demand Forecast RUPTL 2019-2028, Jakarta, Indonesia: Keputusan Menteri ESDM No. 39K/20/MEM/2019, Februari 2019.
- [3]. Abdul Majid, Eliza, Redy Hardiansyah, "ALAT AUTOMATIC TRANSFER SWITCH (ATS) SEBAGAI SISTEM" Progam Studi Teknik Elektro UM-Palembang, 2018.
- [4]. John Wiley, and Son Ltd, "*Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*", 1st ed., Chicester, England, 2003
- [5]. Adam Kusuma Wardana, Mochammad Facta, Munawar Agus Ryadi, "Aplikasi Buckboost Converter Sebagai Penyedia Daya Arus Searah Pada Rangkaian Tegangan Tinggi Impuls", Teknik Elektro Universitas Diponegoro, 2014.
- [6]. I Gusti Ngurah Agung Mahardika, I Wayan Arta Wijaya, I Wayan Rinas, "Rancang Bangun Baterai Chage Control Untuk Sistem Pengangkat Air Berbasis Arduino Uno Memanfaatkan Sumber PLTS", Teknik Elektro Universitas Udayana, 2016.
- [7]. Kiehne, H.A, *Battery Technology Handbook*, 2nd ed., 2007.
- [8]. "Arduino Nano," [Online]. Tersedia: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-nano/>. Diakses: 12 September 2020.
- [9]. W. Karni, I. Setiawan, I. Citarsa, "Rancang Bangun Buck-Boost Converter Sebagai Regulator Tegangan Keluaran Pada Panel Surya".
- [10]. IRF530, SiH530 Vishay Siliconix Power MOSFET, Vishay Product Inc, 2008.
- [11]. TOSHIBA, *TOSHIBA Photocoupler GaAlAs Ired & Photo-IC TLP 250*, vol. 5. 2007.
- [12]. D. Ranggah, A. Kusumaningrum, "Penggunaan Buck Boost Converter Pada Sistem Battery Charging Terkendali Mikrokontroler Bersumber Solar Cell", Laporan Tugas Akhir, D3 Teknik Elektro Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2016.
- [13]. I. Setiawan, Kontrol PID untuk Proses Industri. 2008.
- [14]. S. Biyan, F. Mochammad, N. Agung, "Pembuatan DC-DC Konverter 300 Volt Jenis Buck", *Jurnal Transient*, Vol. 4, No. 3, Juni 2015, ISSN: 2302-9927, 297.
- [15]. Arga Tri Agung Hermawan, Aripriharta, Puger Honggowiyono, "Pengembangan Bahan Ajar Konverter Boost", Jurusan Pendidikan Teknik Telekomunikasi, Universitas Negeri Malang, Indonesia, 2014.