

DESAIN DAN IMPLEMENTASI UNIT KONTROL BATERAI BERBASIS PULSE WIDTH MODULATION UNTUK SISTEM PENERANGAN MENGGUNAKAN MODUL SOLAR CELL

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF BATTERY CONTROL UNIT BASED PULSE WIDTH MODULATION FOR LIGHTING SYSTEM BY SOLAR CELL MODULE

Alvius El Viegas¹, Sigit Yuwono, Ekki Kurniawan³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

¹vbandaso@gmail.com, ²yuwono@telkomuniversity.ac.id, ³ekki.kurniawan@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pemanfaatan teknologi *solar cell (photovoltaic)*, cahaya yang dihasilkan oleh matahari dapat diubah menjadi energi listrik dengan menggunakan *solar cell* dan diterapkan pada pembangkit listrik tenaga surya. Pada perkembangannya, pembangkit listrik tenaga surya masih terdapat kendala pada sistem kendali arus dan tegangannya, sehingga pemanfaatan cahaya matahari sebagai sumber energi menjadi kurang efisien.

Pada tugas akhir ini telah dilakukan "Desain dan Implementasi *Battery Control Unit* berbasis *pulse width modulation* untuk panel surya" yang dirancang untuk mengatur arus dan tegangan pada saat *charge* dan *discharge* pada baterai menggunakan *Pulse Width Modulation (PWM)*.

Hasil yang diperoleh pada tugas akhir ini adalah tegangan pengisian baterai sebesar 14VDC dan arus pengisian sebesar 1.2A dimana arus pengisian 10% dari arus baterai. *Battery Control Unit (BCU)* yang diimplementasikan memiliki efisiensi sebesar 92%.

Kata kunci : *solar cell, PWM, charge, discharge, buck converter, boost converter*

Abstract

Utilization of renewable energy has becoming one of the solution in lowering the energy crisis. In addition of the cost increasing, the energy source is getting more and more depleted.

One of the example of utilization of renewable energy is the use of sunlight as the energy source.

The energy resulted by the sunlight can be used as the energy source. By using the photovoltaic technology,

the sunlight can be transform into electrical energy by using the solar cell as applied in the solar power plant. Eventough, the solar power plant has many issues especially in the current control and voltage problem which lack efficiency in utilizing the solar energy.

This research is to do "Designing and Implementing pulse width modulation based battery control unit in solar panel". is designed to flow current and voltage when charging and discharging the battery using Pulse Width Modulation (PWM).

The results obtained in this final project are a battery charging voltage of 14VDC and a charging current of 1.2A where the charging current is 10% of the battery current. The Battery Control Unit (BCU) implemented has an efficiency of 92%.

Keywords : *solar cell, PWM, charge, discharge, buck converter, boost converter*

1. Pendahuluan

Seiring dengan perkembangan teknologi yang semakin maju, maka tingkat kebutuhan energy listrik juga semakin tinggi. Tingginya kebutuhan energy listrik mendorong para ilmuwan untuk menciptakan alat yang memanfaatkan sumber energy listrik terbarukan, salah satunya adalah cahaya matahari. Indonesia merupakan Negara tropis berdasarkan letak geografis yang mana mempunyai potensi yang sangat baik untuk memanfaatkan tenaga surya sebagai salah satu sumber energy alternatif, mengingat bahwa Indonesia memiliki cadangan minyak dan gas bumi yang banyak, namun minyak dan gas bumi tersebut bukanlah sumber energy yang dapat diperbarui.

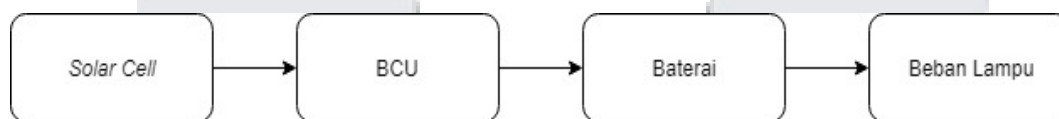
Dengan memanfaatkan cahaya matahari, telah ditemukan banyak Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Di Indonesia, pemanfaatan tenaga surya sebagai sumber energy listrik masih kurang. Padahal dalam pemanfaatannya, Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sangat ramah lingkungan, hanya membutuhkan sedikit perawatan, dan merupakan energi yang tidak akan pernah habis. Namun, faktor biaya pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang menjadi salah satu yang dipikirkan karena membutuhkan biaya yang sangat besar.

Dalam pembangunannya, Pembangkit Listrik Tenaga Surya menggunakan beberapa komponen yang wajib, seperti *Solar Cell*, *Battery Control Unit (BCU)*, *Inverter*, *Baterai*, dan *Beban*. Pada tugas akhir ini, akan dilakukan perancangan *Battery Control Unit (BCU)* yang menjadi salah satu bagian penting dalam pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Surya. Distribusi arus dan daya dari *solar cell* menuju baterai pada sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya menjadi salah satu masalah yang wajib diteliti, mengingat kurang baiknya distribusi daya dan arus dari *Solar Cell* menuju baterai akan mengakibatkan kerusakan pada baterai. *Battery Control Unit (BCU)* berfungsi untuk mengatur arus listrik dari Solar Cell ke baterai dan dari baterai ke beban. Selain itu, *Battery Control Unit (BCU)* juga mengatur kelebihan voltase dari Solar Cell yang dapat mengurangi umur baterai. Hasil dari tugas akhir ini berupa desain dan implementasi *Battery Control Unit* berbasis PWM (*Pulse Width Modulation*) yang diharapkan dapat mengatur pengisian dan pengosongan daya pada baterai dan kemudian akan diterapkan dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya.

2. Dasar Teori dan Perancangan

2.1 Sistem Pengisian Baterai dan Kontrol

Secara umum blok diagram dari perancangan *Battery Control Unit* dapat dilihat pada gambar



Gambar 2.1 Diagram blok system BCU

1. Panel surya mengkonversi energi surya menjadi energi listrik.
2. Konverter mendeteksi besar tegangan dari sel surya.
3. Setelah mendeteksi tegangan dari sel surya, konverter kemudian menaikkan atau menurunkan tegangan sesuai dengan kebutuhan baterai, yaitu di kisaran 13,7V – 13,9V.
4. Setelah tegangan sesuai, kemudian diteruskan untuk pengisian baterai.
5. Daya dari baterai didistribusikan ke beban lampu DC 12V.
6. Proses pengisian akan tetap dilakukan agar baterai selalu dalam kondisi penuh.
7. Sinyal dari sensor arus dan tegangan akan memberikan data berupa arus dan tegangan dari sel surya dan kondisi baterai.

2.2 Photovoltaic

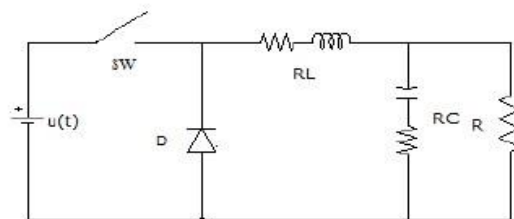
Photovoltaic juga disebut sel surya, adalah perangkat elektronik yang berfungsi mengkonversi sinar matahari langsung menjadi listrik. Cahaya matahari nantinya kan diproses oleh photovoltaic untuk diubah menjadi energy listrik DC. Bahan yang umumnya dipakai dalam solar cell adalah bahan semikonduktor. Sel surya diproduksi dari bahan semikonduktor yaitu silikon, yang berperan sebagai insulator pada temperatur rendah dan sebagai konduktor bila ada energi dan panas.

2.3 Baterai Asam (Lead Acid Storage Battery)

Baterai asam bahan elektrolitnya adalah larutan asam belerang (*Sulfuric Acid* = H_2SO_4). Didalam baterai asam, elektroda - elektrodanya terdiri dari plat-plat timah peroksida PbO_2 (*Lead Peroxide*) sebagai anoda (kutub positif) dan timah murni Pb (*Lead Sponge*) sebagai katoda (kutub negatif)

2.4 Buck Converter

Buck Converter adalah salah satu Konverter DC-DC yang berfungsi menurunkan tegangan DC. *Buck-converter* mempunyai tegangan output yang lebih rendah daripada tegangan input. Rangkaian sederhana dari *buck converter* ditunjukkan oleh gambar

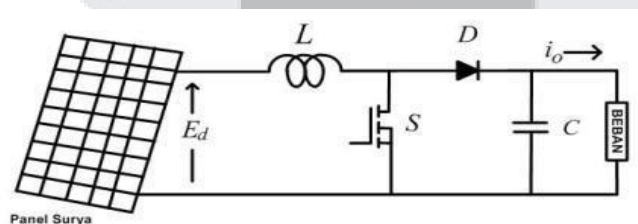


Gambar 2.2 *Buck Converter*

Prinsip kerja dari *buck converter* adalah dengan kendali pensaklaran. Saklar dapat berupa transistor, mosfet. Kondisi saklar terbuka dan tertutup ditentukan oleh isyarat PWM dan *duty cycle* untuk mengendalikan kecepatan (frekuensi) kerja saklar.

2.5 Boost Converter

Konverter *boost* berfungsi untuk menghasilkan tegangan keluaran yang lebih tinggi dibanding tegangan masukannya, atau biasa disebut dengan konverter penaik tegangan. Konverter ini banyak dimanfaatkan untuk aplikasi pembangkit listrik tenaga surya dan turbin angin. Rangkaian dari boost converter dapat dilihat pada Gambar 2.3 berikut.

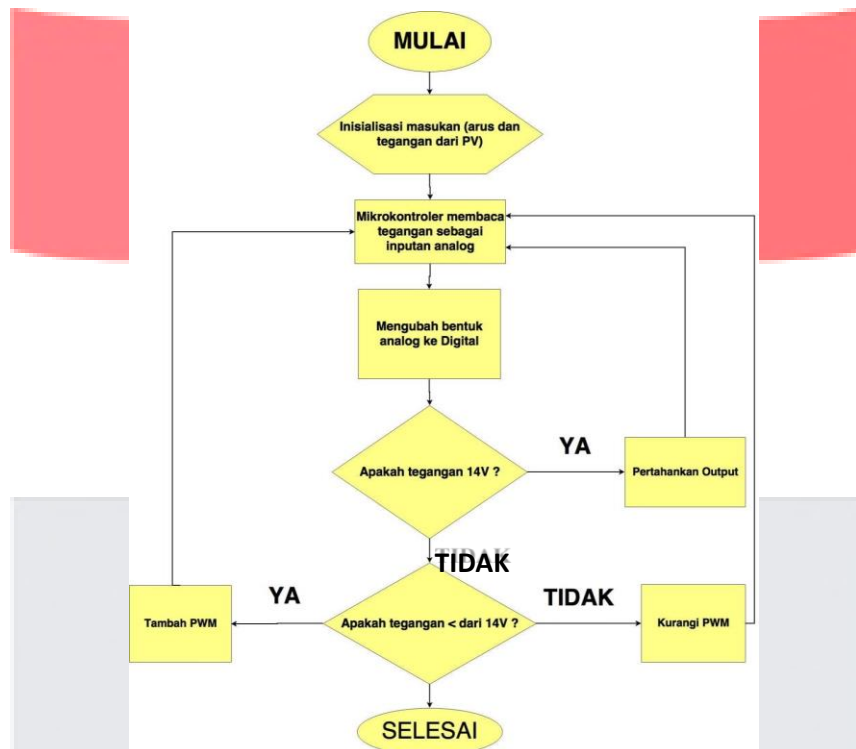


Gambar 2.3 *Boost Converter*

2.6 PWM (*Pulse Width Modulation*)

PWM (*Pulse Width Modulation*) adalah suatu teknik modulasi yang mengatur lebar pulsa-pulsa keluaran. Pada mikrokontroler sumber pulsa dihasilkan melalui clock internal lalu dimodulasikan dengan gelombang yang dihasilkan dari pembangkit gelombang. Berikut adalah gambar pulsa keluaran PWM pada saat baterai dalam kondisi penuh dan pulsa keluaran PWM pada saat baterai akan habis.

2.7 Diagram alir sistem



Baterai 12 Volt, terdiri dari 6 sel. Batas tegangan satu sel umumnya mulai dari 2.30V sampai 2.45V. Jadi baterai 12V, tegangan sebenarnya adalah antara 13.8V - 14.7V. Dengan mengasumsikan tegangan baterai sebesar 14V, maka flowchart akan menggunakan tegangan 14V sebagai tegangan referensi untuk sistem.

3. PENGUJIAN DAN ANALISIS SISTEM

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil pengujian dan analisis *hardware* dan *software* yang telah dibuat dalam desain dan implementasi unit kontrol baterai berbasis pulse width modulation untuk sistem penerangan menggunakan solar cell.

Tahap pengujian dari sistem yang sudah dibuat adalah sebagai berikut:

1. Pengujian pengisian baterai.
2. Pengujian *buck boost converter* XL6009.
3. Pengujian *solar cell*.
4. Pengujian dioda IN4002 pada rangkaian.

3.1 Pengujian Pengisian Baterai

Tujuan Pengujian:

Pengujian ini dilakukan pengisian daya baterai atau disebut juga transfer daya dari modul *photovoltaic* menuju ke baterai. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui apakah proses pengisian sudah sesuai yang diharapkan. Pengujian ini dilakukan dengan menghubungkan modul *photovoltaic* ke BCU agar dapat diatur tegangan sesuai dengan tegangan referensi yaitu 14V dan proses pembacaan sensor untuk *monitoring*. Setelah dari BCU, kemudian dihubungkan ke baterai 12V untuk proses pengisian.

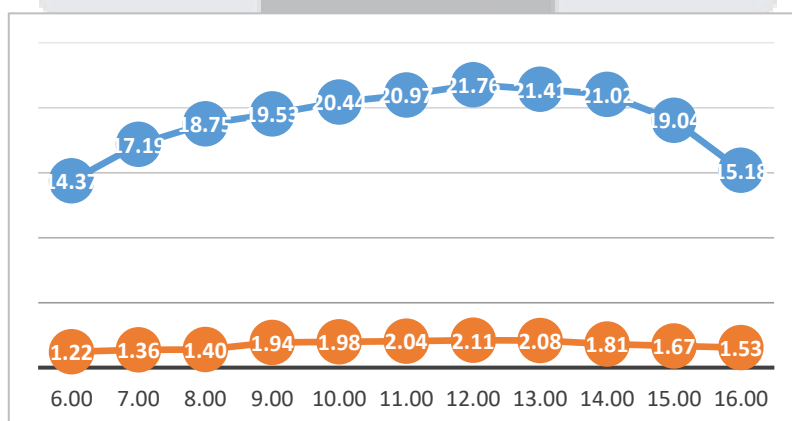
Hasil dan analisis :

Pada pengujian pengisian baterai 12V, dilakukan pengukuran terhadap tegangan dan arus pada baterai berdasarkan waktu (jam). Pengujian dimulai pada saat baterai berada pada tegangan 10.80V. Berikut hasil pengujiannya.

Tabel 3. 1 Hasil pengukuran selama proses pengisian.

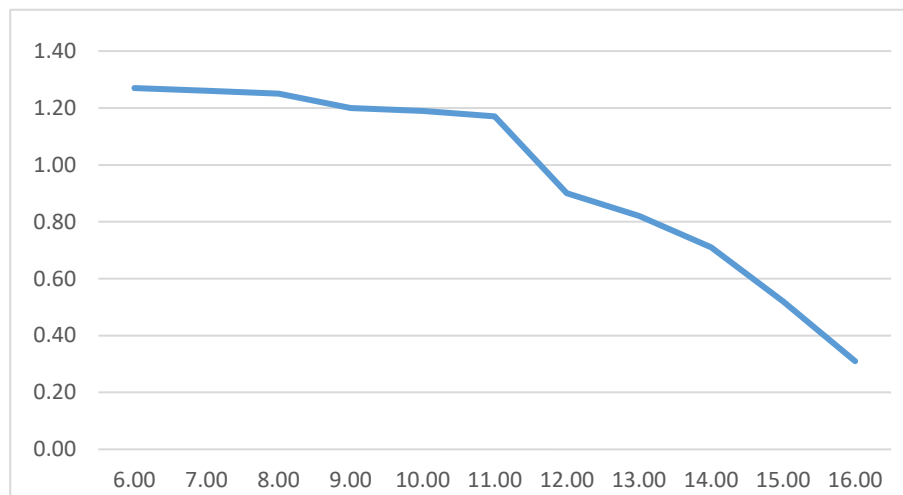
Waktu	Tegangan Solar Cell (V)	Arus Solar Cell (A)	Daya Solar Cell (W)	Tegangan Output BCU (V)	Arus Output BCU (A)	Tegangan Baterai (V)
6.00	14.37	1.22	17.53	14.00	1.27	10.80
7.00	17.19	1.36	23.38	14.00	1.26	11.20
8.00	18.75	1.40	26.25	14.00	1.25	11.40
9.00	19.53	1.94	37.89	14.00	1.20	11.70
10.00	20.44	1.98	40.47	14.00	1.19	11.90
11.00	20.97	2.04	43.83	14.00	1.17	12.00
12.00	21.76	2.11	46.78	14.00	0.90	12.10
13.00	21.41	2.08	45.60	14.00	0.82	12.15
14.00	21.02	1.81	38.05	14.00	0.71	12.18
15.00	19.04	1.67	31.80	14.00	0.52	12.19
16.00	15.18	1.53	23.23	14.00	0.31	12.20

Dari Tabel 3.1 dapat dilihat pengisian baterai dimulai pada saat baterai berada pada tegangan 10.80V dan setelah proses pengisian selama 11 jam, baterai terisi dengan tegangan 12.60V. Arus pada saat dimulainya proses pengisian berada pada 1.27A dan berangsur berkurang sesuai dengan kondisi baterai penuh.



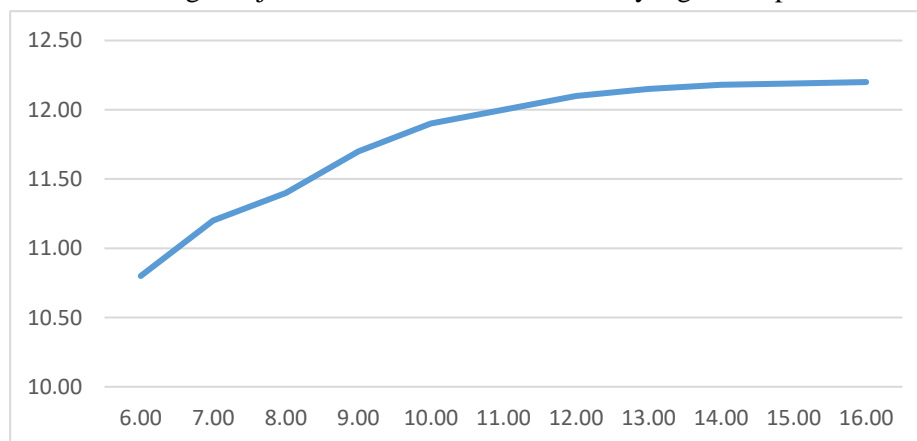
Gambar 3. 1 Grafik tegangan dan arus solar cell terhadap waktu

Dari Gambar 3.1 dapat dilihat besar tegangan dan arus *output* yang dihasilkan *solar cell* selama proses pengisian berlangsung. Dimana untuk daya output tertinggi terukur didapatkan pada pukul 12.00 yaitu sebesar 46.78W.



Gambar 3.2 Grafik Arus pengisian terhadap waktu

Pada Gambar 3.2 menunjukkan besar arus *output* dari BCU yang menuju ke baterai selama proses pengisian berlangsung. Pada saat pengisian dimulai, arus yang masuk ke baterai adalah sebesar 1.27 A dan akan berkurang menjadi 0.31 karena kondisi baterai yang sudah penuh.



Gambar 3. 2 Grafik tegangan baterai terhadap waktu

Dari Gambar 3.3 dapat dilihat grafik tegangan pada baterai selama proses pengisian. Dapat dilihat bahwa pada saat pengisian, baterai berada pada tegangan 10.80V dan setelah 12 jam dilakukan pengisian, baterai berada pada tegangan sekitar 12V. Hal ini membuktikan bahwa proses pengisian baterai sudah sesuai yang diharapkan.

3.2 Pengujian *buck boost converter* XL6009

Tujuan Pengujian :

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah modul *buck boost converter* XL6009 yang digunakan pada BCU sudah dapat mengatur tegangan *output* yang nantinya akan diteruskan ke baterai untuk pengisian.

Hasil dan analisis :Tabel 3. 2 Pengujian *buck boost converter*

Vi	Ii	Pi	Vo	Io	Po	Efisiensi Daya (%)
9.51	0.98	9.320	14	0.58	8.12	87%
9.96	0.92	9.163	14	0.58	8.12	89%
10.90	0.83	9.047	14	0.58	8.12	90%
11.41	0.79	9.014	14	0.58	8.12	90%
12.60	0.70	8.820	14	0.58	8.12	92%
15.00	0.60	9.000	14	0.58	8.12	90%
16.10	0.56	9.016	14	0.57	7.98	89%
17.20	0.53	9.116	14	0.58	8.12	89%
18.20	0.49	8.918	14	0.58	8.12	91%
19.70	0.47	9.259	14	0.57	7.98	86%

Tabel 3.2 merupakan hasil pengujian *buck boost converter* dengan menggunakan beban resistor 24Ω dan tegangan output diatur menjadi 14V. Efisiensi daya tertinggi yang dicapai adalah sebesar 92% yaitu dengan daya input (P_i) = 8.820W dan daya output (P_o) = 8.12W.

3.3 Pengujian Solar Cell (Photovoltaic)**Tujuan pengujian :**

Pengujian tegangan solar cell dilakukan untuk mengetahui keluaran dari *solar cell* sudah sesuai dengan spesifikasi *solar cell* yang digunakan.

Hasil dan analisis :

Pengujian dilakukan dengan menggunakan resistor 24Ω dan 35Ω dengan hari yang berbeda. Berikut adalah hasil pengujian modul *solar cell*.

Tabel 3. 3 Pengujian dengan menggunakan resistor 24Ω

Waktu (Jam)	Tegangan (V)	Arus (A)	P (W)
6.00	14.12	0.588	8.31
7.00	16.17	0.674	10.89
8.00	19.20	0.800	15.36
9.00	19.81	0.825	16.35
10.00	20.00	0.833	16.67
11.00	20.31	0.846	17.19
12.00	20.73	0.864	17.91
13.00	21.10	0.879	18.55
14.00	21.30	0.888	18.90
15.00	18.42	0.768	14.14
16.00	14.77	0.615	9.09

Pada Tabel 3.3 dilakukan pengambilan data pada tanggal 24 April 2019 dimana dapat dilihat tegangan maksimum dan minimum yang dihasilkan oleh modul photovoltaic. Tegangan Maksimum yang dihasilkan adalah sebesar 21.30 VDC yang terjadi pada pukul 14.00 dan tegangan minimum yang dihasilkan oleh modul photovoltaic adalah sebesar 14.12V yang terjadi pada pukul 6.00.

Tabel 3. 4 Pengujian dengan menggunakan resistor 35Ω.

Waktu (Jam)	Tegangan (V)	Arus (A)	P (W)
6.00	10.79	0.308	3.33
7.00	16.35	0.467	7.64
8.00	20.14	0.575	11.59
9.00	20.52	0.586	12.03
10.00	20.76	0.593	12.31
11.00	20.91	0.597	12.49
12.00	21.22	0.606	12.87
13.00	21.54	0.615	13.26
14.00	20.72	0.592	12.27
15.00	18.55	0.530	9.83
16.00	16.67	0.476	7.94

Pada Tabel 3.4 dilakukan pengambilan data pada tanggal 25 April 2019 dimana dapat dilihat tegangan maksimum yang dihasilkan oleh modul *solar cell* adalah sebesar 21.54VDC yang terjadi pada pukul 13.00 dan tegangan minimum yang dihasilkan adalah sebesar 10.79V yang terjadi pada pukul 6.00.

3.4 Pengujian Rangkaian Proteksi

Tujuan Pengujian :

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja dari rangkaian proteksi yang terdapat dioda IN4002. Pengujian dilakukan dengan mengukur tegangan dan arus yang masuk ke beban ketika diode dipasang searah dan ketika diode dipasas terbalik.

Hasil dan Analisis :

Dari pengujian pengukuran tegangan dengan kondisi dioda sipasang searah menuju ke beban didapatkan hasil pada Tabel 4.7, dimana dioda mampu untk meneruskan tegangan menuju ke beban.

Tabel 3.5 Kondisi dioda searah

Power Supply (V)	Tegangan ke beban (V)
10.66	10.29
12.33	11.97
14.25	13.92
16.72	16.37
17.52	17.15

Pada Tabel 3.5 dapat dilihat pengukuran tegangan dengan kondisi dipasang terbalik menuju ke beban, dimana dapat dilihat tegangan yang menuju ke beban bernilai 0 atau dapat dikatakan dioda mampu untuk memblok tegangan terbalik atau tidak searah.

Tabel 4. 5 Kondisi dioda terbalik

Power Supply (V)	Tegangan ke beban (V)
10.66	0
12.33	0
14.25	0
16.72	0
17.52	0

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi dan pengujian keseluruhan pada tugas akhir ini, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. *Buck Boost Converter* telah diimplementasikan ke dalam sistem pengisian baterai (*charging*), dimana tegangan *output* dari *buck boost converter* XL6009 sebesar 14V.
2. Pengisian baterai telah berjalan dengan baik, dimana pengisian dilakukan selama 11 jam dimulai ketika tegangan baterai 10.80V dan dapat terisi menjadi 12.20V.
3. Rangkaian protektor telah diimplementasikan ke dalam sistem dan bekerja dengan baik mencegah polaritas terbalik.

5. Saran

Saran untuk pengembangan sistem unit control baterai berbais PWM adalah sebagai berikut:

1. Diperlukan *converter* yang dapat menghantarkan energi listrik yang lebih besar agar efisiensi pengisian daya ke baterai lebih cepat.
2. Menambah data yang ditampilkan pada LED.
3. Menggunakan metode MPPT untuk pengembangan lebih lanjut pada sistem.

Daftar Pustaka

- [1] F.I RIZKA. 2016. “Perancangan Dan Implementasi Maximum Power Point Tracking Pada Photovoltaic Dengan Kontroller Logika Fuzzy”. Universitas Telkom.
- [2] Aslimeri, dkk. 2008. Teknik Transmisi Tenaga Listrik. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- [3] Segara, Alief Prisma Bayu, Dedet Candra Riawan, dan Heri Suryoatmojo. Jurnal Teknik Pomits Vol. 1, No. 1, (2013) 1-6 20, 2013. Monitoring Kinerja Baterai Berbasis Timbal untuk Sistem Photovoltaic.
- [4] Aslimeri, dkk. 2008. Teknik Transmisi Tenaga Listrik. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan, Direktorat Jenderal Manajemen Pendidikan Dasar dan Menengah, Departemen Pendidikan Nasional.
- [5] Sugiarto, I. & Lauw Lim Un Tung. *Smart Charger NiCd Dan NiMh* Dengan Teknik Pengisian Pulsa. Makalah dalam Auditorium Universitas Gunadarma. KOMMIT2004. Jakarta, 24-25 Agustus 2004.
- [6] F.I RIZKA. 2016. “Perancangan Dan Implementasi Maximum Power Point Tracking Pada Photovoltaic Dengan Kontroller Logika Fuzzy”. Universitas Telkom.
- [7] Z.A FAIZAL. 2011. “Rancang Bangun Charge Controller Pembangkit Listrik Tenaga Surya” Universitas Indonesia
- [8] M. Kazmierczuk, “Pulse Width Modulated DC-DC Power Converters”, PhD thesis, Wright State University Dayton, Ohio, USA, 2008.
- [9] R.L. YUNI. 2016. “Rancang Bangun Bidirectional Converter Menggunakan Kontrol Proportionalintegral Untuk Sistem Pengereman Regeneratif”. Universitas Telkom.
- [10] A.S Riandanu. 2016. “Perancangan Dan Implementasi Pengisian Baterai Lead Acid Menggunakan Solar Cell Dengan Menggunakan Metode Three Steps Charging”. Universitas Telkom
- [11] Raharjo. Puloeng. 2013. “Perancangan Sistem Hibrid Solar Cell Baterai – Pln Menggunakan Programmable Logic Controllers”. Universitas Jember