

DESAIN DAN IMPLEMENTASI MPPT *BATTERY CONTROL UNIT* MENGUNAKAN METODE PERTURB AND OBSERVE

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF MPPT BATTERY CONTROL UNIT USING PERTURB AND OBSERVE METHOD

Hasan Basri Dongoran¹, Dr. Ir. Sony Sumaryo, M.T.², Wahmisari Priharti, M.Sc., Ph.D.³
Prodi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom
Jl. Telekomunikasi, Dayeuhkolot Bandung 40257 Indonesia
¹hasandongoran@student.telkomuniversity.ac.id, ²sonysumaryo@telkomuniversity.ac.id,
³wpriharti@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi listrik alternatif sudah mulai banyak digunakan saat ini. Cahaya atau sinar matahari dapat dikonversi menjadi listrik menggunakan teknologi sel surya atau fotovoltaik. Namun daya yang dihasilkan panel surya saat ini belum maksimal. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh dari efisiensi panel surya, baik dalam pemilihan bahan pembuatan panel surya, luas panel, temperatur dan intensitas cahaya matahari. Pada tugas akhir ini dirancang sebuah sistem *battery control unit* MPPT (*maximum power point tracking*) menggunakan *perturb and observe* (P&O) *algorithm*. Algoritma ini dapat memaksimalkan keluaran daya dari panel surya dan menyesuaikan dengan tegangan beban. Parameter yang diukur dari sistem berupa tegangan, arus, serta daya yang dihasilkan panel surya dan *synchronous buck converter*. Hasil dari tugas akhir ini berupa perancangan *Battery Control Unit* (BCU) yang dapat mengatur proses pengisian dan penyaluran energi listrik ke beban. Efisiensi dari perancangan *synchronous buck converter* menggunakan MPPT P&O sebesar 82.09% dan tanpa menggunakan MPPT P&O sebesar 80.77%.

Kata kunci: Fotovoltaik, MPPT, *Synchronous Buck Converter*, Algoritma P&O, Saklar Otomatis

Abstract

The usage of solar energy as one of the alternative energy sources has tremendously increased these days. The sunlight could be transformed into electrical energy using a technology called a solar cell (photovoltaic). However, the power that a solar cell could generate is not as maximum as it gets. This is impacted by the efficiency of the width, temperature, and material of the solar panel as well as the intensity of the sunlight. In this final project, a Battery Control Unit MPPT (Maximum Power Point Tracking) is made using *perturb and observe* (P&O) *algorithm*. This algorithm could maximize the power outage from the solar panel and also adjusting with the load voltage. The parameters that will be measured is the voltage, current, and power that comes from the solar panel and *synchronous buck converter*. The result from this final project a Battery Control Unit design that could control the process of charging and distributing the electrical energy to the load. The efficiency of this system with the MPPT P&O algorithm is 82.09% and without the MPPT P&O algorithm is 80.77%.

Keywords: Photovoltaic, MPPT, *Synchronous Buck Converter*, P&O Algorithm, Automatic Switch

1. Pendahuluan

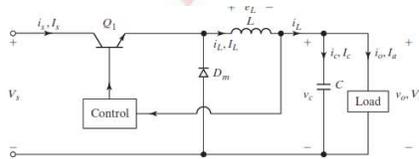
Potensi energi surya di Indonesia sangat besar yaitu 112.000 GWp, namun sayangnya yang sudah dimanfaatkan baru sekitar 10 MWp baik dengan skala kecil dan skala besar^[13]. Akan tetapi dalam penggunaannya saat ini, daya yang dihasilkan panel surya belum maksimal karena adanya pengaruh dari efisiensi panel surya itu sendiri. Faktor lainnya yang mempengaruhi efisiensi panel yaitu pemilihan bahan pembuatan panel, luas panel, temperatur dan intensitas cahaya matahari.

Pada tugas akhir ini dirancang sebuah sistem (BCU) *battery control unit* MPPT (maximum power point tracking) menggunakan *perturb and observe (P&O)* algorithm. Algoritma ini dapat memaksimalkan keluaran daya dari panel surya dan menyesuaikan tegangan dengan beban. Parameter yang diukur dari sistem berupa tegangan, arus, serta daya yang dihasilkan panel surya dan *synchronous buck converter*. Mikrokontroler berfungsi untuk mengolah parameter yang telah diukur sehingga dapat menghasilkan *output* berupa tegangan. Tegangan kemudian dibaca oleh sensor untuk menentukan beban yang digunakan. Sistem ini bertujuan untuk menjadi solusi yang mampu memanajemen daya yang dihasilkan oleh PV sehingga tidak ada daya yang terbuang sia-sia.

2. Dasar Teori /Material dan Metodologi/perancangan

2.1 Pemilihan Konsep

Untuk memaksimalkan daya yang dihasilkan panel surya diperlukan metode MPPT dan juga sistem penyimpanan berupa baterai. Perancangan *synchronous buck converter* dirancang untuk menyesuaikan tegangan keluaran panel surya dengan tegangan kerja baterai dan beban. Panel surya yang digunakan pada tugas akhir ini adalah panel dengan jenis *polycrystalline silicon* 100 Wp dengan *Maximum Power Voltage (Vmp)* adalah 18 Volt, sehingga perlu adanya penyesuaian dengan tegangan kerja baterai 12 Volt.



Gambar II-1. Rangkaian Penyesuaian Tegangan Panel Dengan Baterai [3].

Dari gambar di atas, input berasal dari tegangan DC panel surya. Kemudian daya listrik yang dihasilkan panel surya masuk ke *input DC converter*. Mikrokontroler berfungsi untuk mengatur besar tegangan keluaran *buck converter* dengan cara mengatur besar sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) untuk men-*switch* MOSFET dengan frekuensi yang tetap. Sehingga diharapkan dapat meningkatkan efisiensi proses penyimpanan energi listrik ke dalam baterai. Selain itu, sistem BCU juga dapat menentukan kapan proses *charging*, *discharging*, dan menentukan energi listrik yang tersedia untuk mensuplai beban.

2.2 Panel Surya

Dalam sistem ini, panel surya digunakan untuk konversi energi cahaya menjadi energi listrik. Spesifikasi panel surya *Polycrystalline Silicon* yang digunakan adalah 100 Wp.



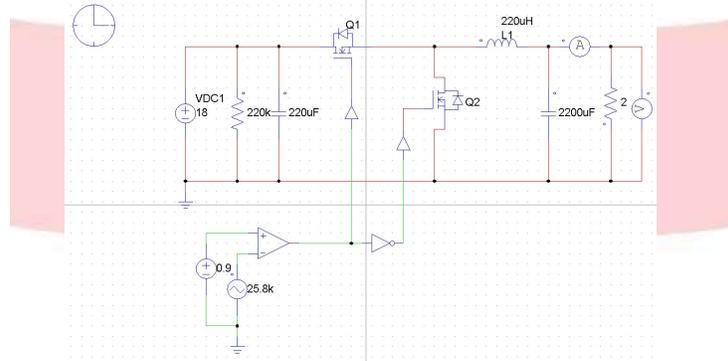
Gambar II-1. Panel Surya 100 Wp.

2.3 Synchronous Buck Converter

Pengukuran Synchronous Buck Converter digunakan untuk mengontrol tegangan dari panel surya untuk dapat menyesuaikan dengan tegangan beban. *Synchronous buck converter* yang akan dirancang dengan spesifikasi berikut:

Tabel II-1. Perancangan Synchronous Buck Converter.

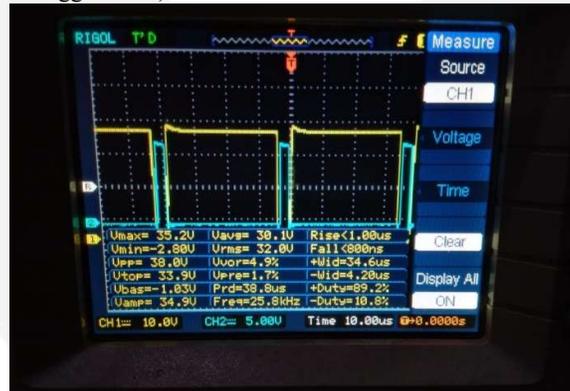
Tegangan Masukan (Vin)	18 Volt
Tegangan Keluaran (Vout)	16.2 Volt
Arus Keluaran Maksimum (Iout)	10 Ampere
Frekuensi Switching MOSFET	25.8 kHz



Gambar II-2. Synchronous Buck Converter

2.4 PWM (Pulse Width Modulation)

PWM didapatkan dari *pulse* yang dihasilkan oleh mikrokontroler dimana lebar *pulse*-nya diatur sesuai dengan kebutuhan pengguna. Pada dasarnya sinyal PWM memiliki amplitude dan frekuensi daya yang tetap. Lebar *pulse* PWM berbanding lurus dengan amplitude sinyal asli yang belum termodulasi. Oleh karena itu, sinyal PWM memiliki frekuensi gelombang tetap namun *duty cycle* bervariasi (antara 0% hingga 100%).



Gambar II-3. Lebar *Pulse* PWM dan Besar *Duty Cycle* Alat Tugas Akhir.

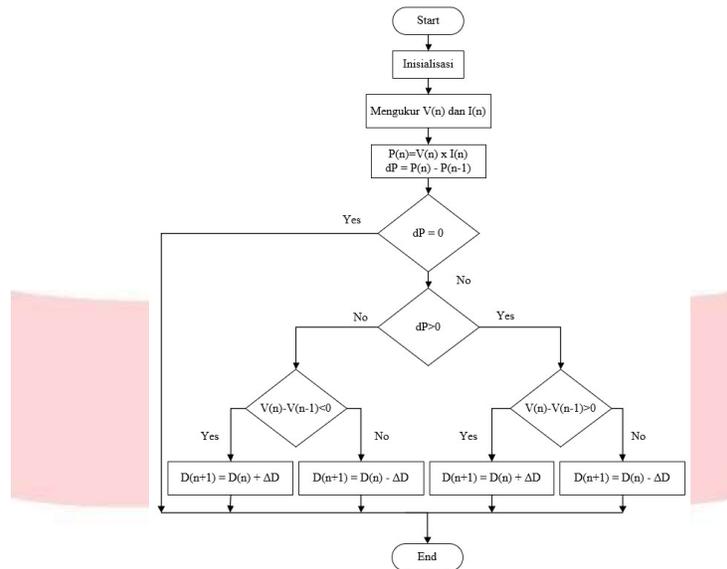
2.5 Baterai

Baterai digunakan untuk menyimpan daya hasil keluaran dari panel surya. Baterai yang digunakan adalah dua baterai dipasang paralel 12 Volt dengan 12 Ah. Untuk mengetahui parameter pengisian dan pengosongan baterai digunakan grafik *State of Charge* baterai 12 Volt [10].



Gambar II-4. Baterai 12V, 12Ah.

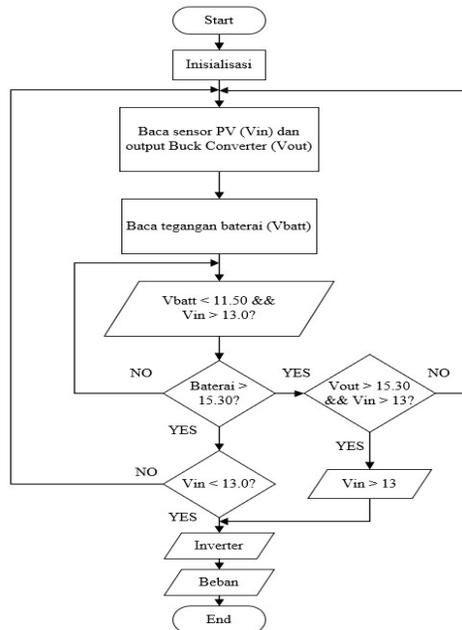
2.6 Flowchart Algoritma MPPT P&O



Gambar II-6. Algoritma MPPT P&O.

Penggunaan metode P&O karena algoritma MPPT dapat menghasilkan respon yang cepat, efektifitas yang lebih tinggi maupun komputasi yang cepat dan mudah^[2]. Pada tugas akhir ini dirancang sebuah sistem battery control unit MPPT (maximum power point tracking) menggunakan perturb and observe (P&O) algorithm. Algoritma ini dapat memaksimalkan keluaran daya dari panel surya dan menyesuaikan tegangan dengan beban. Parameter yang diukur dari sistem berupa tegangan, arus, serta daya yang dihasilkan panel surya dan synchronous buck converter.

2.7 Flowchart Sistem Secara Keseluruhan



Gambar II-7. Flowchart Sistem Secara Keseluruhan.

Algoritma ini dapat memaksimalkan keluaran daya dari panel surya dan menyesuaikan tegangan dengan beban. Parameter yang diukur dari sistem berupa tegangan, arus, serta daya yang dihasilkan panel surya dan synchronous buck converter. Mikrokontroler berfungsi untuk mengolah parameter yang telah diukur sehingga dapat menghasilkan output berupa tegangan. Tegangan kemudian dibaca oleh sensor untuk menentukan beban yang digunakan. Sistem ini bertujuan untuk menjadi solusi yang mampu manajemen daya yang dihasilkan oleh PV sehingga tidak ada daya yang terbuang sia-sia.

3. Pembahasan

3.1 Pengukuran Daya Listrik Panel Surya

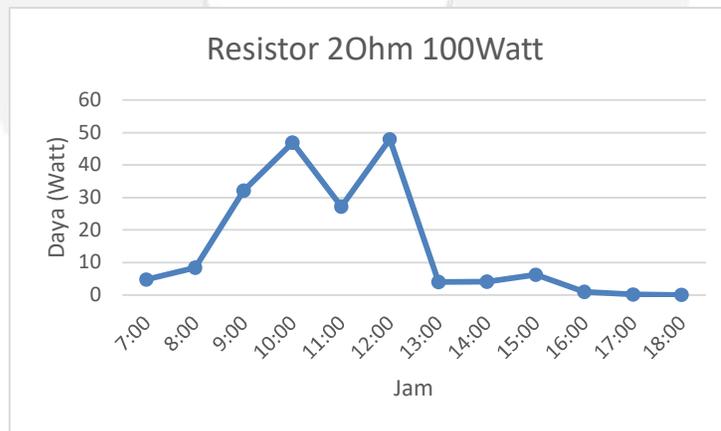
Tujuan pengukuran daya listrik panel surya ini adalah untuk mengetahui daya listrik maksimal keluaran panel surya dengan menggunakan *synchronous buck converter* untuk menyuplai beban.

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang panel surya} &= 1 \text{ m} \\
 \text{Lebar panel surya} &= 0.67 \text{ m} \\
 \text{Luas panel surya} &= 1 \text{ m} \times 0.67 \text{ m} \\
 &= 0.67 \text{ m}^2 \\
 \text{indicent radiation flux} &= 1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \text{ (spesifikasi PV yang digunakan)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P_{\text{aktual}} &= 100 \text{ W} \\
 P_{\text{teori}} &= 0.67 \text{ m}^2 \times \text{indicent radiation flux} \\
 &= 0.67 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ W/m}^2 \\
 &= 670 \text{ Watt} \\
 \eta &= \frac{P_{\text{aktual}}}{P_{\text{teori}}} \times 100\% \\
 &= \frac{100 \text{ W}}{670 \text{ W}} \times 100\% \\
 \eta &= 14.92\%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil dari perhitungan diatas, didapatkan efisiensi panel surya secara perhitungan sebesar 14.92%. Panel surya yang digunakan pada alat tugas akhir hanya dapat mengkonversi energi matahari sebesar 14.92%, yang artinya kapasitas panel 100 W tidak benar-benar menghasilkan 100 W karena dipengaruhi beberapa faktor yang menurunkan efisiensi panel surya.

Setelah melakukan perhitungan diatas, pengujian selanjutnya adalah dengan menggunakan rangkaian *synchronous buck converter* menggunakan beban resistor 2Ω 100Watt. Pengujian ini bertujuan untuk melihat efisiensi panel surya yang sebenarnya dengan menggunakan *synchronous buck converter* yang sudah ditanam algoritma MPPT P&O. Pengujian ini menggunakan panel surya *polycrystalline silicon* 100 Wp, berikut adalah hasil pengujiannya:



Gambar IV-1. Grafik Pengujian Beban 20hm 100Watt.

Pada Gambar IV-1 dapat dilihat bahwa, daya tertinggi yang dihasilkan panel surya menggunakan *synchronous buck converter* sebesar 47.97 Watt, dimana didapatkan efisiensi panel surya sebagai berikut;

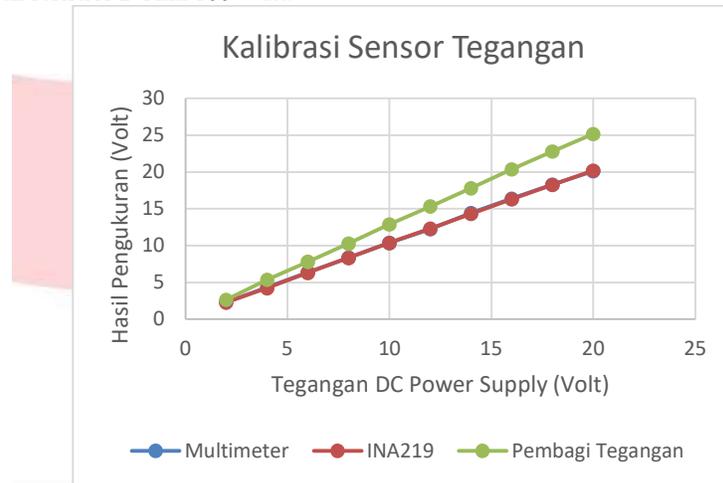
$$\eta = \frac{49.97 \text{ W}}{670 \text{ W}} \times 100\% = 7.45\%$$

Efisiensi panel surya *polycrystalline silicon* 100 Wp yang digunakan pada tugas akhir ini cukup rendah yaitu dengan nilai efisiensi 7.45% dengan daya tertinggi yang dihasilkan panel surya tersebut sebesar 47.97 Watt.

Beberapa faktor yang dapat membuat efisiensi panel surya menurun, diantaranya posisi panel surya, intensitas cahaya matahari, bahan pembuatan panel surya, suhu panel surya.

3.2 Kalibrasi Sensor Tegangan

Tujuan dari kalibrasi ini adalah untuk mengetahui ketepatan pengukuran sensor yang digunakan, baik dari sisi *input*, *output Buck Converter* dan baterai. Pengujian ini menggunakan *DC power supply* dengan beban resistor 2 Ohm 100 Watt.

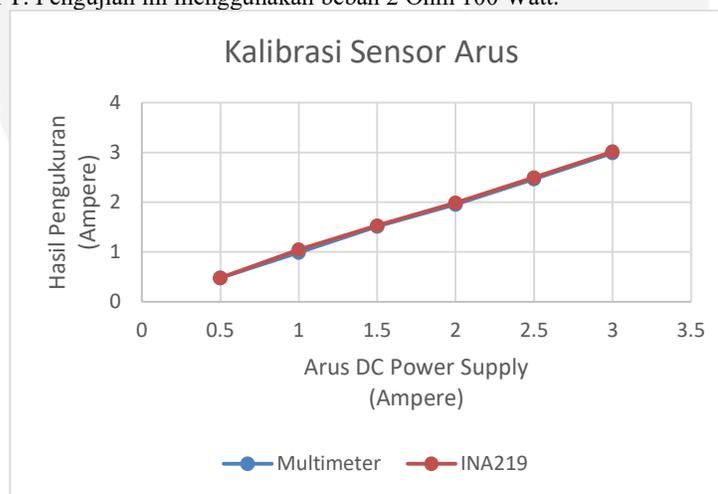


Gambar III-2. Grafik Pengujian Kalibrasi Sensor Tegangan.

Berdasarkan hasil pengukuran diatas, dapat diketahui persentase *error* dan akurasi dari alat ukur multimeter sebesar 95.42% dan masing-masing sensor seperti, INA219 sebesar 95.96%, pembagi tegangan sebesar 71.33% dengan persentase *error* multimeter 4.58%, INA219 4.04%, dan pembagi tegangan 28.67%.

3.3 Kalibrasi Sensor Arus

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengukur ketepatan pengukuran arus yang dihasilkan panel surya, dimana dengan ketepatan pembacaan arus ini akan mempengaruhi perhitungan dari algoritma MPPT. Pengujian ini menggunakan beban 2 Ohm 100 Watt.



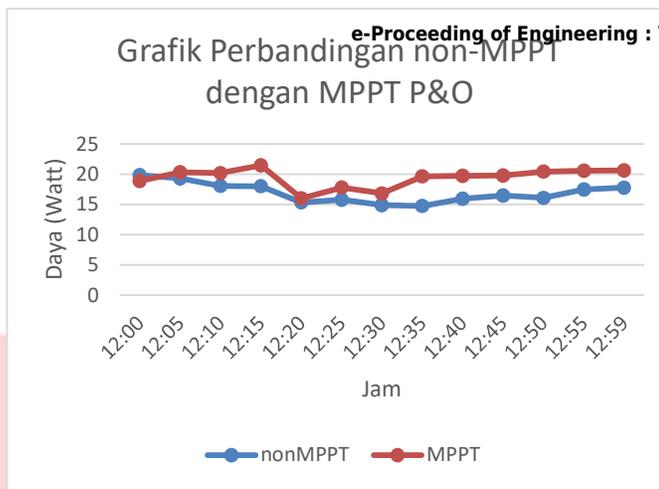
Gambar III-3. Grafik Hasil Kalibrasi Sensor.

Berdasarkan dari hasil pengukuran diatas, persentase *error* dan akurasi dari sensor INA219 sebesar 97.98% dan multimeter sebesar 98.47% dengan persentase *error* multimeter sebesar 1.53% dan INA219 sebesar 2.02%.

3.4 Perbandingan MPPT dengan non-MPPT

Pengujian ini bertujuan untuk melihat perbandingan menggunakan MPPT P&O dengan non-MPPT. Karena adanya keterbatasan waktu pengujian dan biaya, maka pengujian perbandingan MPPT dengan non-MPPT dilakukan pada satu alat tugas akhir dalam satu waktu. Pengujian dilakukan pada tanggal 20 Oktober 2020 dengan asumsi pancaran cahaya matahari tidak berbeda jauh, maka dipilih waktu pengujian MPPT jam 11.00-12.00 WIB dan non-MPPT jam 12.00-13.00. Hasil dari data pengujian akan dibandingkan satu sama lain, serta didukung dengan jurnal penelitian yang sudah ada.

Dari hasil pengujian, didapatkan efisiensi menggunakan algoritma MPPT P&O sebesar 82.09% dan non-MPPT sebesar 80.77%. Efisiensi menggunakan MPPT lebih besar karena perhitungan daya pada metode MPPT adalah mencari nilai tertinggi yang dihasilkan panel surya. Berbeda dengan non-MPPT hanya mengandalkan nilai PWM sehingga *output* tegangan *buck converter* menjadi stabil sebanding dengan tegangan *input* pada *buck converter*.



Gambar III-4. Grafik Perbandingan Metode Non-MPPT dengan MPPT P&O.

Berikut merupakan hasil beberapa penelitian mengenai perbandingan menggunakan metode P&O dan tidak menggunakan metode.

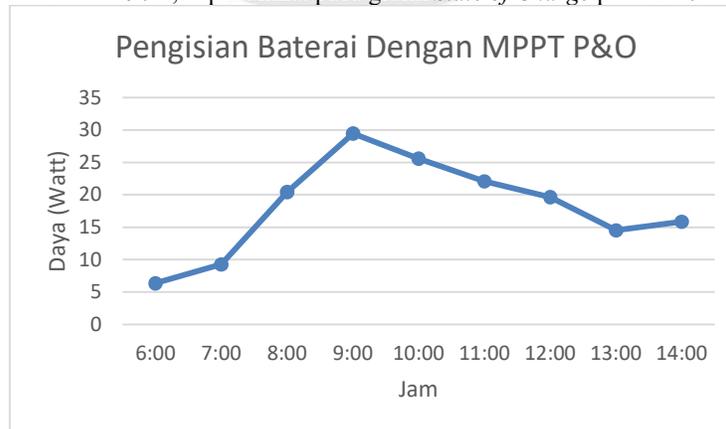
Tabel III-1. Referensi Jurnal Perbandingan Menggunakan Metode P&O dan Non-MPPT.

No.	Referensi	Tipe DC-DC Converter	Panel Surya (Wp)	Metode	Efisiensi (%)
1	M.R.Azmi, 2017 [7]	<i>Synchronous Buck Converter</i>	200Wp	MPPT P&O	83.78%
				Non-MPPT	75.87%
2	A.Suryaputra, 2019 [12]	<i>Buck Converter</i>	100Wp	MPPT P&O	78.14%
				Non-MPPT	77.76%
3	A.R. Purandito, 2019 [13]	<i>Buck Converter</i>	100Wp	MPPT P&O	86%
				Non-MPPT	72.54%
4	M.S.G. Ekoputro, 2019 [14]	<i>Buck Converter</i>	100Wp	MPPT P&O	88.11%
				Non-MPPT	80.86%
5	Alat Tugas Akhir	<i>Synchronous Buck Converter</i>	100Wp	MPPT P&O	82.09%
				Non-MPPT	80.77%

Pada tabel diatas dapat dilihat adanya perbedaan efisiensi menggunakan MPPT P&O dan tanpa MPPT pada alat tugas akhir dengan alat peneliti terlebih dahulu. Hal ini dipengaruhi oleh komponen *buck converter* yang digunakan baik dalam *filter* pada sisi *input* dan output, nilai induktor, nilai frekuensi *switching* dan jenis MOSFET yang digunakan. Faktor lainnya adalah pengaruh dari sumber listrik yaitu panel surya, baik dari segi bahan pembuatan panel, suhu panel, posisi panel, dan intensitas cahaya matahari.

3.5 Pengujian *Synchronous Buck Converter* Untuk Pengisian Baterai

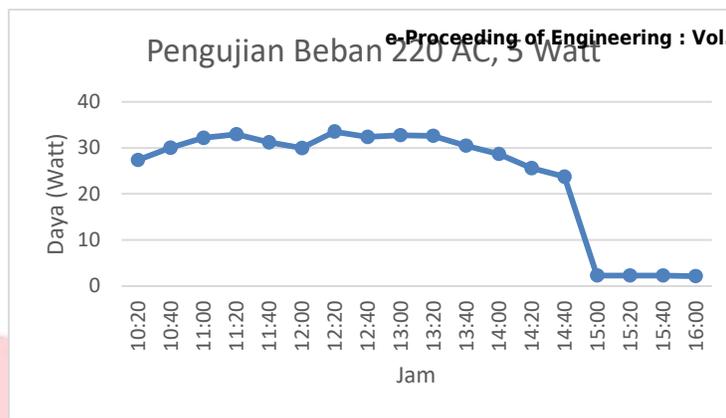
Pada pengujian ini, parameter perhitungan daya yang dihasilkan panel surya terletak pada sisi *output buck converter*. Hasil pengukuran tegangan berada ditegangan 14.26V, yang artinya kapasitas baterai sudah terisi sekitar 90%, dapat dilihat pada grafik *State of Charge* pada C/10.



Gambar III-5. Grafik Pengisian Baterai

3.6 Pengujian *Buck Converter* Menggunakan Beban AC

Pengujian ini bertujuan untuk melihat respon *buck converter* pada beban AC, karena setelah melakukan pengisian baterai akan ada mode dimana panel surya langsung mensuplai beban AC, untuk memanfaatkan energi matahari yang dihasilkan oleh panel surya.



Gambar III-6. Grafik Buck Converter Menggunakan Lampu 220AC 5Watt.

Dari Gambar III-6, *buck converter* dapat mensuplai beban pada lampu 220VAC, tetapi pada jam 15.00 terjadi *drop* tegangan pada panel surya sehingga *alarm* pada inverter memutus arus yang masuk. *Drop* tegangan terjadi karena intensitas cahaya matahari yang berubah-ubah tiap waktunya sehingga tegangan masuk yang masuk pada inverter tidak stabil.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian serta analisa dari sistem yang telah dilakukan, terdapat beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengujian sensor didapatkan nilai rata-rata akurasi yang cukup tinggi yaitu sensor tegangan INA219 sebesar 95.96%, pembagi tegangan sebesar 71.33% , dan untuk sensor arus juga menggunakan INA219 sebesar 97.98%.
2. Efisiensi dari panel surya pada sistem *battery control unit* ini masih tergolong rendah yaitu 7.45% jika dibandingkan dengan perhitungan secara teoritis dimana seharusnya efisiensinya berada pada nilai 14.92%.
3. Algoritma yang digunakan pada sistem ini adalah algoritma MPPT P&O. Nilai efisiensi yang didapatkan dari sistem jika menggunakan algoritma MPPT P&O sebesar 82.09% dan nilai efisiensi sistem jika tidak menggunakan algoritma tersebut sebesar 80.77%. Hal ini menyatakan bahwa penggunaan algoritma MPPT P&O termasuk baik untuk penggunaannya untuk diimplementasikan ke sistem *battery control unit* pada panel surya.

Daftar Pustaka:

- [1] esdm.go.id, "Matahari Untuk PLTS di Indonesia", 2012. Available at: <<https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/matahari-untuk-plts-di-indonesia>> [diakses pada 21 Mei 2020].
- [2] B. Azmi, J. Abner, Prasepvianto, H. Saputra, "Review Perbandingan Teknik Maximum Power Point Tracker (MPPT) Untuk Sistem Pengisian Daya Menggunakan Sel Surya", Bogor: LAPAN, 2019.
- [3] Rashid, M.H., "Power Electronics : Circuits, Devices, and Applications, Fourth Edition", Pearson, 2014. Edinburgh Gate, Harlow.
- [4] Hamid, M. I., Anwari M. (2010): "Single-Phase-Photovoltaic-Inverter Operation Characteristic in Distributed Generation System".
- [5] G. Srisadad, Perancangan Simulasi Sistem Rumah Solar Cerdas Terhubung Jaringan PLN, Depok: Universitas Indonesia, 2012.
- [6] R. Malik, K. K. Ray and S. Mazumdar, "A Maximum Power Point Tracking VRLA Battery Charger Based on Modified Perturb and Observe Technique," IEEE, India, 2019.
- [7] M. R. Azmi, S. Sumaryo dan C. E. Putri, "Desain dan Implementasi Modul Pengisian Baterai dan Penyimpanan Energi Potensial Air Menggunakan Pembangkit Listrik Tenaga Surya," *e-Proceeding of Engineering*, vol.4, no.3, pp. 3122-3129, 2017.
- [8] A. Kislovski, R. Redl, and N. Sokal, Dynamic Analysis of Switching-Mode DC/DC Converters, New York: Van Nostrand Reinhold, 1994.
- [9] Ashari, Mochamad, "Desain konverter elektronika daya". Bandung: Penerbit Informatika, 2017.
- [10] R. Perez (1993): "Lead-Acid Battery State of Charge vs. Voltage".
- [11] R.T. Widodo, A. and P. Sejati, "Maximum Power Point Tracker Sel Surya Menggunakan Algoritma Perturb And Observe," Industrial Electronic Seminar (IES), Surabaya, 2009.
- [12] A. Suryaputra, Desain dan Implementasi MPPT Solar Charge Controller Berbasis Arduino, Bandung: Universitas Telkom, 2019.
- [13] A. R. Purandito, "Perancangan Perangkat Solar Charger Dengan Maximum Power Point Tracking Berbasis Advanced P&O Algorithm", Bandung: Universitas Telkom, 2019.
- [14] M.S.G.Ekoputro, "Perancangan Perangkat Solar Charger Dengan Maximum Power Point Tracking Berbasis P&O Algorithm", Bandung: Universitas Telkom, 2019.