

Desain Battery Management System Dari Sumber Panel Surya Menggunakan Metode 4-Stage Charging

¹Muhamad Adam Alkhaidir, ²Khusnul Hidayat, ³Nur Alif Mardiyah

^{1,2,3} Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Malang

¹adam.alkhaidir@gmail.com, ²khusnul@umm.ac.id, ³nuralif@umm.ac.id

Abstract - PLTS off grid is a solar power plant that stands alone or is not connected to the PLN electricity network where the electricity generated is stored in the battery. A bad battery management, the power from the source is not stored optimally, and the charging time is longer and the battery is damaged. This study aims to design a battery charging system that a lithium-ion type with a nominal voltage specification of 120V 150Ah by using a power source produced by solar panels. There are two main parts in the system to be designed, namely MPPT with buck converter to maximize power from solar panels with a power of 20kW. The output from MPPT will be processed again for the battery charging process. The method for charging the battery used is 4-stage charging, which is there are 4 stages in the charging process, PWM, constant current, constant voltage and float charge using a buck converter to reduce the voltage. The 4-stage charging method aims to speed up the battery charging process and reduce the risk of overcharge. The design of the battery charging system with the 4-stage charging method compared to the conventional method using SIMULINK MATLAB simulation assistance which was run for 3000 seconds showed that the 4-stage charging method was faster in terms of charging time with a battery capacity of 97.58% while the conventional method only reached capacity of 93.94%.

Keywords — Solar Panel, MPPT, Lithium Battery, 4-stage charging

Abstrak - PLTS off grid merupakan pembangkit listrik tenaga surya yang berdiri sendiri atau tidak terhubung ke jaringan listrik PLN dimana energi listrik yang dihasilkan disimpan ke baterai. Dengan manajemen pengisian baterai yang kurang baik menyebabkan daya dari sumber kurang tersimpan secara maksimal serta, waktu pengisian lebih lama dan mempercepat kerusakan baterai. Penelitian ini bertujuan untuk mendesain sistem pengisian baterai jenis lithium-ion dengan spesifikasi tegangan nominal 120V 150Ah dengan menggunakan sumber listrik yang dihasilkan panel surya. Terdapat dua bagian utama dalam system yang akan didesain, yaitu MPPT dengan converter buck untuk memaksimalkan daya dari panel surya dengan daya 20kW. Keluaran dari MPPT akan diolah lagi untuk proses pengisian baterai. Metode untuk pengisian baterai yang digunakan adalah 4-stage charging, yaitu terdapat 4 tahapan dalam proses pengisian yaitu PWM, constant current, constant voltage dan float charge menggunakan converter buck untuk menurunkan tegangan. Metode pengisian 4-stage charging bertujuan untuk mempercepat proses pengisian baterai dan mengurangi resiko overcharge. Performa desain sistem pengisian baterai dengan metode 4-stage charging dibandingkan dengan

metode konvensional menggunakan bantuan simulasi SIMULINK MATLAB yang dijalankan selama 3000 detik menunjukkan bahwa metode 4-stage charging lebih cepat dari segi waktu pengisian dengan kapasitas baterai 97,58% sedangkan metode konvensional hanya mencapai kapasitas 93,94%.

Kata kunci: Panel surya, MPPT, Baterai Lithium, 4-stage charging

I. Pendahuluan

Energi surya merupakan sumber energi alternatif yang saat ini banyak digunakan, karena ramah lingkungan, tidak menimbulkan polusi, dan perawatan yang mudah. Umumnya pemanfaatan energi surya yang digunakan di Indonesia terdapat di daerah yang terisolir dari jaringan listrik (*off grid*) dan hanya memanfaatkan listrik yang dari panel surya untuk memenuhi kebutuhan listrik dalam rumah. Saat siang hari, listrik yang dihasilkan panel surya akan disimpan ke baterai, dan daya yang tersimpan dalam baterai akan digunakan untuk kebutuhan listrik saat malam hari [1].

Daya yang dihasilkan panel surya saat ini masih memiliki efisiensi yang rendah. Daya yang dikeluarkan juga bergantung pada iradiasi matahari dan suhu, sehingga dibutuhkan sebuah sistem yang dapat memaksimalkan keluaran dari panel surya dengan sistem *Maximum Power Point Tacking* (MPPT) [2], dalam hal ini menggunakan algoritma Perturb and Observe (P&O). Keluaran dari MPPT akan diolah lagi untuk proses pengisian baterai. Jenis baterai yang umum digunakan dalam sistem penyimpanan adalah baterai *Lead Acid*, *Ni-mH* dan *Lithium-ion* [3].

Baterai lithium merupakan salah satu baterai sekunder yang dapat diisi ulang dan merupakan baterai yang ramah lingkungan karena tidak mengandung bahan yang berbahaya seperti baterai sebelumnya yaitu NI-Cd dan Ni-Mh. Baterai ini memiliki kelebihan dibandingkan baterai sekunder jenis lain, yaitu memiliki stabilitas penyimpanan energy yang sangat baik, self discharge yang relative kecil, dan berat yang lebih ringan dibandingkan baterai jenis sebelumnya. Sehingga dengan berat yang sama energy yang dapat disimpan dua kali lipat dari baterai jenis lainnya [4].

Hal yang sangat penting dalam proses pengisian yaitu mengetahui kondisi kapasitas pengisian sudah pada tahapan berapa persen atau biasa disebut Soc (*state of charge*).

Parameter yang umum digunakan untuk memperkirakan kapasitas baterai adalah tegangan pada baterai, semakin penuh kapasitas baterai, maka nilai tegangan baterai juga semakin naik. Dengan mengetahui parameter batas pengisian maksimal, maka akan mencegah baterai dari pengisian berlebihan yang dapat mengakibatkan masa pakai baterai berkurang [5].

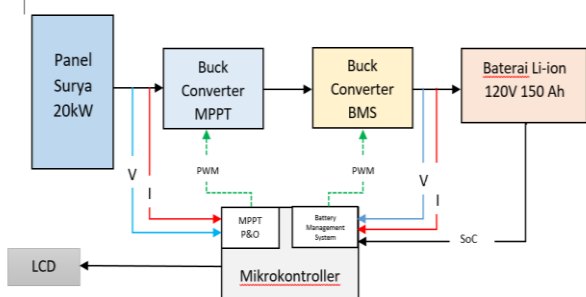
Baterai jenis lithium-ion memiliki beberapa cara dalam proses pengisiannya, mulai dari pengisian konstan voltage, constan current, pulse voltage, maupun penggabungan dari beberapa cara pengisian. Untuk pengisian yang baik umumnya menggunakan gabungan dari pengisian constant current, constant voltage dan float charge [6].

Dari uraian diatas, maka akan di desain *Battery Management System* yang bersumberkan panel surya dengan menggabungkan *metode constant current, constan voltage, floating charge* untuk mempercepat proses pengisian dan menambahkan metode PWM sebagai desulfator untuk mencegah sulfatisasi dan menjaga kapasitas baterai selalu pada kondisi prima sehingga menambah usia pemakaian baterai [7].

II. Metode Penelitian

A. Perancangan Sistem

Berikut adalah desain keseluruhan dari sistem yang akan dibuat

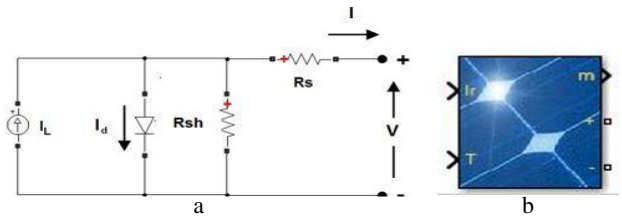


Gambar 1. Blok Diagram Sistem Pengisian Baterai dari Sumber Panel Surya

Pemodelan keseluruhan dibuat untuk mempermudah dalam mendesain masing-masing sistem sesuai dengan urutannya mulai dari memodelkan panel surya, algoritma *MPPT* yang dijalankan dengan konverter *buck*, metode *4-stage charging* yang dijalankan dengan konverter *buck* yang keluarannya digunakan untuk mengisi baterai. Kinerja keseluruhan sistem akan dikontrol dengan batuan *function* yang telah deprogram dan disimulasikan pada *Simulink MATLAB*.

B. Perancangan Panel surya

Tahapan awal memodelkan panel surya dengan memakai *library* yang telah tersedia di *Simulink* seperti ditunjukkan pada gambar 2 dengan parameter modul panel surya seperti pada tabel 1.



Gambar 2. Pemodelan Panel Surya a) Skema PV Array b) Blok PV Array

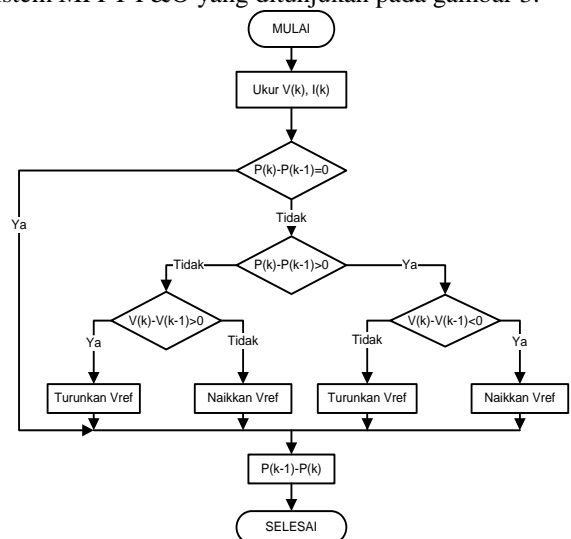
Pada Gambar 2.a ditunjukkan pemodelan dalam bentuk skema yang merupakan rangkaian dasar yang membentuk sebuah modul panel surya. Pada sistem yang didesain, sumber pengisian baterai menggunakan panel surya [8]. Pemodelan panel surya ditunjukkan pada Gambar 2.b yang diseting secara seri-paralel sehingga daya maksimum yang dihasilkan sebesar 20kW.

Tabel 1. Parameter Modul Panel Surya Type SunPower-SPR-295E-WHT-D [9]

No	Parameter	Value
1	Max. Power (Pmax)	295.39 W
2	Max. Power Voltage (Vmp)	54.2 V
3	Max. Power Current (Imp)	5.83 A
4	Open Circuit Voltage (Voc)	63.3 V
5	Short Circuit Current (Isc)	5.83A
6	Max. System Voltage	600V
7	Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)	45±°C
8	Power Tolerance	±3%
9	Test Condition	AM 1.5, 1000 W/m² 25°C

C. Pemodelan MPPT

Pemodelan MPPT yang digunakan menggunakan algoritma *perturb and observe (P&O)*. Berikut diagram alir dari sistem MPPT P&O yang ditunjukkan pada gambar 3.

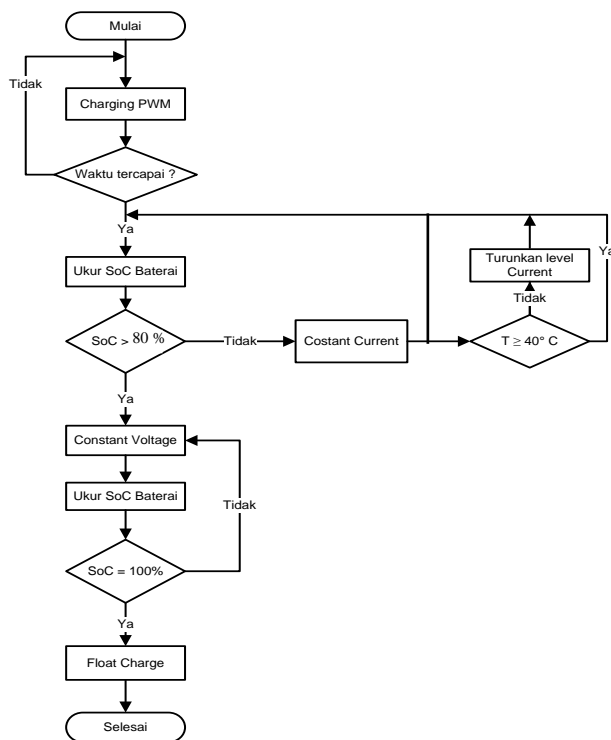


Gambar 3. Diagram Alir Algoritma *Perturb and Observe* [10]

Pada simulasi menggunakan algoritma dijabarkan dalam bentuk program pada *MATLAB function*, sedangkan secara implementasi akan menggunakan sebuah *script* dari bahasa pemrograman C++ yang akan diupload pada *mikrokontroler*.

D. Pemodelan Algoritma 4-Stage Charging

Algoritma 4-stage charging digunakan untuk mempercepat proses pengisian dan tetap menjaga performa baterai. Berikut diagram alir dari Algoritma 4-stage charging yang ditunjukkan pada gambar 6.



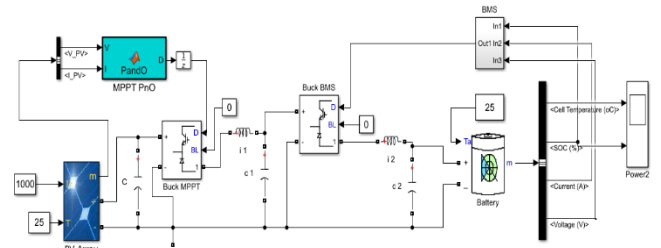
Gambar 6. Diagram Alir Algoritma 4-Stage Charging

Pada diagram alir Algoritma *4-stage charging* terdapat 4 tahapan utama, yaitu *PWM*, *constant current*, *constant voltage* dan *float charging*. Pada tahapan pertama pengisian, baterai akan diberi pulsa tegangan atau PWM selama beberapa menit. Hal ini bertujuan untuk proses *desulfator*. Tahap kedua yaitu proses *constant current*, dengan tujuan pengisian muatan baterai dengan cepat sampai kapasitas baterai mencapai 80%. Tahap ketiga yaitu *constant voltage* yaitu diberikan tegangan konstan sehingga arus yang menuju baterai akan semakin kecil. Hal ini bertujuan untuk menghindari pengisian berlebihan yang dapat merusak baterai. Saat baterai sudah penuh, maka akan dilakukan tahapan *float charge*, yaitu diberikan tegangan ambang pada baterai

E. Pengujian Secara Simulasi

Setelah merancang bagian-bagian dari setiap blok sistem,

maka pemodelan keseluruhan dari desain *battery management system* dari sumber panel surya menggunakan metode *4-stage charging* disimulasikan menggunakan Matlab/ Simulink untuk menguji setiap sistem sampai berjalan sesuai parameter yang telah ditetapkan seperti ditunjukkan pada gambar 7.



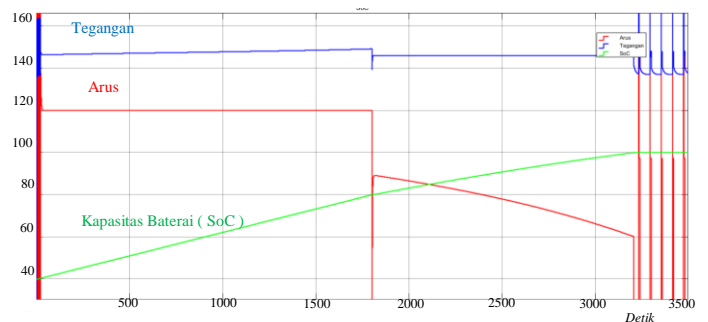
Gambar 7. Desain simulasi sistem secara keseluruhan

Pengujian yang akan dilakukan meliputi pengujian pada sistem *MPPT* dengan konverter *buck* untuk menjaga keluaran panel surya pada daya puncaknya. Selanjutnya penerapan metode *4-stage charging* menggunakan konverter *buck* saat proses pengisian baterai.

III. Hasil dan Pembahasan

A. Pengujian Pengisian Baterai dengan Metode 4-Stage Charging

Pada pengujian ini terdapat 4 metode dalam proses pengisian baterai yang setiap tahapnya memiliki peran masing-masing. Semua metode itu adalah *PWM*, *constant current*, *constant voltage*, *float charge* yang akan dilakukan pengujian pada setiap metode.



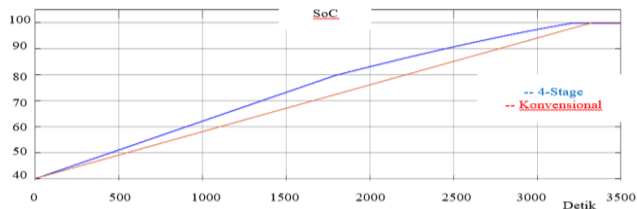
Gambar 8. Pengujian Pengisian Baterai dengan Metode 4-Stage Charging

Hasil Pengujian dapat dilihat pada gambar 8. Bahwa tahap pertama adalah metode *PWM* yaitu dengan diberi pulsa tegangan dan arus selama 30 detik, kemudian akan berpindah ketahap selanjutnya dengan pengisian *constant current* yang dijalankan sampai kapasitas baterai mencapai 80%.

Ketika kapasitas baterai mencapai 80% maka akan beralih ke metode pengisian *constant voltage* sampai kapasitas baterai mencapai 100%. Ketika kapasitas baterai mencapai 100%, maka akan beralih ke *Float Charge*, yaitu dengan diberi

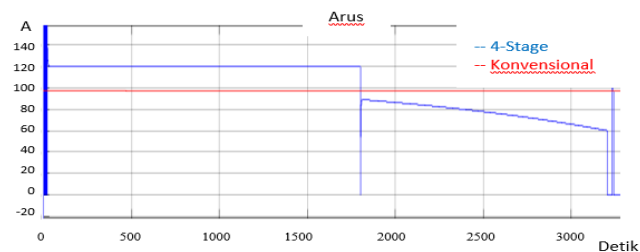
denyutan tegangan, hal ini bertujuan untuk menjaga kapasitas baterai selalu dalam keadaan penuh, karena baterai mempunyai proses *self discharge* ketika baterai tidak digunakan.

B. Perbandingan Pengujian Antara Metode 4-Stage Charging dan Metode Konvensional



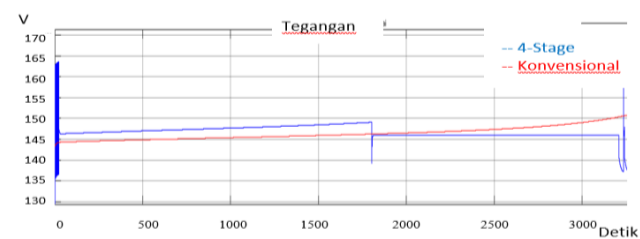
Gambar 9. Hasil Pengujian Perbandingan kapasitas baterai antara Metode 4-Stage Charging dan Metode Konvensional

Hasil pengujian antara pengisian baterai menggunakan metode *4-stage charging* dan metode konvensional didapatkan hasil grafik seperti Gambar 9. Dapat dilihat pengisian dengan metode *4-stage charging* kapasitas baterai lebih cepat terisi dari pada pengisian dengan metode konvensional.



Gambar 10. Kondisi arus antara Metode 4-Stage Charging dan Metode Konvensional

Hasil pengujian arus yang ditelaah dilakukan antara pengisian baterai menggunakan metode *4-stage charging* dan metode konvensional didapatkan hasil grafik seperti gambar 10. Arus dengan metode *4 stage charging* mengikuti pola sesuai dengan program yang telah dibuat, sedangkan kondisi arus metode konvensional bernilai sama dengan nilai arus maksimal dari panel surya dan berjalan dengan konstan.



Gambar 11. Kondisi tegangan antara Metode 4-Stage Charging dan Metode Konvensional

Hasil pengujian kondisi tegangan yang ditelaah dilakukan antara pengisian baterai menggunakan metode *4-stage charging* dan metode konvensional didapatkan hasil grafik

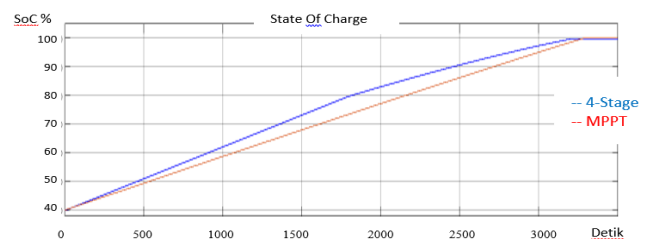
seperti gambar 11. Tegangan dengan metode *4 stage charging* mengikuti pola sesuai dengan program yang telah dibuat, sedangkan kondisi tegangan metode konvensional nilainya semakin naik seiring dengan peningkatan kapasitas baterai.

Tabel 4. Data Hasil Perbandingan Pengujian antara Metode 4-Stage Charging dan Metode Konvensional

Waktu (detik)	Parameter	Metode	
		4-Stage Charging	Konvensional
0	SoC	40 %	40 %
	Arus	120 A	92.25 A
	Tegangan	146 V	144.5 V
1500	SoC	73.35 %	67.03 %
	Arus	120 A	92.25 A
	Tegangan	148.8 V	146.31 V
3000	SoC	97.58 %	93.94 %
	Arus	81.5 A	92.25 A
	Tegangan	146 V	149.12 V

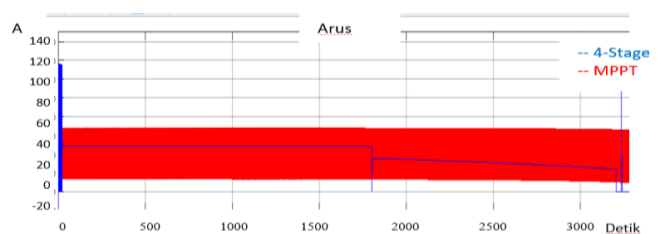
Hasil pengujian antara kedua metode tersebut dapat ditunjukkan pada tabel 4. bahwa pengisian baterai menggunakan metode *4-stage charging* lebih cepat dari pada metode konvensional, baik dijalankan selama 1500 detik maupun 3000 detik.

C. Perbandingan Pengujian Antara Metode 4-Stage Charging dan Metode MPPT P&O



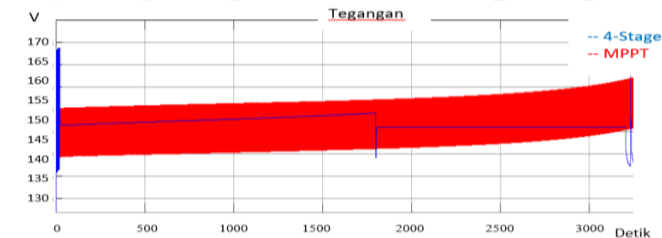
Gambar 12. Hasil Pengujian Perbandingan kapasitas baterai antara Metode 4-Stage Charging dan Metode MPPT

Hasil pengujian yang ditelaah dilakukan antara pengisian baterai menggunakan metode *4-stage charging* dan metode MPPT didapatkan hasil grafik seperti gambar 12. Dapat dilihat pengisian dengan metode *4-stage charging* kapasitas baterai lebih cepat terisi daripada pengisian dengan metode MPPT.



Gambar 13. Kondisi arus antara Metode 4-Stage Charging dan Metode MPPT

Hasil pengujian arus yang ditelah dilakukan antara pengisian baterai menggunakan metode *4-stage charging* dan metode *MPPT* didapatkan hasil grafik seperti gambar 13. Arus dengan metode *4 stage charging* mengikuti pola sesuai dengan program yang telah dibuat, sedangkan kondisi arus metode *MPPT* memiliki ripple yang besar, hal ini disebabkan proses pencarian titik daya maksimum yang selalu berubah-ubah.



Gambar 14. Kondisi tegangan antara Metode *4-Stage Charging* dan Metode *MPPT*

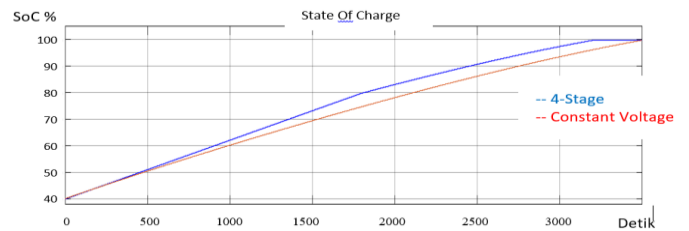
Hasil pengujian kondisi tegangan yang ditelah dilakukan antara pengisian baterai menggunakan metode *4-stage charging* dan metode *MPPT* didapatkan hasil seperti gambar 14. Tegangan dengan metode *4 stage charging* mengikuti pola sesuai dengan program yang telah dibuat, sedangkan kondisi tegangan metode *MPPT* nilainya semakin naik seiring dengan peningkatan kapasitas baterai dengan *ripple* yang disebabkan oleh proses pencarian daya tertinggi *MPPT*.

Tabel 5. Data Hasil Perbandingan Pengujian antara Metode *4-Stage Charging* dan Metode *MPPT P&O*

Waktu (detik)	Parameter	Metode	
		4-Stage Charging	Konvensional
0	SoC	40 %	40 %
	Arus	120 A	70.5 A
	Tegangan	146 V	144.5 V
1500	SoC	73.35 %	68.03 %
	Arus	120 A	67.58 A
	Tegangan	148.8 V	145.05 V
3000	SoC	97.58 %	95.19 %
	Tegangan	146 V	148.2 V

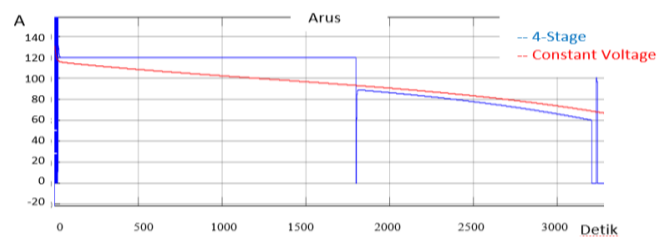
Hasil pengujian antara kedua metode tersebut dapat ditunjukkan pada tabel 5. bahwa pengisian baterai menggunakan metode *4-stage charging* lebih cepat dari pada metode *MPPT P&O*, baik dijalankan selama 1500 detik maupun 3000 detik.

D. Perbandingan Pengujian Antara Metode *4-Stage Charging* dan Metode *Constant Voltage*



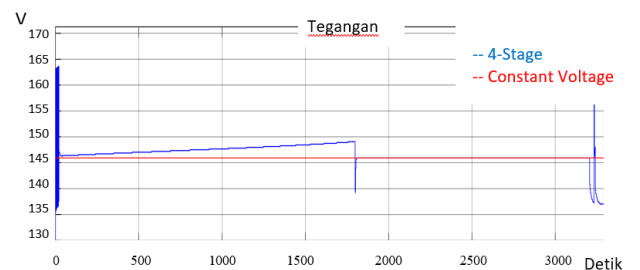
Gambar 15. Hasil Pengujian Perbandingan antara Metode *4-Stage Charging* dan Metode *Constant Voltage*

Dapat dilihat pengisian dengan metode *4-stage charging* kapasitas baterai lebih cepat terisi daripada pengisian dengan metode *constant voltage*.



Gambar 16. Kondisi arus antara Metode *4-Stage Charging* dan Metode *Constant Voltage*

Hasil pengujian arus yang ditelah dilakukan antara pengisian baterai menggunakan metode *4-stage charging* dan metode *MPPT* didapatkan hasil grafik seperti gambar 16.



Gambar 17. Kondisi tegangan antara Metode *4-Stage Charging* dan Metode *Constant Voltage*

Hasil pengujian kondisi tegangan yang ditelah dilakukan antara pengisian baterai menggunakan metode *4-stage charging* dan metode *constant voltage* didapatkan hasil grafik seperti gambar 17.

Tabel 6. Data Hasil Perbandingan Pengujian antara Metode *4-Stage Charging* dan Metode *Constant Voltage*

Waktu (detik)	Parameter	Metode	
		4-Stage Charging	Konvensional
0	SoC	40 %	40 %
	Arus	120 A	115 A
	Tegangan	146 V	146 V
1500	SoC	73.35 %	69.44 %

3000	Arus	120 A	96.9 A
	Tegangan	148.8 V	146 V
	SoC	97.58 %	93.56%
	Arus	81.5 A	86.8A
	Tegangan	146 V	146 V

Hasil pengujian antara kedua metode tersebut dapat ditunjukkan pada tabel 6. bahwa pengisian baterai menggunakan metode *4-stage charging* lebih cepat dari pada metode *constant voltage*, baik dijalankan selama 1500 detik maupun 3000 detik.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil desain keseluruhan sistem maka didapatkan kesimpulan:

1. Desain *Battery Management System* dengan sumber panel surya 20kW digunakan untuk mengisi baterai jenis *lithium-ion* 120V/150Ah dimana pada sistem terdapat algoritma *MPPT P&O* untuk memaksimalkan daya panel surya, kemudian keluaran dari *MPPT* diproses dengan konverter *buck* untuk menjalankan metode *4-stage charging* untuk mengisi baterai.
2. Kinerja sistem pengisian baterai dengan metode *4-stage charging* lebih efisien dari segi waktu pengisian dari pada metode *konvensional, MPPT P&O dan constant voltage* yang dijalankan selama 1500 detik dan 3000 detik.

V. Daftar Pustaka

- [1]. Hussain S. Maraud and Isam M. Abdulbaqi, PhD., "Optimal Battery Charger Fed by Photovoltaic System based on Decreased Charging Current Method," *International Journal of Computer Applications* Volume 139 – No.(12): 12-21, 2016.
- [2]. Faizal Ahmad dan Bagus Setyaji, Desain Maximum Power Point Tracking (MPPT) pada Panel Surya Menggunakan Metode Sliding Mode Control," *Jurnal Sains, Teknologi dan Industri*, Vol. 14, No. 1, 2016.
- [3]. Muhammad Thowil Afif, Ilham Ayu Putri Pratiwi, "Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion, Lithium-Polymer, Lead Acid Dan Nickel-Metal Hydride Pada Penggunaan Mobil Listrik", *Jurnal Rekayasa Mesin* Vol.6, No.2 : 95-99, 2015.
- [4]. Abdul Karim, Wahyu Hasbi, " Analisis dan Pengujian Sistem Baterai Satelit Lapan-A2/ORARI ", *Jurnal Teknologi Dirgantara*, Vol. 10 No. 2 : 159-165, 2013
- [5]. Riandanu Aldy Sadewo, Ekky Kurniawan, S.T., M.T., Kharisma Bani Adam, S.T., M.T. , "DESIGN AND IMPLEMENTATION OF CHARGING LEAD ACID BATTERY USING SOLAR CELL WITH THREE STEPS CHARGING METHOD", *e-Proceeding of Engineering : Vol.4, No.1. Page 26 – 36, 2017.*
- [6]. EL MEHDI LAADISSI, ANAS EL FILALI, MALIKA ZAZI, "Impact of Pulse Voltage as Desulfator to Improve Automotive Lead Acid Battery Capacity", (*IJACSA*) *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. Vol. 8, No.7 : 522-527, 2017.
- [7]. MATLAB 2017b, SIMULINK, library browser, simscape, power sistem, spealized technology, renewables, solar.
- [8]. Wahyudi Budi Pramono, Dwi Ana Ratna Wati, Maryonid Visi Taribat Yadaka, " Simulasi Maximum Power Point Tracking pada Panel Surya Menggunakan Simulink MATLAB ", *Seminar Nasional ke – 9: Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi*, 176-184, 2015.
- [9]. Ridoo Octa Pratama, Machmud Effendy, Zulfatman., "Optimalisasi Maximum Power Point Tracking (MPPT) dengan Algoritma P&O-Fuzzy dan IC-Fuzzy pada Photovoltaic", *KINETIK*, Vol.1, No.1, Mei 2016, Hal. 101-141, 2016.
- [10]. Ari Robiul Ichsan, Machmud Effendy , Diding Suhardi, "Studi Analisa Synchronous Rectifier Buck Converter Untuk Meningkatkan Efisiensi Daya Pada Sistem Photovoltaic", *KINETIK*, Vol. 2, No. 3, Agustus 2017, Hal. 151-164, 2017.