

DESAIN DAN IMPLEMENTASI *BATTERY MANAGEMENT SYSTEM* PANEL SURYA PORTABEL DENGAN METODE COULOMB COUNTING

DESIGN AND IMPLEMENTATION BATTERY MANAGEMENT SYSTEM PORTABLE SOLAR PANEL WITH COULOMB COUNTING METHOD

Ayif Rifyal Afif¹, Wahmisari Priharti, M.T., Ph.D.², Bandiyah Sri Aprillia, S.Si., M.T.³

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

¹ayifrifyal@student.telkomuniversity.ac.id, ²priharti@telkomuniversity.ac.id,

³bandiyah@telkomuniversity.ac.id

Abstrak

Perancangan penyimpanan energi listrik dari panel masih memiliki permasalahan yang sulit dihindari diantaranya, pengisian daya baterai berlebih dari kapasitas (*overcharging*) dan konsumsi listrik yang terlalu lama menyebabkan baterai kehabisan daya (*overdischarging*). Penelitian kali ini, akan merancang sistem manajemen baterai untuk memantau kinerja baterai dengan Metode *Coulomb Counting* (CC), prinsip dasar CC yaitu melakukan perhitungan muatan listrik yang masuk ataupun keluar. Hasil perhitungan muatan listrik ini lah yang menjadi parameter nilai *State of Charge* (SOC). Dari nilai SOC yang dihasilkan akan dilakukan monitoring dengan menentukan batas SOC pengosongan sampai 20% dan SOC pengisian sampai 100%.

Kata Kunci: Sistem Manajemen Baterai, *State of Charge*, *Coulomb Counting*

Abstract

The design of electrical energy storage from the panel still has problems that are difficult to avoid including, overcharging the battery and overcharging too long causing the battery to run out (overdischarging). This research will design a battery management system to monitor battery performance with the Coulomb Counting (CC) Method, the basic principle of CC which is to calculate the incoming or outgoing electric charge. The results of the calculation of this electric charge are the parameters of the value of the State of Charge (SOC). From the SOC value generated will be monitored by determining the SOC emptying limit to 20% and SOC filling to 100%.

Keywords: Battery Management System, *State of Charge*, *Coulomb Counting*

1. Pendahuluan

Untuk mengoptimalkan daya listrik yang dihasilkan, keluaran daya panel surya memerlukan sebuah media penyimpanan. Salah satunya dengan menggunakan baterai sebagai sistem penyimpanannya. Baterai sendiri terdapat dua jenis yaitu jenis primer dan jenis sekunder. Namun media penyimpanan listrik yang dihasilkan dari panel menggunakan baterai sekunder dengan jenis *Valve-Regulated Lead-Acid* (VRLA). Baterai VRLA sendiri memiliki permasalahan yaitu kondisi ketika pengisian baterai tetap dilakukan disaat baterai telah terisi penuh (*overcharging*) dan konsumsi baterai yang terlalu lama menyebabkan kehabisan daya (*overdischarging*) sehingga berpotensi merusak baterai [1]. Hal ini dapat menyebabkan menurunnya kualitas kerja baterai dan siklus hidup baterai (*lifetime*).

Untuk mencegah permasalahan kerusakan baterai akibat penggunaan yang kurang manajemen, maka diperlukan sebuah perancangan sistem manajemen baterai (*Battery Management System*). Salah satu metode dari BMS adalah estimasi nilai SOC (*State of Charge*). Pada penelitian kali ini metode SOC yang digunakan adalah CC (*Coulomb Counting*). Prinsip dasar metode CC adalah melakukan pejumlahan secara akumulatif (proses integrasi) terhadap arus listrik yang masuk ataupun keluar dari baterai [1]. Selain itu, suhu dan arus dapat mempengaruhi keakuratan kapasitas pada SOC [2].

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, penulis berniat membuat sistem monitoring untuk jenis VRLA dan menentukan nilai SOC menggunakan metode CC. Pada sistem monitoring baterai ada beberapa indikator yang ditampilkan diantaranya adalah tegangan baterai, arus dan nilai

SOC dalam bentuk persen. Penulis memilih menggunakan metode CC karena hasil yang didapatkan cukup akurat.

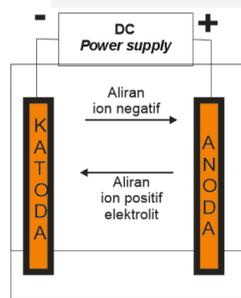
2. Dasar Teori

2.1 Panel Surya

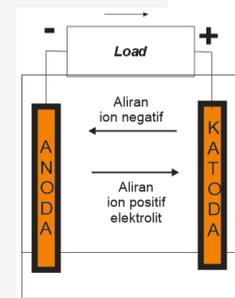
Panel Surya (PV Panel) adalah perangkat elektronika berbahan dasar dari semikonduktor yang berfungsi sebagai konversi matahari menjadi listrik dengan menggunakan Efek Photovoltaic. Efek *Photovoltaik* merupakan fenomena dimana suatu sel *photovoltaic* dapat mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik[3]. Cahaya mengandung suatu unsur gelombang dalam bentuk foton. Pada proses konversi ini foton mampu menembus lapisan atom semikonduktor pada panel surya. Kejadian ini menimbulkan energi yang cukup besar untuk memisahkan elektron dari struktur atomnya. Elektron yang lepas akan menuju daerah atau bagian yang memiliki potensial rendah (negatif), setelah kehilangan muatan elektron akan terjadi kekosongan elektron disebut *hole* yang bermuatan positif. Pada bagian yang memiliki dominan elektron disebut tipe negatif (tipe N), sedangkan bagian *hole* disebut tipe positif (tipe P). Elektron pada bagian tipe N akan mencari ikatan hole bebas dari bagian tipe P, peristiwa ini terjadi pada simpangan antara bagian P dengan bagian N dan akan timbul energi listrik, yang apabila diberi beban akan menghasilkan arus listrik.

2.3 Baterai

Baterai adalah perangkat elektronika yang berfungsi sebagai media penyimpanan listrik dalam bentuk daya. Selain hanya dapat menyimpan listrik, baterai juga berfungsi sebagai catu daya yaitu sebagai penyuplai aliran listrik. Pada penelitian kali ini menggunakan baterai sebagai media penyimpanan energi dari sistem Panel Surya.



Gambar 2.1 Siklus Pengisian



Gambar 2.2 Siklus Pengosongan

2.4 Battery Management System (BMS)

Battery Management System (BMS) merupakan metode pengelolaan dan monitoring daya baterai untuk menciptakan sistem yang lebih optimal karena dapat meningkatkan lama siklus kerja baterai. Salah satu perancangan BMS adalah mengestimasi nilai dari *State of Charge* (SOC) yang merupakan rasio kapasitas muatan yang tersedia pada baterai. BMS akan menyediakan informasi persentase muatan yang masih tersedia dalam baterai, hal ini untuk meminimalisir terjadi kelebihan tegangan ketika baterai telah terisi penuh (*overcharge*) yang menyebabkan penurunan performa dan kapasitas penyimpanan baterai[4].

2.5 State Of Charge (SOC)

State Of Charge (SOC) adalah nilai atau rasio kapasitas muatan yang terdapat pada pada baterai dengan kapasitas maksimum. *State Of Charge* merupakan serangkaian metode dalam merancang *Battery Management System* yang dimana mekanismenya sebagai pengatur ketika proses pengisian daya baterai. Nilai SOC dinyatakan dalam rentang 0-1, dimana nilai 0 menyatakan ketika baterai dalam keadaan kosong, sedangkan 1 adalah keadaan baterai ketika kapasitas daya penuh. SOC dapat juga dinyatakan dalam bentuk persentase dari 0%-100% [4]. SOC memiliki banyak metode dalam implementasinya, antara lain *Voltage measurements*, *OCV*, *Coulomb Counting*, *Kalman Filters*, *Fuzzy Logic*, *Artificial Neural Networks*, *Book-Keeping*, dan lain-lain.

2.6 Coulomb Counting

Perancangan BMS kali ini metode yang digunakan untuk mengestimasi nilai SOC adalah *Coulomb Counting*. Prinsip dasar metode *coulomb counting* yaitu melakukan penjumlahan terhadap arus listrik yang masuk maupun keluar dari baterai. Selain itu, suhu dan arus dapat mempengaruhi keakuratan dari SOC[5].

Persamaan *Coulomb Counting*:

$$Q_{out} = I \times t \quad (2.1)$$

Dimana:

Q_{out} = Muatan saat operasional

I = Arus operasional yang digunakan

t = Waktu pengambilan data

Persamaan diatas untuk mendapatkan muatan pada kondisi tertentu, namun untuk mengestimasi nilai SOC baterai diperlukan informasi muatan total, dimana persamaan muatan total adalah:

$$Q_{total} = Q_{max} - Q_{min} \quad (2.2)$$

Estimasi nilai SoC didapat dari persamaan:

$$SOC(t) = SoC(t_0) - \left(\frac{Q_{out}}{Q_{max}}\right) \times 100\% \quad (2.3)$$

Keterangan:

SoC(t_0) = SoC awal sebelum terjadi proses pengisian/pelucutan

Q_{out} = Muatan baterai yang dihitung

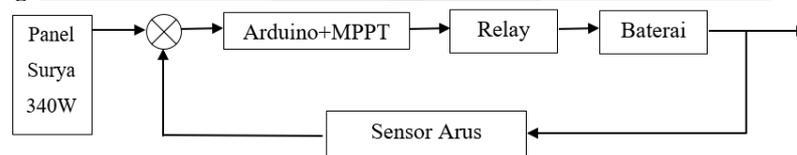
Q_{max} = Muatan maksimal baterai

3. Perancangan Sistem

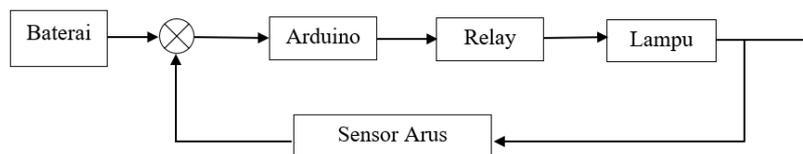
3.1 Desain Sistem

Penelitian pada sistem kali ini adalah untuk merancang sistem manajemen baterai pada panel surya portabel dengan mengestimasi nilai *State of Charge*. Metode SOC yang digunakan adalah Metode *Coulomb Counting*, dengan menghitung jumlah muatan arus yang masuk ataupun yang keluar. Sistem ini akan memantau situasi baterai dengan mencuplikan nilai *State of Charge* dari data yang dihasilkan.

3.2 Blok Diagram



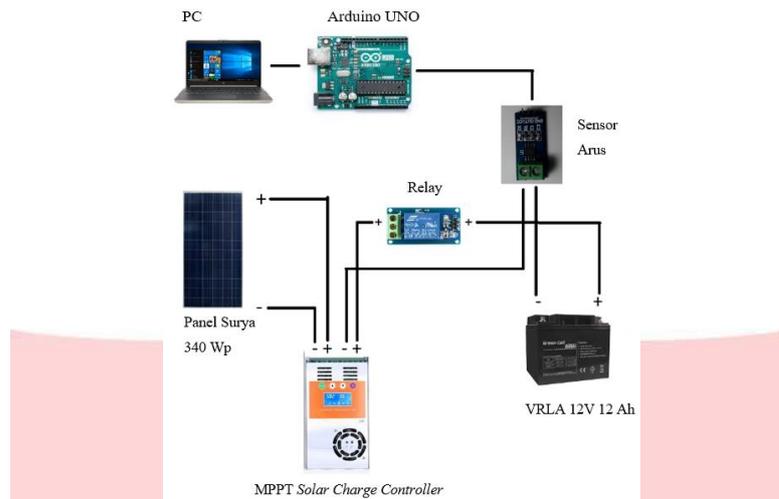
Gambar 3.1 Blok Diagram Pengisian



Gambar 3.2 Blok Diagram Pengisian

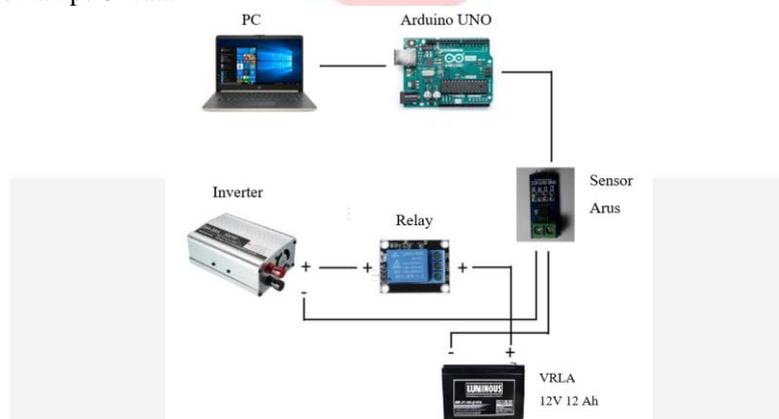
3.3 Desain Perangkat Keras Pengisian dan Pengosongan

Berikut adalah skema rangkaian pada penelitian BMS pada saat siklus pengisian dengan menggunakan catu daya panel 340 W untuk pengisian.



Gambar 3.3 Desain Perangkat Keras Siklus Pengisian

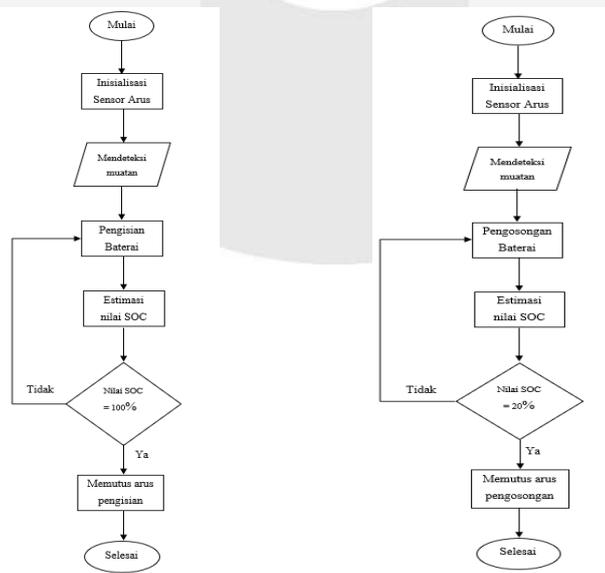
Berikut adalah skema perangkat keras pada penelitian BMS pada siklus pengosongan menggunakan beban inverter lampu 5 watt.



Gambar 3.4 Desain Perangkat Keras Siklus Pengosongan

3.4 Desain Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak digunakan untuk mengintegrasikan segala sistem dan perangkat keras. Mikrokontroler sebagai pusat kendali dari sistem menggunakan Arduino Uno dan sebagai mikrokontroler perlu diprogram terlebih dahulu agar algoritma program sesuai dengan sistem yang dikehendaki.

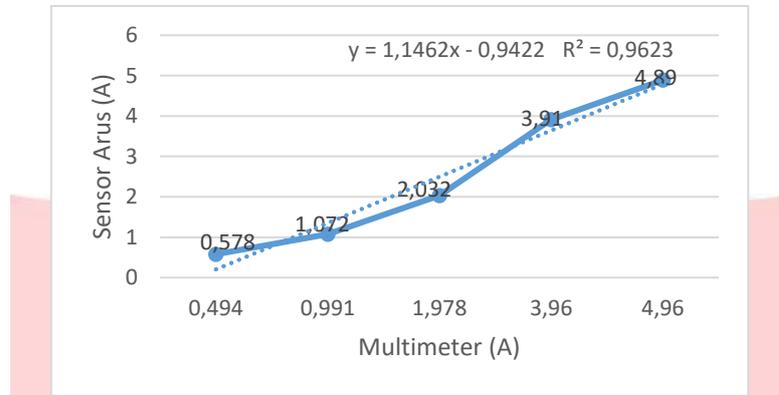


Gambar 3.5 Diagram Alir Sistem Pengisian

Gambar 3.6 Diagram Alir Sistem Pengisian

4. Hasil dan Analisis

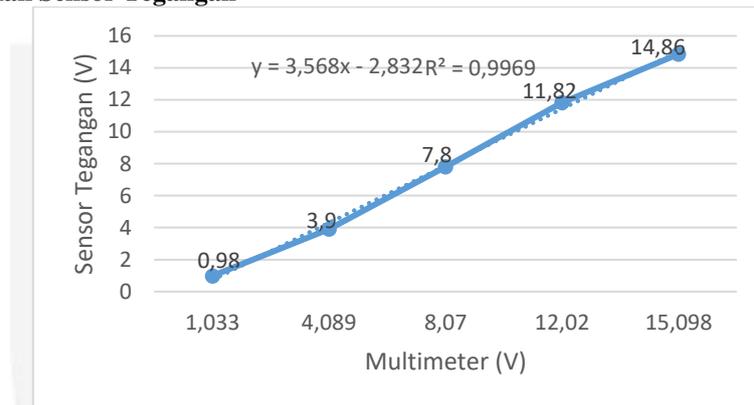
4.1. Pengujian Sensor Arus



Gambar 4.1 Karakterisasi Sensor Arus ACS712

Gambar 4.1, menunjukkan hasil pengujian sensor Arus ACS memiliki tingkat keakuratan yang cukup baik. Grafik tersebut dilakukan pengujian sebanyak 5 data dan masing-masing 30 kali percobaan. Batas minimum data arus pada pengujian kali ini 0 Ampere dan maksimum data arus sebesar 5 Ampere karena keluaran arus dari catu daya hanya sampai 5 Ampere.

4.2. Pengujian Sensor Tegangan

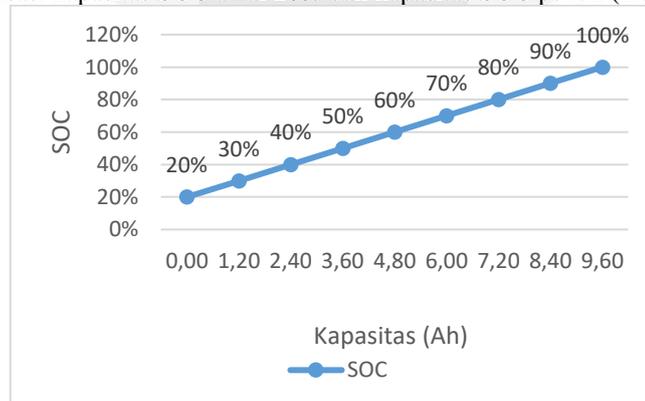


Gambar 4.2 Karakterisasi Sensor Tegangan

Berdasarkan hasil dari pengujian sensor tegangan kali ini, hasil pembacaan sensor mendapat nilai $R^2 = 0,996$ merupakan koefisien determinasi yang menunjukkan kecocokan hasil kalibrasi dengan nilai akurasi 99,6%, dengan kesimpulan ini sensor tegangan dapat berfungsi dengan baik.

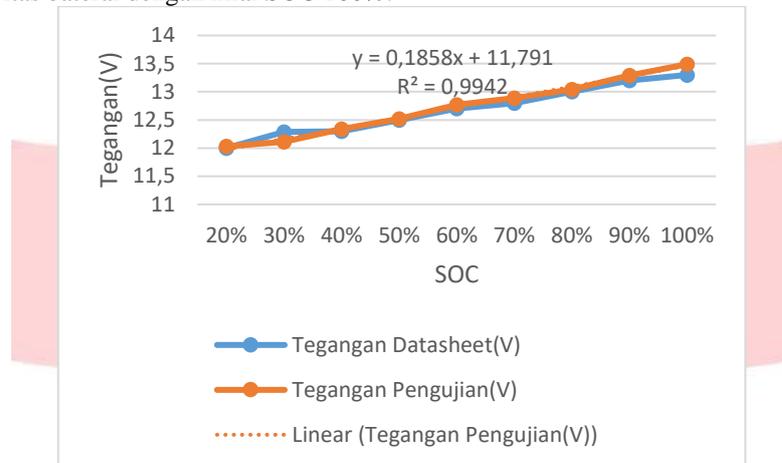
4.3 Pengisian Muatan Baterai

Pada pengujian proses pengisian muatan menggunakan panel surya sebagai catudaya untuk mengisi muatan baterai. Waktu yang diperlukan untuk mengisi penuh muatan baterai adalah 1,07 jam dengan inialisasi kapasitas SOC awal 20% dan kapasitas SOC penuh (maksimum) 100%.



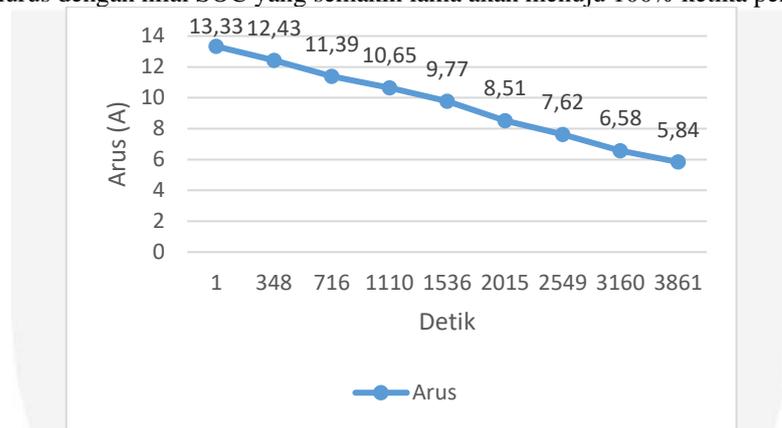
Gambar 4.3 Grafik SOC Terhadap Kapasitas

Pada gambar diatas merupakan data hasil pengisian baterai ketika nilai SOC awal menunjukkan pada angka 20% bertambah seiring dengan terisinya kapasitas baterai. Pengisian ini mampu mengisi penuh kapasitas baterai dengan nilai SOC 100%.



Gambar 4.4 Grafik Tegangan Terhadap SOC

Tegangan baterai mengalami kenaikan pada siklus pengisian kali ini, bertambahnya tegangan berbanding lurus dengan nilai SOC yang semakin lama akan menuju 100% ketika penuh.

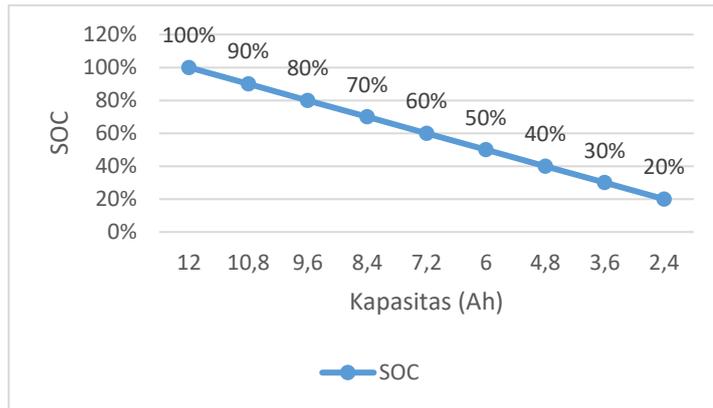


Gambar 4.5 Grafik Tegangan Terhadap SOC

Perubahan nilai arus mengalami penurunan terhadap waktu, dikarenakan daya keluaran panel fluktuatif. Disamping itu faktor yang mempengaruhi menurunnya nilai arus adalah keluaran arus dari MPPT, karena keluaran MPPT mampu menurunkan arus pengisian ketika kapasitas baterai penuh untuk meminimalisir *overcurrent*.

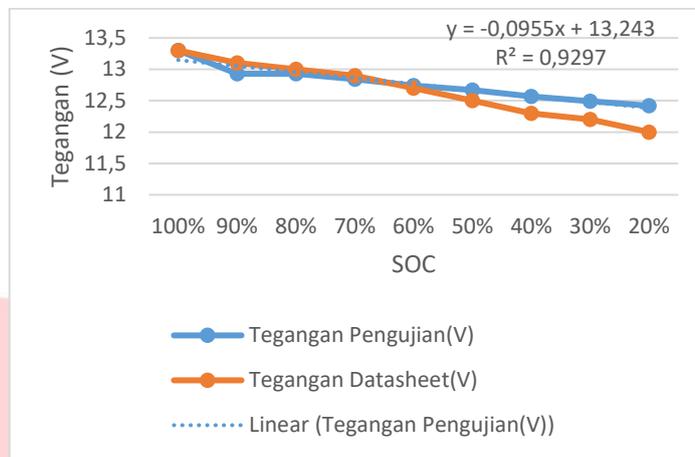
4.4 Pengosongan Muatan Baterai

Pada pengujian siklus pengosongan muatan baterai kali ini menggunakan beban inverter sebesar 5Watt. Penelitian ini akan merancang sistem BMS pada siklus pengosongan muatan baterai.



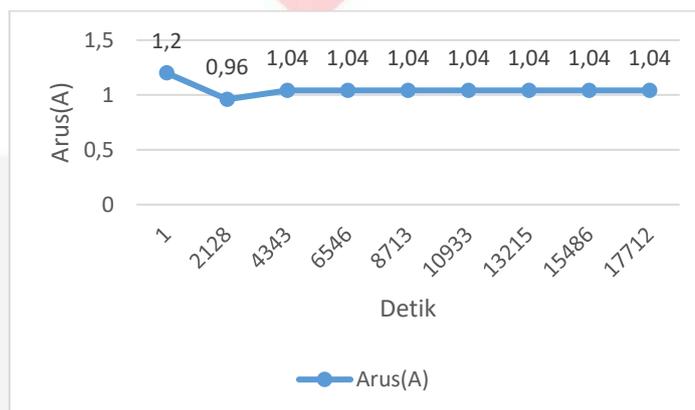
Gambar 4.6 Grafik SOC Terhadap Kapasitas

Seperti pada gambar 4.6 menunjukkan nilai SOC mengalami penurunan seiring penggunaan beban, titik *cut-off* arus saat pengosongan di angka 20% atau kapasitas baterai telah terbuang sebesar 9,6 Ah.



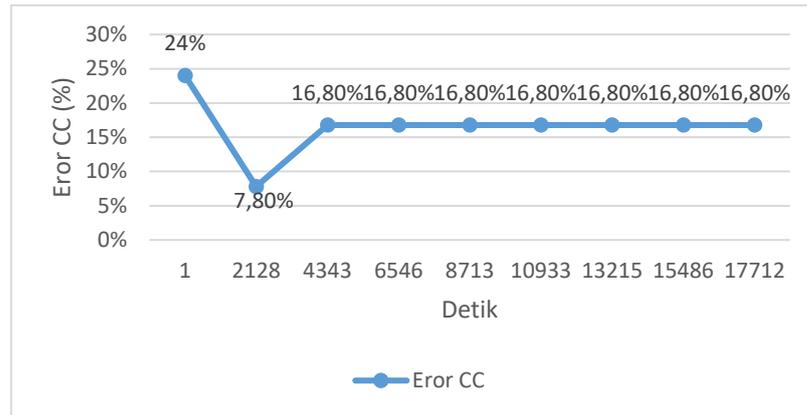
Gambar 4.7 Grafik Tegangan Terhadap SOC

Informasi pada gambar 4.7 dapat kita ketahui bahwa terdapat selisih perbandingan SOC pengujian dengan SOC *datasheet* baterai.



Gambar 4.8 Grafik Arus Terhadap Waktu

Pembacaan arus pengosongan cenderung stabil di angka 1,04A. Pemilihan beban sangat berpengaruh terhadap perancangan BMS yang dilakukan, penggunaan beban dengan daya yang besar akan mempercepat siklus pengosongan baterai.



Gambar 4.9 Grafik Error Terhadap Waktu

Berdasarkan arus sistem senilai 0,89A, pembacaan SOC dengan metode CC mengalami error yang cukup besar dengan nilai error sebesar 24% pada pembacaan pertama.

5. Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan analisis didapat kesimpulan dari Tugas Akhir ini sebagai berikut:

1. Siklus pengisian mengisi muatan sebesar 9,6Ah dari total kapasitas 12Ah dan siklus pengosongan menghabiskan muatan sebesar 9,6Ah dari total kapasitas 12Ah. Siklus pengosongan menggunakan beban lampu 5 Watt menghabiskan waktu selama 5jam 30 menit.
2. Pada siklus pengosongan menggunakan arus operasional sebesar 0,89 Ampere, dengan menggunakan Metode CC diperoleh nilai error maksimum sebesar 24% dan error minimum sebesar 7,8%.
3. Implementasi BMS pada penelitian ini akan merancang pengisian dan pengosongan baterai. Jika SOC menunjukkan angka 100% pengisian akan *cut-off* otomatis, dan ketika pengosongan ketika SOC menunjukkan angka 20% pengosongan akan *cut-off* oleh relay secara otomatis.
4. Pemilihan beban berpengaruh terhadap laju waktu pengosongan baterai, karena semakin besar daya beban elektronik ,akan berbanding lurus dengan laju waktu pengosongan.
5. Pembacaan tegangan baterai sebelum dan sesudah dipasang MPPT berbeda, hal ini mengakibatkan perhitungan nilai SOC pada siklus pengisian terganggu.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nugroho A., Rijanto E. 2015. *Simulasi Optimasi Pengukuran State of Charge Baterai Dengan Integral Observer*. Pusat Tenaga Listrik dan Mekatronik LIPI.
- [2] Feng F. Et al. 2014. *A Combined State of Charge Estimation Methode for Lithium Ion Batteries Used in a Wide Ambient Temperature Range*. Energi, halaman 7.
- [3] <https://teknikelektronika.com/pengertian-sel-surya-solar-cell-prinsip-kerja-sel-surya/> (Diakses 20 Oktober 2018, 19:59:11)
- [4] Bayu A. et al. 2017. *Perancangan dan Implementasi Alat Ukur State of Charge Sistem Pengawasan pada Baterai Lead Acid Menggunakan Open Circuit Voltage*. e-Proceeding of Engineering. Vol.4.
- [5] Dian A. et al. 2017. *Estimasi State of Charge Pada Baterai Lithium Ion Menggunakan Metode Perhitungan Coulomb*. e-Proceeding of Engineering Vol.4.