

Studi Penentuan *State Of Charge (SOC)* pada Baterai *Valve Regulated Lead Acid NP7-12* Menggunakan MATLAB

Yenni Afrida¹, Akhmad Afandi², Jeckson³, Ubaidah⁴

Jurusan Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Lampung, Bandar Lampung

Jl. Z.A Pagar Alam No.14 Bandar Lampung 35142

¹yenniafrida2016@gmail.com

Intisari — Untuk menjaga performa baterai diperlukan adanya sistem monitoring baterai yang berfungsi untuk mengetahui beberapa parameter yang ada pada baterai, seperti tegangan, arus, kapasitansi maupun kapasitas baterai. Teknologi untuk mengetahui kapasitas baterai ini sering dikenal sebagai *state of charge (SOC)*. *State of charge (SOC)* adalah perbandingan energi yang tersisa dengan kapasitas energi maksimum pada baterai. Nilai *state of charge* seringkali dinyatakan dalam bentuk prosentase, 0%-100%. Estimasi nilai *state of charge* merupakan hal yang cukup penting dalam teknologi monitoring baterai. Proses pengujian baterai *lead acid* dilakukan selama 10 jam atau 36000 detik, baik pada kondisi pengosongan maupun pengisian baterai. Pada penelitian ini diberikan batasan pada nilai *initial State of Charge (SOC)* pada baterai yaitu batas atas dan batas bawah. Nilai batas atas *initial State of Charge (SOC)* adalah 100%, sedangkan nilai batas bawah adalah 20 %. pada proses pengosongan baterai *lead acid* ini dapat diketahui bahwa nilai arus saat pengosongan stabil di angka 1.2 Ampere. Untuk nilai arus pengisian sangat konstan yaitu di angka 0.425 A. Sedangkan nilai tegangan pengisian juga konstan di angka 12.215 V.

Kata kunci — State of Charge, Lead Acid, Coulomb Counting, MATLAB .

Abstract — To maintain battery performance, it is necessary to have a battery monitoring system that functions to determine several parameters in the battery, such as voltage, current, capacitance and battery capacity. The technology for knowing battery capacity is often known as state of charge (SOC). State of charge (SOC) is the ratio of the remaining energy to the maximum energy capacity of the battery. State of charge values are often expressed in percentage form, 0% -100%. Estimating the value of the state of charge is quite important in battery monitoring technology. The lead acid battery testing process is carried out for 10 hours or 36000 seconds, both in the condition of discharging and charging the battery. In this study, the initial State of Charge (SOC) value for the battery is given, namely the upper limit and lower limit. The upper limit value for the initial State of Charge (SOC) is 100%, while the lower limit value is 20%. In the process of discharging the lead acid battery, it can be seen that the current value when discharging is stable at 1.2 Amperes. The charging current value is very constant, namely at 0.425 A. Meanwhile, the charging voltage value is also constant at 12.215 V.

Keywords — State of Charge, Lead Acid, Coulomb Counting, MATLAB.

I. PENDAHULUAN

Untuk menjaga performa baterai diperlukan adanya sistem monitoring baterai yang berfungsi untuk mengetahui beberapa parameter yang ada pada baterai, seperti tegangan, arus, kapasitansi maupun kapasitas baterai. Teknologi untuk mengetahui kapasitas baterai ini sering dikenal sebagai *state of charge (SOC)*. *State of charge (SOC)* adalah perbandingan energi yang tersisa dengan kapasitas energi maksimum pada baterai. Nilai *state of charge* seringkali dinyatakan dalam bentuk prosentase, 0%-100%. Estimasi nilai *state of charge* merupakan hal yang cukup penting dalam

teknologi monitoring baterai. Estimasi nilai *state of charge* yang akurat sangat diperlukan untuk menghindari dari kerusakan sistem dan baterai itu sendiri, mencegah baterai dari keadaan *over charge* dan *over discharge* yang dapat menyebabkan kerusakan permanen pada baterai. Dari beberapa ulasan tersebut, maka diperlukan sebuah sistem pemantauan baterai (*Battery Monitoring System*) untuk melakukan estimasi nilai *state of charge* yang akurat pada sebuah baterai. Dalam penelitian ini, metode penentuan nilai *state of charge* baterai menggunakan penggabungan metode *Coulomb Counting* yang disimulasikan menggunakan *Software MATLAB*.

Sedangkan baterai yang digunakan dalam penelitian ini adalah baterai *Valve Regulated Lead Acid* (VRLA) NP7-12 dengan tegangan kerja 12 V, dan kapasitas baterai 7 Ah.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Baterai

Baterai merupakan sebuah peralatan yang dapat mengubah energi kimia menjadi energi listrik. Pada umumnya baterai terdiri dari 2 atau lebih sel elektrokimia yang dapat mengubah energi kimia yang tersimpan menjadi energi listrik. Tiap sel memiliki kutub positif (katoda) dan kutub negatif (anoda). Kutub yang bertanda positif menandakan bahwa pada kutub tersebut memiliki energi potensial yang lebih tinggi daripada kutub bertanda negatif.

Kutub bertanda negatif adalah sumber elektron yang ketika disambungkan dengan rangkaian eksternal akan mengalir dan memberikan energi ke peralatan eksternal. Ketika baterai dihubungkan dengan rangkaian eksternal, elektrolit dapat berpindah sebagai ion di dalamnya, sehingga terjadi reaksi kimia pada kedua kutubnya.

Output arus listrik dari baterai ini adalah arus searah yang juga disebut sebagai arus DC (*direct current*). Secara umum baterai terdiri dari baterai primer dan baterai sekunder. Yang membedakan diantara keduanya adalah baterai primer tidak dapat dilakukan pengisian ulang (*single use battery*), sedangkan baterai sekunder dapat dilakukan pengisian ulang (*rechargeable battery*).

B. State of charge (SOC)

State of charge (SOC) adalah perbandingan energi yang tersisa dengan kapasitas energi maksimum pada baterai, sehingga dapat juga dikatakan bahwa *State of Charge* (SOC) merupakan persentase kapasitas baterai.

Nilai *State of Charge* (SOC) dinyatakan dalam rentang 0% - 100%, dimana 100% menunjukkan baterai dalam keadaan terisi penuh dan 0% baterai dalam keadaan kosong. Operasi baterai yang efisien berkorelasi langsung dengan keakuratan estimasi *State of Charge* (SOC), selain itu keakuratan penentuan nilai ini dapat mencegah baterai dari keadaan *overcharge* dan *overdischarge*

yang tentunya berpotensi besar mengakibatkan kerusakan pada baterai dan sistem secara keseluruhan. Kondisi *overcharge* yaitu kondisi dimana proses pengisian baterai tetap dilanjutkan meskipun kapasitas baterai sudah 100% terisi penuh, sedangkan *overdischarge* adalah proses pengosongan atau pemakaian baterai dilakukan terus menerus walaupun kapasitas baterai sudah 0%.

C. Metode Coulomb Counting

Estimasi nilai SOC yang tepat dapat mencegah sistem mengalami gangguan dan mencegah baterai dari keadaan *overcharge* dan *over-discharge*, yang dapat membuat kerusakan permanen pada baterai. Metode yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah metode perhitungan *coulomb*.

Prinsip dasar metode perhitungan *coulomb* adalah melakukan pejumlahan secara akumulatif (proses integrasi) terhadap arus listrik yang masuk ataupun keluar dari baterai. Arus listrik dihasilkan dari sejumlah muatan listrik yang bergerak per satuan waktu (dalam detik). Oleh karena itu proses perhitungan jumlah *coulomb* pada baterai dapat dilakukan dengan proses integral jumlah arus yang masuk dan keluar per satuan waktu. Secara umum, metode *coulomb counting* dapat dihitung dengan persamaan berikut ini :

$$I = \frac{dQ}{dt} \rightarrow Q = \int_{t_0}^t I dt \quad (1)$$

$$SOC(t) = SOC(t_0) - \frac{1}{C_n} \int_{t_0}^t dt \quad (2)$$

Dimana :

Q : Muatan Listrik
 SOC (to) : SOC awal sebelum terjadi proses pengisian /pengosongan
 Cn : Kapasitas maksimum baterai
 I : Besar arus listrik yang masuk atau keluar dari baterai.

D. Tingkat Pengisian dan Pengosongan (C-Rate)

C-rate adalah ukuran laju di mana baterai sedang mengalami proses pengisian (*charging*) ataupun proses pengosongan (*discharging*), C-rate digunakan sebagai peringkat pada baterai untuk menunjukkan arus maksimum

yang dapat diberikan baterai dengan aman. Charge dan discharge baterai diatur *C-Rate*. Kapasitas baterai umumnya dinilai pada 1C, yang berarti baterai terisi penuh 1Ah harus bisa menyediakan 1A selama satu jam. Discharging baterai yang sama pada 0,5C harus memberikan 500mA selama dua jam. Standar untuk baterai isi ulang umumnya menilai kapasitas lebih dari 4 jam, 8 jam atau lebih lama. C-rate 1C juga dikenal *one hour Discharging* ; 0.5C atau $C / 2$ adalah 2 jam Discharging (0.2C) atau $C / 5$ adalah 5 jam Discharging. Beberapa baterai berkinerja tinggi dapat diisi dan dikosongkan di atas 1C dengan tekanan sedang.

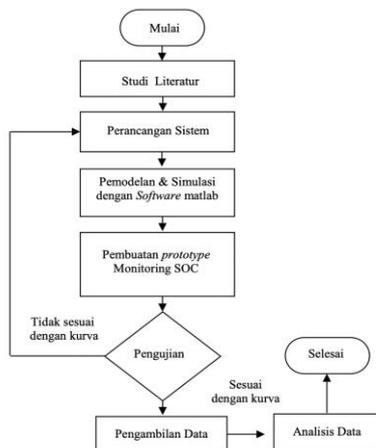
III. METODE PENELITIAN

A. Metode Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan nilai SOC dengan menggunakan *software* MATLAB. Pada proses perhitungan nilai SOC (*State of charge*) pada baterai, baik ketika proses pengisian (*Charge*) atau pengosongan (*discharge*). Pemodelan ini juga berdasarkan dengan metode yang digunakan, yaitu metode *coulomb counting*. Simulasi yang digunakan bertujuan untuk menentukan nilai SOC pada baterai serta melakukan uji coba pada sistem yang sudah dibuat. Selanjutnya dilakukan simulasi penentuan nilai *state of charge (SOC)* dengan menggunakan *software* MATLAB, serta pengambilan data dari hasil simulasi tersebut.

B. Prosedur penelitian

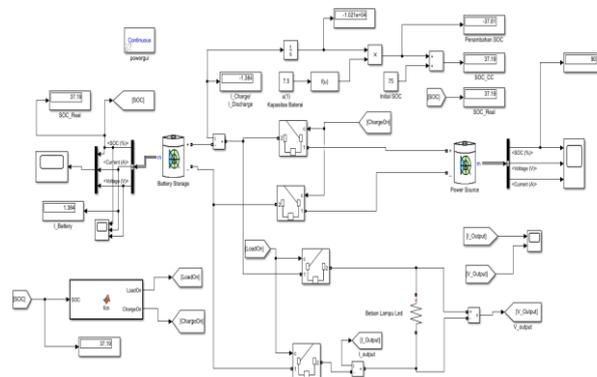
Adapun tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 :



Gbr 1. Diagram alir penelitian

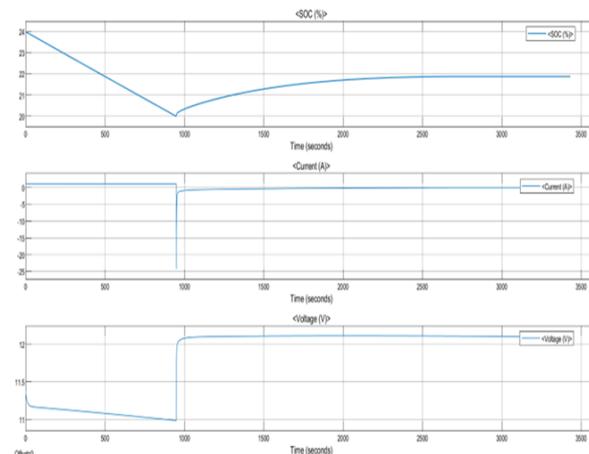
IV. PEMBAHASAN

Perhitungan nilai *State of Charge (SOC)* pada baterai NP7-12 pada dua kondisi baterai, yaitu saat proses pengosongan atau seringkali disebut dengan *discharge*, serta pada kondisi baterai saat dilakukan pengisian (*charging*). Berikut ini merupakan rangkaian simulasi MATLAB untuk perhitungan *State of Charge (SOC)* dengan menggunakan metode *coulomb counting*.



Gbr 2. Simulasi *State of Charge (SOC)* baterai *lead acid* dengan MATLAB

Proses simulasi pengujian baterai *lead acid* dilakukan selama 10 jam atau 36000 detik, baik pada kondisi pengosongan maupun pengisian baterai. Pada simulasi ini diberikan batasan pada nilai *initial State of Charge (SOC)* pada baterai yaitu batas atas dan batas bawah. Nilai batas atas *initial State of Charge (SOC)* adalah 100%, sedangkan nilai batas bawah adalah 20 %.Berikut ini grafik hasil simulasi menggunakan *coulomb counting*.



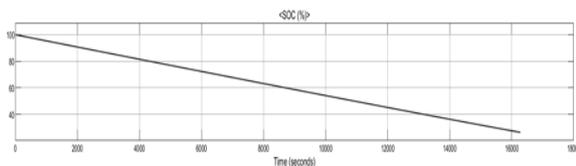
Gbr 3. Grafik simulasi proses pengisian dan pengosongan

A. Pengambilan data SOC pada proses pengosongan

Berikut ini merupakan grafik hubungan nilai SOC dan waktu pada proses pengosongan :

1. Grafik SOC terhadap waktu

Berikut merupakan grafik hubungan nilai SOC dan waktu pada proses pengosongan:

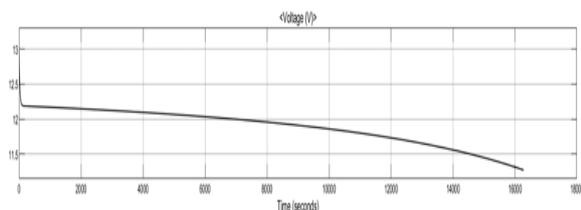


Gbr. 4 Grafik hubungan SOC terhadap waktu pengosongan

Dari grafik dapat diketahui hubungan antara nilai SOC terhadap waktu pada siklus pengosongan adalah berbanding terbalik. Semakin lama baterai digunakan maka semakin banyak muatan yang digunakan.

2. Grafik Tegangan dan SOC

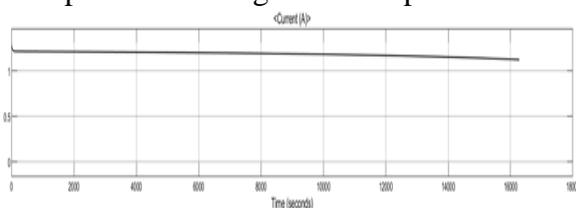
Grafik hasil pengujian ini menunjukkan hubungan nilai tegangan baterai dengan nilai SOC baterai. Dari grafik ini dapat dilihat nilai *State of Charge* (SOC) turun tajam diikuti penurunan nilai tegangan baterai. Semakin kecil nilai *State of Charge* (SOC), semakin kecil juga nilai tegangan kerja baterai. Pada batas bawah nilai *State of Charge* (SOC), tegangan kerja turun hingga 11 Volt.



Gbr. 5 Grafik hubungan SOC dengan tegangan

3. Grafik arus pengosongan baterai

Dari grafik ini juga diketahui nilai arus pada proses pengosongan baterai *lead acid* ini dapat stabil di angka 1.2 Ampere.



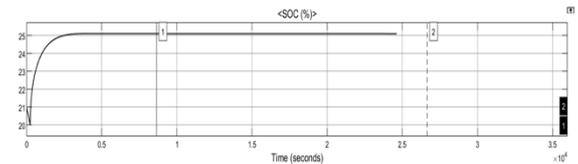
Gbr. 6 Grafik hubungan SOC dengan arus.

B. Pengambilan Data Pada Proses Pengisian

Berikut ini merupakan grafik hubungan nilai SOC dan waktu pada proses pengisian :

1. Grafik SOC terhadap waktu

Dari proses pengisian didapatkan hubungan nilai SOC baterai berbanding lurus terhadap lama proses pengisian baterai. Semakin lama proses pengisian maka nilai SOC akan bertambah hingga mencapai SOC maksimal 100 %.

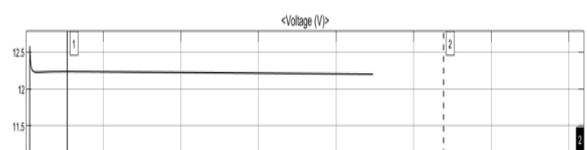


Gbr. 7 Grafik hubungan SOC terhadap waktu pengisian

Berdasarkan grafik pada proses pengisian *State of Charge* (SOC) baterai naik secara bertahap dari batas bawah SOC 20% hingga saturasi diangka *State of Charge* (SOC) 25%. Kenaikan bertahap dari angka 25% ini sangat kecil sekali dan membutuhkan waktu hingga 60% dari total waktu pengisian menuju angka 100%.

2. Grafik Tegangan dan SOC

Berikut ini merupakan hasil pengujian nilai tegangan pada baterai dengan SOC pada saat proses pengisian :



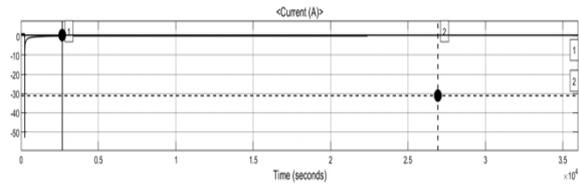
Gbr. 8 Grafik hubungan SOC dengan tegangan pada proses pengisian

Dari grafik ini diketahui nilai tegangan baterai pada proses pengisian memiliki nilai konstan di angka 12.215 V.

3. Grafik arus pengisian baterai

Berikut ini merupakan grafik hasil pengujian nilai arus pada baterai dengan SOC pada saat proses pengisian.

Dari grafik diketahui nilai arus pada proses pengosongan baterai *lead acid* ini nilai arus pengisian sangat konstan yaitu di angka 0.425 A.



Gbr.9 Grafik hubungan SOC dengan arus pada proses pengisian

V. PENUTUP

Metode penentuan nilai *state of charge* (SOC) *Valve Regulated Lead Acid* (VRLA) NP7-12 dengan menggunakan metode *Coulomb Counting* dapat dilakukan dengan Software simulasi MATLAB. Dengan metode tersebut kita dapat mengetahui jumlah *coulomb* yang masuk maupun keluar dari baterai saat proses pengisian maupun pengosongan baterai.

REFERENSI

- [1] Ahmad Faiz Farizy, Dimas Anton Asfani, and Soedibjo, “Desain Sistem Monitoring State of Charge Baterai pada Charging Station Mobil Listrik Berbasis Fuzzy Logic Dengan Mempertimbangkan Temperature,” *Institut Teknol. Sepuluh Nop.*, vol. 5, pp. 1–5, 2016.
- [2] G. Fathoni, S. A. Widayat, P. A. Topan, A. Jalil, A. I. Cahyadi, and O. Wahyunggoro, “Comparison of State-of-Charge (SOC) estimation performance based on three popular methods: Coulomb counting, open circuit voltage, and Kalman filter,” 2017, pp. 70– 74.
- [3] Z.Rahmawan “Estimasi State of Charge (SOC) pada Baterai Lead-Acid dengan Menggunakan Metode CoulombCounting pada PV Hybrid” repository.its.ac.id 2018.
- [4] Lu, L. A review on the key issues for lithium- ion battery management in electric vehicles. *Journal of Power Sources* 226 (2013): Elsevier.
- [5] AD Isnaini, S Suwandi, RF Iskandar “Estimasi State Of Charge Pada Baterai Lithium Ion Menggunakan Metode Perhitungan Coulomb Counting eProceedings of Engineering Vol. 4. 2017.