

## Battery Management Optimization Considers State Of Charge Using Coulomb Counting Method

### Pengoptimalan Manajemen Baterai Mempertimbangkan Status Pengisian Baterai Menggunakan Metode Coulomb Counting

Santi Triwijaya<sup>1</sup>, Andri Pradipta<sup>2</sup>, Yuli Prasetyo<sup>3</sup>

<sup>1,2</sup>Department of Railway Electrical Engineering, Politeknik Perkeretaapian Indonesia Madiun, Indonesia

<sup>3</sup>Department of Engineering, Politeknik Negeri Madiun, Indonesia

\*Corresponding Author: santi@ppi.ac.id

#### ABSTRACT

The Battery Management System (BMS) is important because more and more electronic devices and vehicles use batteries as a power source. Without BMS, battery charging can become unstable, resulting in overcharging and reducing battery life. Therefore, BMS is becoming increasingly important as part of the development of safer and more efficient technologies, resulting in more reliable and safer electronic devices and vehicles. The Coulomb Counting method is used to determine the state of charge of the battery at the beginning and end of charging. The coulomb counting method is very accurate for determining the state of charge because it calculates the incoming and outgoing electric charge from the read current value. The voltage from source to load uses a buck converter to step down the voltage from 27.3V source to 25.5V load voltage. The Coulomb Counting (CC) method is used to estimate the SOC of the battery being monitored. The CC method is accurate for estimating the SOC value during charging and discharging but cannot determine the initial SOC value. The results of the current test have an accuracy of 96.03% and the voltage test has an accuracy of 99.22%.

Keywords: Battery, Voltage, Charging, Coulomb Counting, Methode.

#### ABSTRAK

Sistem Manajemen Baterai (BMS) penting karena semakin banyaknya perangkat elektronik dan kendaraan yang menggunakan baterai sebagai sumber daya listrik. Tanpa BMS, pengisian baterai bisa menjadi tidak stabil, mengakibatkan pengisian yang berlebihan dan mengurangi masa pakai baterai. Oleh karena itu, BMS menjadi semakin penting sebagai bagian dari pengembangan teknologi yang lebih aman dan efisien, yang menghasilkan perangkat elektronik dan kendaraan yang lebih andal dan aman. Metode Coulomb Counting digunakan untuk menentukan nilai state of charge dari baterai di awal dan diakhir pengisian daya. Metode coulomb counting sangat akurat untuk menentukan state of charge karena menghitung muatan listrik yang masuk dan keluar dari nilai arus yang terbaca. Tegangan dari sumber ke beban menggunakan buck converter untuk menurunkan tegangan dari sumber 27,3V ke tegangan beban 25,5V. Metode Coulomb Counting (CC) digunakan untuk mengestimasi SOC dari baterai yang sedang dimonitoring. Metode CC akurat untuk mengestimasi nilai SOC pada saat charging dan discharging namun tidak dapat menentukan nilai SOC Awal. Hasil pengujian arus mempunyai akurasi 96,03% dan pengujian tegangan mempunyai akurasi 99,22%.

Kata kunci: Tegangan Baterai, Charging, Coulomb Counting

#### 1. PENDAHULUAN

Sistem Manajemen Baterai (BMS) menjadi semakin penting dalam beberapa dekade terakhir karena semakin banyak perangkat elektronik dan kendaraan yang menggunakan

baterai sebagai sumber tenaga (1). Baterai adalah sumber daya penting untuk memberi daya pada banyak jenis

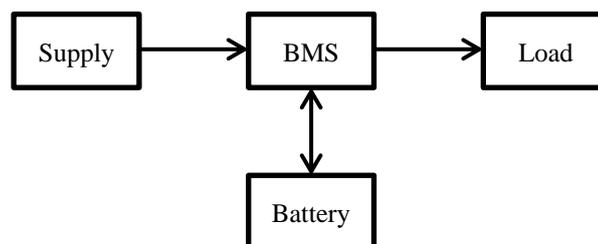
perangkat elektronik seperti ponsel, laptop, kamera, dan perangkat medis (2-5). Selain itu, baterai juga menjadi komponen penting pada kendaraan listrik yang semakin populer (6,7). BMS memiliki beberapa fungsi utama yang sangat penting, seperti mengatur pengisian dan pengosongan baterai sesuai spesifikasi pabrikan, memantau kondisi baterai, melindungi baterai dari kondisi buruk seperti overcharging atau overdischarging, serta memberikan manfaat informasi tentang kinerja baterai seperti sisa kapasitas dan perkiraan masa pakai. Penggunaan ini menjadikan BMS sangat penting dalam memastikan keamanan dan kinerja baterai serta memperpanjang masa pakai baterai. Tanpa BMS, pengisian baterai dapat menjadi tidak stabil, mengakibatkan pengisian daya yang berlebihan dan mengurangi masa pakai baterai. Selain itu, kondisi buruk seperti suhu yang terlalu tinggi atau terlalu rendah, pengisian daya yang berlebihan, pemakaian yang berlebihan, dan arus yang terlalu banyak dapat merusak baterai bahkan menyebabkan ledakan atau kebakaran (8-10). Oleh karena itu, BMS menjadi semakin penting sebagai bagian dari pengembangan teknologi yang lebih aman dan efisien, sehingga menghasilkan perangkat dan kendaraan elektronik yang lebih andal dan aman. BMS merupakan teknologi yang terus berkembang dan dibutuhkan di masa depan. Metode Coulomb Counting digunakan untuk mengetahui keadaan pengisian baterai pada awal dan akhir pengisian (11,12). Metode coulomb counting digunakan untuk menentukan keadaan muatan karena menghitung muatan listrik yang masuk dan keluar dari nilai arus yang dibaca. Berdasarkan hal tersebut, diperlukan suatu sistem manajemen baterai yang lebih sesuai dengan kondisi yang ada.

## 2. METODE PENELITIAN

Bagian ini menjelaskan sistem manajemen baterai selama kondisi pengisian dan metode yang digunakan yaitu metode penghitungan coulomb untuk mengoptimalkan nilai SOC baterai.

### 2.1. Sistem Manajemen Baterai

Sistem Manajemen Baterai atau dikenal dengan nama BMS. BMS biasanya terdiri dari beberapa komponen antara lain sensor suhu, sensor tegangan, mikrokontroler, power controller, dan komunikasi data. Sensor suhu dan tegangan digunakan untuk memantau kondisi baterai, sedangkan mikrokontroler dan pengontrol daya digunakan untuk mengontrol pengisian dan pengosongan baterai agar sesuai dengan spesifikasi pabrikan. BMS juga dapat melindungi baterai dari kondisi buruk, seperti overcharging, overdischarging, dan temperatur yang terlalu tinggi. Selain itu, BMS dapat memberikan informasi berguna tentang performa baterai, seperti sisa kapasitas, kondisi baterai, dan perkiraan masa pakai baterai. Secara umum, BMS sangat penting untuk menjaga keamanan dan performa baterai, serta untuk memperpanjang masa pakai baterai. Oleh karena itu, banyak produsen elektronik dan kendaraan listrik mengintegrasikan BMS ke dalam produknya.



Gambar 1. Diagram Blok BMS

## 2.2. Overcharged and Overdischarged pada Baterai

Overcharge baterai terjadi ketika baterai terus diisi dengan daya listrik setelah mencapai kapasitas maksimumnya. Dalam baterai yang terisi penuh, arus terus mengalir ke baterai dan menyebabkan suhu baterai meningkat. Jika arus terus dialirkan, baterai akan rusak dan dapat menyebabkan ledakan atau kebakaran. Overdischarge baterai terjadi ketika baterai digunakan terus menerus atau dibiarkan terlalu lama tanpa diisi ulang hingga mencapai kapasitas minimum. Hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada sel baterai dan mempersingkat masa pakai baterai. Pengisian daya yang berlebihan juga dapat menyebabkan baterai menjadi tidak stabil, dan jika tidak ditangani, dapat menyebabkan baterai kehilangan kapasitas atau bahkan gagal total. Kedua kondisi ini dapat merusak baterai dan mengurangi masa pakai baterai secara signifikan. Oleh karena itu, penting untuk menggunakan Sistem Manajemen Baterai (BMS) yang dirancang khusus untuk mengontrol pengisian.

dan pengosongan baterai untuk mencegah pengisian dan pengosongan yang berlebihan. Selain itu, penting untuk mengikuti petunjuk penggunaan baterai yang diberikan oleh produsen untuk memastikan performa baterai yang optimal dan aman.

## 2.3. Metode Coulomb Counting

State of charge adalah salah satu parameter baterai yang dapat diamati. State of charge atau biasa disebut SOC adalah nilai kapasitas baterai yang tersedia dibandingkan dengan total kapasitas baterai dalam keadaan penuh. Dalam memperkirakan state of charge (SOC) pada baterai, beberapa metode dapat digunakan. Metode Coulomb Counting adalah teknik pengukuran kapasitas baterai yang paling umum digunakan dalam Sistem Manajemen Baterai (BMS). Metode ini mengukur arus yang mengalir masuk atau keluar dari baterai selama pengisian atau pengosongan dan menggunakan nilai tersebut untuk menghitung jumlah kapasitas baterai yang tersisa. Cara kerja metode Coulomb Counting adalah dengan mengintegrasikan arus listrik dalam kurun waktu tertentu. Misalnya, jika baterai diisi dengan 1 Amp selama 1 jam, maka jumlah energi yang tersimpan dalam baterai adalah 1 Ah (Ampere jam). Saat baterai habis, arus listrik yang keluar diukur dan diintegrasikan selama periode waktu tertentu, dan hasil integrasi ini digunakan untuk menghitung jumlah energi yang tersisa di baterai. Walaupun metode Coulomb Counting cukup akurat untuk mengukur kapasitas baterai, namun ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi keakuratannya, seperti perubahan temperatur, perubahan resistansi pada baterai, atau kondisi baterai yang sudah terlalu tua. Oleh karena itu, metode ini biasanya digunakan sebagai pendekatan awal untuk mengukur kapasitas baterai dan dikombinasikan dengan metode pengukuran kapasitas lainnya, seperti metode Voltage-Time atau Spektroskopi Impedansi, untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

Secara umum, metode coulomb counting dapat dihitung dengan persamaan berikut ini:

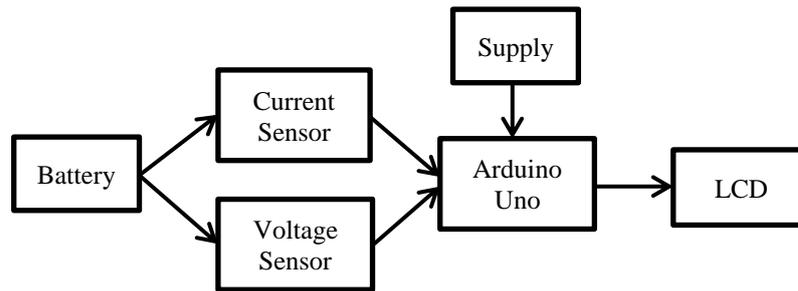
$$SOC(t) = SOC(t_0) + \frac{\int_{t_0}^t I dt}{Ah} \times 100 \quad (1)$$

Keterangan:

- SOC (0) : Nilai SOC pada saat sebelum dilakukan pengisian atau pengosongan daya.
- Ah : Nilai maksimum kapasitas baterai
- I : Arus listrik terukur yang masuk atau keluar pada baterai (A)
- t : Waktu (s)
- t0 : Waktu Awal (s)
- Q : Muatan Listrik (Coulomb)

## 2.4. Diagram Blok Penelitian

Berikut adalah diagram blok sistem yang akan dirancang:



Gambar 2. Diagram Blok Penelitian

Pada diagram blok pada gambar 2 yang terdiri dari input berupa 2 buah sensor tegangan dan sebuah sensor acs 712. Sensor ini digunakan untuk mengetahui kondisi tegangan dan arus baterai. Masukan dari sensor tersebut akan diolah dan diolah oleh Arduino Uno sebagai mikrokontroler. Mikrokontroler beroperasi ketika mendapat sinyal input dari sensor dan membawa perintah melalui program yang telah diprogram melalui Arduino IDE dan akan menghasilkan sinyal output untuk mengontrol proses tersebut. Keluaran pada sistem ini terbagi menjadi 2, keluaran pertama adalah untuk proteksi pengisian terhadap overcharge dengan keluaran berupa sinyal ke relai yang akan memutuskan aliran listrik ketika nilai tegangan telah mencapai tegangan potong pada masukan. sensor sesuai dengan program. Output kedua untuk monitoring berupa data yang ditampilkan melalui LCD Display 20x4 yang menampilkan parameter tegangan, arus, dan SOC baterai. Lalu ada output berupa led indikator charging.

## 2.5. Pengujian Akurasi Sensor Tegangan

Pengujian dilakukan dengan mengukur tingkat ketelitian rata-rata dari kedua sensor tegangan yang digunakan dengan membandingkannya dengan pengukuran dari multimeter, pengukuran dilakukan tanpa beban. Keluaran dari pengujian ini adalah akurasi yang dihitung melalui rata-rata error yang dihitung dari beberapa pengujian. Kesalahan rata-rata dapat dihitung melalui rumus berikut:

$$Error = \frac{DeviationValue}{MeasuredValue} \times 100\% \quad (2)$$

$$AverageError = \frac{\sum Error}{\sum Testing} \quad (3)$$

$$Accuracy (\%) = 100\% - (Average Error) \quad (4)$$

## 2.6. Pengujian Akurasi Sensor Arus ACS 712

Pengujian dilakukan dengan mengukur tingkat akurasi rata-rata dari kedua sensor ACS 712 yang digunakan dengan membandingkannya dengan pengukuran dari multimeter. Keluaran dari pengujian ini adalah akurasi yang dihitung melalui rata-rata error yang dihitung dari beberapa pengujian.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Pengujian Relay

Pengujian fungsi ini menguji cara kerja relay yang difungsikan untuk memutuskan pengisian daya saat SOC 100%. Berikut hasil pengujian fungsi relay:

Tabel 1. Hasil Pengujian Relay

No	SOC (%)	Kondisi Relay
1	100	NO
2	95	NC
3	85	NC
4	50	NC
5	10	NC

### 3.2. Pengujian Sensor Tegangan

Sensor tegangan yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis sensor pembagi tegangan dengan dua resistor. Berikut hasil pengujian sensor tegangan :

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor Tegangan

No	Sensor Tegangan (V)	Multimeter (V)	Penyimpangan	Error (%)
1	2,12	2,15	0,03	1,40
2	5,08	5,09	0,01	0,19
3	8,30	8,33	0,02	0,24
4	10,60	10,65	0,05	0,47

### 3.3. Pengujian Discharge Baterai

Pada penelitian ini salah satu parameter uji yang paling penting adalah pengujian discharge baterai. Sebelum dilakukan uji pengosongan, aki di charge hingga mencapai tegangan pengisian maksimal yaitu 27,3V, selanjutnya aki akan disambungkan ke beban 24V yaitu Lampu LED 20W dan setiap 5% perubahan arus SOC dan parameter tegangan akan dicatat kemudian baterai akan diistirahatkan selama 2 jam agar baterai mencapai keseimbangan. Kemudian aki yang sudah seimbang akan diukur tegangannya. Baterai yang digunakan pada penelitian ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Manufacturing : VRLA Yuasa NP-7 12
- Capacity : 7Ah
- Battery Vnominal : 24V (2 batteries 12V in series)

Pengosongan baterai dilakukan dengan konfigurasi sebagai berikut:

- Data Collection Interval : Tiap 5%
- Initial SOC : 100%
- Load used : Lamp 24V 20W
- Discharging Current : Penyesuaian beban

Tabel 3. Pengujian Discharge Baterai

Durasi (Menit)	SOC (%)	Voltage (V)
30	95	26,4
60	90	25.2
120	75	24.6
240	50	23.2
720	10	20,5

### 3.4. Pengujian Charging Baterai

Dalam penelitian ini pengisian baterai merupakan parameter yang penting untuk diperhatikan. Setiap 5% penurunan baterai akan diistirahatkan selama 2 jam agar baterai

mencapai keseimbangan. Kemudian aki yang sudah seimbang akan diukur tegangannya. Baterai yang digunakan pada penelitian ini memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Manufacturing : VRLA Yuasa NP-7 12
- Capacity : 7Ah
- Battery Vnominal : 24V (2 batteries 12V in series)
- Voltage Charging : 27,3V (2,275V/cell)

pengisian baterai dilakukan dengan konfigurasi sebagai berikut:

- Data Collection Interval : Tiap 5%
- Initial SOC : 0%
- Current used : 3A
- Average Current : 3.065A

Tabel 4. Pengujian Charging Baterai

Durasi (Menit)	SOC (%)	Voltage (V)
10	15	22,2
30	30	22.8
45	50	23.6
60	70	25.2
90	100	27,1

Hasil SOC yang diukur terhadap perubahan waktu terlihat linier. Semakin lama durasi waktu pengisian atau pengosongan maka nilai SOC akan mengalami perubahan. Pengujian pengosongan baterai memerlukan waktu 720 menit sampai baterai kosong. Pengujian charging memiliki waktu 90 menit untuk dapat membuat baterai menjadi penuh. Perubahan SOC cukup stabil, tidak ada lonjakan perubahan SOC yang signifikan seperti terlihat pada tabel 3 dan 4. Tidak adanya peningkatan SOC yang signifikan saat pengisian berkaitan dengan arus pengisian yang konstan. Jumlah arus yang melewati berbanding lurus dengan laju penambahan SOC.

#### 4. KESIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini adalah pembuatan prototipe BMS dengan metode penghitungan coulomb untuk mengoptimalkan nilai SOC baik pengisian maupun pengosongan baterai telah berhasil. Sistem manajemen baterai memiliki tegangan input 27,3V dengan 2 output yaitu output beban dan output pengisian baterai. Output beban memiliki nilai 24V sedangkan output pengisian baterai memiliki nilai 27.3V. Selain itu, alat ini dilengkapi power breaker relay saat baterai mencapai 100% SOC. Karakteristik estimasi SOC dengan metode penghitungan coulomb ditunjukkan pada grafik SOC pada satu waktu dan baterai diisi dengan arus konstan. Grafik SOC ini memiliki perubahan linier. Kelemahan metode penghitungan coulomb adalah tidak dapat menentukan nilai SOC awal, sehingga diperlukan suatu metode untuk menentukan nilai SOC awal. Penelitian selanjutnya adalah menggabungkan dua metode yaitu menentukan nilai SOC awal dan akhir pada sebuah baterai.

**REFERENCES**

1. Ningrum P, Windarko NA. Aplikasi Battery Management System (BMS) dengan State of Charge (SOC) Menggunakan Metode Modified Coulomb Counting. 2019;1(1).
2. Iskandar HR, Elysees CB, Ridwanulloh R, Charisma A, Yuliana H. ANALISIS PERFORMA BATERAI JENIS VALVE REGULATED LEAD ACID PADA PLTS OFF-GRID 1 KWP. *J Teknol.* 2021;13(2).
3. Prasetyo Y. OTOMATISASI SISTEM PENGISIAN BATERAI PADA SISTEM TENAGA SURYA. *J Geuthèè Penelit Multidisiplin.* 2021 Dec 22;4(3):153.
4. Roal M. Peningkatan Efisiensi Energi Menggunakan Baterai Dengan Kendali Otomatis Penerangan Ruang Kelas Berbasis PLTS. 2015;(2).
5. Sugeng B, Saputra RH. Estimasi State-Of-Charge Menggunakan Simulink Pada Baterai Pembangkit Listrik Tenaga Surya. *J ELTIKOM.* 2019 Feb 3;3(1):1-8.
6. Triwijaya S, Darmawan A, Pradipta A, Feriando DA. Cable Car Speed Control Using Programmable Logic Control Based on Fuzzy Logic. *J Electron Electromed Eng Med Inform.* 2020 Oct 29;2(3):125-9.
7. Pradipta A, Triwijaya S, Artha Wirawan W, Pandu Wijaya F, Hamedani P. Harmonic Analysis of A DC Railway Traction with Uncontrolled 12 Pulse Rectifier. *J Railw Transp Technol.* 2022 Nov 29;1(2):46-57.
8. Prasetyo Y, Triyono B, Kusbandono H. Dual Axis Solar Tracker Using Astronomic Method Based Smart Relay. *JAREE J Adv Res Electr Eng [Internet].* 2021 Apr 1 [cited 2021 Nov 20];5(1). Available from: <http://jaree.its.ac.id/index.php/jaree/article/view/156>
9. Susanto H, Nurcahyo A. Design and Implementation of a Smart Home Security System Using Voice Command and Internet of Things. *Khazanah Inform J Ilmu Komput Dan Inform [Internet].* 2020 Aug 22 [cited 2023 Jan 11];6(2). Available from: <https://journals.ums.ac.id/index.php/khif/article/view/9320>
10. Denny H, Riz R. Pemanfaatan Energi Terbarukan Dengan Menerapkan Smart Grid Sebagai Jaringan Listrik Masa Depan. *J ZETROEM.* 2021 Mar 18;3(1):11-7.
11. Sumantri B, Abimayu A, Tamami N. Sistem Portable Dashboard Berbasis Android untuk Mobil Listrik. *J Rekayasa Elektr [Internet].* 2018 Dec 31 [cited 2023 May 1];14(3). Available from: <http://www.jurnal.unsyiah.ac.id/JRE/article/view/11826>
12. Xie J, Ma J, Bai K. Enhanced Coulomb Counting Method for State-of-Charge Estimation of Lithium-ion Batteries based on Peukert's Law and Coulombic Efficiency. *J Power Electron.* 2018;18(3).
13. S. Triwijaya, N. Sugiantoro, Y. Prasetyo, Firdaus, R. S. Wibowo and O. Penangsang, "Security Constrained Optimal Power Flow Considering Dynamic Line Rating," 2018 10th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering (ICITEE), Bali, Indonesia, 2018, pp. 46-51, doi: 10.1109/ICITEED.2018.8534755.