

---

## ANALISA BALANCING BMS (BATTERY MANAGEMENT SYSTEM) PADA PENGISIAN BATERAI LITHIUM-ION TIPE INR 18650 DENGAN METODE CUT OFF

**Yusuf Nurul Hilal**

Fakultas Teknik , Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Semarang  
Email: [yusuf@usm.ac.id](mailto:yusuf@usm.ac.id)

**Puri Muliandhi**

Fakultas Teknik , Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Semarang  
Email: [puri.usm@usm.ac.id](mailto:puri.usm@usm.ac.id)

**Elfira Nureza Ardina**

Fakultas Teknik , Program Studi Teknik Elektro  
Universitas Semarang  
Email: [elfira\\_na@usm.ac.id](mailto:elfira_na@usm.ac.id)

### ABSTRAK

Baterai *lithium-ion* merupakan salah satu jenis baterai yang banyak digunakan pada kendaraan listrik maupun perangkat elektronik dimasa kini, karena memiliki performa yang baik dengan densitas energi lebih tinggi dan umur pakai panjang. Penelitian ini menggunakan baterai dengan jenis *lithium-ion* tipe INR 18650 3.7V 2500mAh dengan bahan *lithium nickel cobalt aluminum oxide* (LiNiCoAlO<sub>2</sub>). Jumlah baterai adalah 15 sel, dengan total kapasitas yang terpasang pada BMS sebesar 11.1V 1250 mAh. Lama waktu pengisian baterai dari kondisi *low voltage* (8.8V) sampai kondisi *high voltage* (12.8V) memakan waktu selama 7 jam, dengan tegangan input 12V.

Sistem cut off low voltage dan high voltage berhasil dilakukan BMS, dengan sistem proteksi yang memutuskan aliran pengisian ketika baterai sudah mencapai kondisi high yaitu 4.2V, dan memutuskan aliran pengurusan ketika baterai berada pada kondisi low yaitu 2.8V. Sistem balancing BMS berhasil melakukan penyeimbangan tegangan pada semua sel baterai ketika dilakukan pengisian, hal tersebut dibuktikan dengan pengukuran menggunakan multimeter kepada 15 sel baterai dalam kondisi penuh yaitu menghasilkan pembacaan tegangan sebesar 4.2V.

**Kata kunci:** *balancing, lithium-ion, 18650, BMS, cut off*

### ABSTRACT

*Lithium-ion battery is a type of battery that is widely used in electric vehicles and electronic devices today, because it has good performance with higher energy density and long service life. This study used a lithium-ion battery type INR 18650 3.7V 2500mAh with lithium nickel cobalt aluminum oxide (LiNiCoAlO<sub>2</sub>). The number of batteries is 15 cells, with a total capacity installed on the BMS of 11.1V 1250mAh. The battery charging time from low voltage (8.8V) to high voltage (12.8V) takes 7 hours, with an input voltage of 12V.*

*The low voltage and high voltage cut off system was successfully carried out by BMS, with a protection system that cuts off the charging flow when the battery reaches a high*

condition, which is 4.2V, and cutoff the drain flow when the battery is in a low condition, which is 2.8V. The BMS balancing system has succeeded in balancing the voltage on all battery cells when charging, this is evidenced by measurements using a multimeter on 15 battery cells in full condition, which results in a voltage reading of 4.2V.

**Keywords:** balancing, lithium-ion, 18650, BMS, cut off

## 1. PENDAHULUAN

Baterai adalah suatu sel elektrokimia yang mengubah dari energi kimia menjadi energi listrik. Baterai dengan bahan *lithium-ion* adalah jenis baterai sekunder atau *rechargeable battery*, yaitu salah satu jenis baterai yang dapat diisi ulang dan merupakan baterai yang ramah lingkungan karena tidak mengandung bahan berbahaya seperti baterai-baterai yang berkembang lebih dahulu seperti baterai NI-Cd dan Ni-MH. Selain itu baterai dengan bahan *lithium-ion* lebih awet dan bisa bertahan kurang lebih 10 tahun [1]. Hal inilah yang menyebabkan baterai *lithium-ion* banyak digunakan pada perangkat elektronik jaman sekarang.

Baterai *lithium-ion* merupakan salah satu jenis baterai yang banyak digunakan pada kendaraan listrik maupun perangkat elektronik dimasa kini. Elektrode aktif pada baterai *lithium-ion* merupakan *lithium metal oxide* untuk electrode positif sedangkan *carbon* pada elektrode negatif. Material ini menganut arus kolektor logam dengan bahan pengikat, biasanya berupa polivinilidena flourida (PVDF) atau *kopolimer poliviniliden fluorida-hexafluoropropylene* (PVDF- HFP), dan penencer konduktif [2].

Perangkat elektronik dengan penggunaan baterai tentunya melalui proses pengisian arus listrik terlebih dahulu, agar baterai tersebut dapat digunakan. Proses pengisian baterai adalah salah satu proses yang perlu diperhatikan karena memberikan dampak penting terhadap kesehatan dan kinerja baterai itu sendiri. Tujuan penggunaan rangkaian BMS (*battery management system*) adalah menjaga keamanan baterai untuk dapat digunakan pada perangkat elektronik, meski bekerja pada tegangan tinggi [3].

Kerusakan pada baterai biasanya disebabkan karena penggunaan yang tidak ideal dan baterai tidak dilengkapi sistem proteksi, sehingga baterai tetap beroperasi meskipun dalam kondisi *over-voltage*, *over-current* dan *over-heat* ketika proses *charging* atau pengisian, hal inilah yang dapat menyebabkan kinerja baterai tidak maksimal dan jangka pemakaian yang pendek [4]. Maka akan dilakukan penelitian mengenai pengaruh sistem BMS metode *cut off* terhadap *balancing* baterai 18650 ketika dilakukan pengisian arus listrik.

BMS adalah sebuah komponen elektronik atau alat yang berfungsi untuk manajemen pengisian sel baterai, terutama baterai jenis *Lithium* (Li-Ion, Li-Po, LifePo4, dll) mulai dari proses *charging*, *discharging* hingga fungsi proteksi agar baterai tetap memiliki kinerja yang maksimal. Selain itu sistem Manajemen Baterai (BMS) mempunyai peranan sangat penting dalam sebuah perangkat elektronik, terutama dalam bagian pemantauan pengisian baterai, agar baterai bisa aman dan tahan lama ketika digunakan dalam suhu tinggi maupun tegangan tinggi [5].

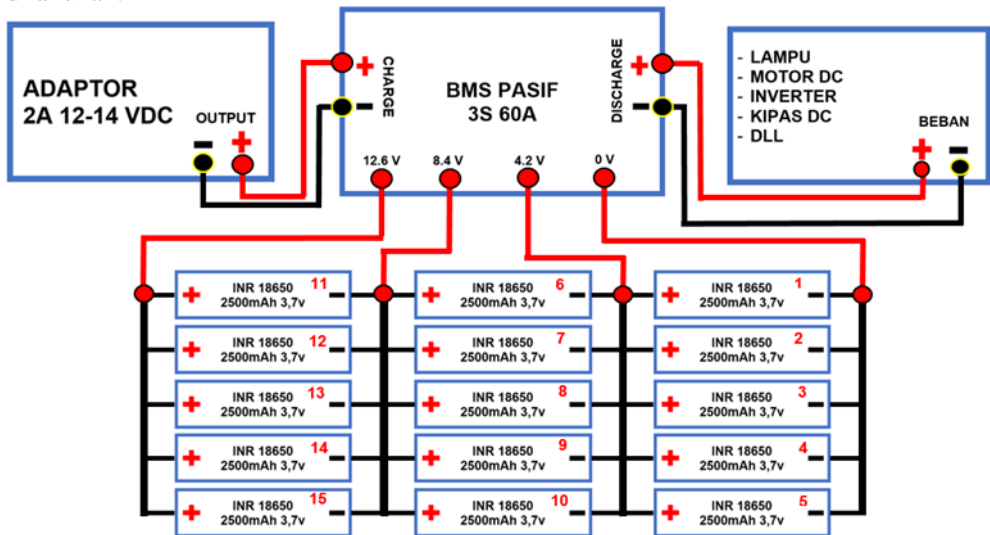
Saat proses pengisian pada baterai *lithium*, kemungkinan besar terjadi satu sel yang terisi penuh terlebih dahulu, sedangkan sel yang lain belum penuh, dan proses pengisian tetap berlanjut. Hal tersebut dapat menyebabkan elektroda pada baterai mengalami kerusakan dan mempengaruhi usia baterai. Maka dari itu BMS dirancang untuk dapat memastikan setiap sel baterai dapat terisi dengan penuh secara bersamaan sampai proses pengisian selesai, hal tersebut yang dinamakan proses *balancing*. Sedangkan komponen yang bertugas dalam menyeimbangkan antar sel baterai adalah resistor dan

transistor [6].

Proses pengisian atau *charging* yang dilakukan pada baterai menggunakan sistem *balancing*, fungsi dari sistem ini adalah untuk memantau dan mengatur kinerja baterai sehingga menghasilkan kinerja yang efektif, efisien dan tahan lama, sistem *balancing* juga diperlukan untuk mencegah baterai dari kegagalan sistem, yaitu salah satu gangguan yang biasanya terjadi pada baterai multisel dan menyebabkan ketidakseimbangan tegangan [7].

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah melakukan pengamatan secara langsung dan melakukan penghitungan hasil pengukuran dari percobaan pengujian dimana baterai dikosongkan dan diisi sampai batas tegangan yang ditentukan oleh BMS, kemudian dilakukan pengukuran tegangan menggunakan multimeter untuk setiap selnya. Pada Gambar 1 memperlihatkan *wiring* diagram rangkaian keseluruhan penelitian yang dilakukan dan pada Gambar 2 menunjukkan flowchart tahapan penelitian yang dilakukan.



Gambar 1. Wiring Diagram Rangkaian Keseluruhan Penelitian



**Gambar 2.** *Flowchart* Tahapan Penelitian

Langkah-langkah penelitian:

1. Studi literatur adalah mencari artikel atau jurnal terdahulu dengan topik yang sama kemudian diulas hasil dari artikel atau jurnal tersebut.
2. Perancangan dan perakitan hardware.
3. Pengambilan data tegangan secara langsung pada setiap sel baterai dalam kondisi low voltage dan high voltage.
4. Data tegangan yang diperoleh kemudian dianalisa, apakah sistem cutoff dan sistem balancing pada BMS dapat bekerja dengan efektif atau tidak.
5. Kesimpulan pada analisa data ini adalah nilai tegangan yang didapatkan pada semua sel baterai menunjukkan efektivitas kinerja dari BMS ketika dilakukan pengisian pada baterai.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Hasil Data Pengamatan

Setelah dilakukan pengujian dan pengamatan secara langsung didapatkan data tegangan *output* BMS ketika *low voltage* adalah sebesar 8.8V sedangkan ketika *high voltage* adalah sebesar 12.8V. Kemudian pada Tabel 1 menunjukkan hasil pengukuran pada setiap sel baterai yang terpasang dalam keadaan *low voltage* dan *high voltage*.

**Tabel 1. Data Hasil Pengamatan**

<i>Sel Baterai</i>	<i>Grup</i>	<i>Low Voltage (volt)</i>	<i>High Voltage (volt)</i>
1	A	3.2	4.2
2	A	3.2	4.2
3	A	3.2	4.2
4	A	3.2	4.2
5	A	3.2	4.2
6	B	3.1	4.2
7	B	3.1	4.2
8	B	3.1	4.2
9	B	3.1	4.2
10	B	3.1	4.2
11	C	2.8	4.2
12	C	2.8	4.2
13	C	2.8	4.2
14	C	2.8	4.2
15	C	2.8	4.2

#### 3.2. Pembahasan

Baterai tersusun secara seri dan paralel pada BMS, dengan kapasitas total baterai yang terpasang adalah  $V = 11.1V$  dan  $I = 12500mAh$ . Dengan spesifikasi sel 1-15 berkapasitas tegangan = 3.7V dan arus = 2500mAh, sel 1-5 (grup A) tersusun secara paralel, sel 6-10 (grup B) tersusun secara paralel, sel 11-15 (grup C) tersusun secara paralel dan Grup A, B dan C tersusun secara seri.

Pengisian baterai dilakukan mulai tegangan *cut off low* pada BMS yaitu 8.8V sampai *cut off high* pada tegangan 12.8V. Ketika proses pengisian berlangsung, bisa dihitung lama waktu yang diperlukan dengan kapasitas baterai 12500mAh = 12.5Ah, charger = 12V 2A.

$$h = \frac{Ah \text{ (baterai)}}{A \text{ (charger)}} = \frac{12,5}{2} = 6,25 \text{ jam} \quad (1)$$

Keterangan:

- h = Lama waktu pengisian baterai
- Ah = Total kapasitas baterai
- A = Arus pengisian baterai

Dari hasil yang didapatkan antara perhitungan menggunakan rumus 1 dan pengujian sebenarnya, ternyata mengalami perbedaan lama waktu dalam pengisian. Hasil perhitungan menunjukkan waktu selama 6.25 jam, sedangkan hasil dari percobaan yang dilakukan adalah 7 jam. Hal tersebut dipengaruhi oleh suhu trafo dan dioda yang panas ketika dilakukan pengisian dalam jangka waktu lama, sehingga performa *power supply* menurun.

Ketika dilakukan pengisian dari *power supply* melalui BMS kemudian menuju baterai *lithium-ion* tipe INR, mendapatkan hasil yang baik dan sesuai yang diharapkan. Hal tersebut bisa dilihat dari hasil pengamatan Tabel 1, yaitu BMS berhasil melakukan *cut off low* dan *high* pada semua sel baterai sebelum mencapai batas maksimal yaitu 4.3V dan batas minimal yaitu 2.6V. Hal tersebut membuktikan sistem *cut off* tegangan BMS dapat bekerja dengan baik terhadap baterai *lithium-ion* tipe INR.

Setelah dilakukan proses pengisian baterai selama 7 jam dan kondisi penuh, yaitu ditandai sistem proteksi *over voltage* dan *over current* yang memutus laju pengisian daya dari *power supply* menuju baterai. Kemudian dilakukan pelepasan BMS dari baterai, setelah itu baterai di ukur satu per satu menggunakan multimeter. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 1, dari hasil tabel pengamatan menunjukkan semua sel baterai dalam kondisi penuh dengan tegangan yang sama yaitu sebesar 4.2V. Hal tersebut membuktikan sistem *balancing* dalam BMS bekerja dengan baik, yaitu mengandalkan kinerja transistor dan resistor sebagai penyeimbang tegangan yang menuju ke semua sel baterai.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa penelitian ini menggunakan baterai dengan jenis *lithium-ion* tipe INR 18650 3.7V 2500mAh, tipe INR pada baterai menunjukkan bahan yang dipakai dalam pembuatan sel baterai tersebut, yaitu menggunakan *Lithium nickel cobalt aluminum oxide* (LiNiCoAlO<sub>2</sub>) atau bisa juga disebut NCA. Kemudian jumlah baterai yang digunakan sebanyak 15 buah, sehingga total kapasitas yang terpasang pada BMS sebesar 11.1V 12500mAh.

*Power supply* menggunakan tegangan 12V 2A, kemudian lama waktu pengisian baterai dari kondisi lemah (*low voltage*) 8.8V sampai kondisi penuh (*high voltage*) 12.8V, memakan waktu selama 7 jam. Sistem *cut off low voltage* dan *high voltage* berhasil dilakukan BMS, dengan sistem proteksi yang memutus aliran pengisian ketika baterai sudah mencapai kondisi *high* yaitu 4.2V, dan memutus aliran pengisian ketika baterai berada pada kondisi *low* yaitu 2.8V. Sistem *balancing* BMS berhasil melakukan penyeimbangan tegangan pada semua sel baterai ketika dilakukan pengisian, hal tersebut dibuktikan dengan pengukuran menggunakan multimeter kepada 15 sel baterai dalam kondisi penuh yaitu menghasilkan pembacaan tegangan sebesar 4.2V.

Dengan demikian berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan akhir bahwa penggunaan BMS sebagai sistem *balancing* dan *cut off* untuk baterai *lithium-ion* tipe INR 18650 ketika dilakukan pengisian mendapatkan hasil yang memuaskan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. A. Perdana, “Baterai Lithium,” *INKUIRI J. Pendidik. IPA*, vol. 9, no. 2, p. 113, 2021, doi: [10.20961/inkui.v9i2.50082](https://doi.org/10.20961/inkui.v9i2.50082).
- [2] D. F. Arfianto, D. Fahmi, and D. A. Asfani, “Pemantauan, Proteksi, dan Ekualisasi Batera i Lithium-Ion Tersusun Seri Menggunakan Konverter Buck-Boost dan LC Seri dengan Kontrol Synchronous Phase SHift,” *J. Tek. ITS*, vol. 5, no. 2, 2016, doi: [10.12962/j23373539.v5i2.16053](https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.16053).
- [3] A. Hauser and R. Kuhn, *High-voltage battery management systems (BMS) for electric vehicles*. Elsevier Ltd., 2015. doi: [10.1016/B978-1-78242-377-5.00011-X](https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-377-5.00011-X).
- [4] P. Ningrum, N. A. Windarko, and S. Suhariningsih, “Battery Management System (BMS) Dengan State Of Charge (SOC) Metode Modified Coulomb Counting,” *INOVTEK - Seri Elektro*, vol. 1, no. 1, p. 1, 2019, doi: [10.35314/ise.v1i1.1022](https://doi.org/10.35314/ise.v1i1.1022).
- [5] R. Sreedhar and K. Karunanithi, “Design, simulation analysis of universal battery management system for EV applications,” *Mater. Today Proc.*, no. xxxx, 2021, doi: [10.1016/j.matpr.2020.12.136](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.136).
- [6] P. L. D. Prihananto, M. Facta, and S. Sudjadi, “Perancangan Cut Off Sebagai Pemutus Tegangan Dan Arus Sistem Charging Baterai,” *Transient*, vol. 7, no. 4, p. 911, 2019, doi: [10.14710/transient.7.4.911-817](https://doi.org/10.14710/transient.7.4.911-817).
- [7] E. Loniza, J. Andriano Situmorang, and A. Imam Cahyadi, “Cell Balancing On Three- Cell Lithium Polymer Batteries Connected In Series,” *J. Electr. Technol. UMY*, vol. 1, no.3, pp. 135–142, 2017, doi: [10.18196/jet.1318](https://doi.org/10.18196/jet.1318).