

# Sistem Penyimpanan Energi Menggunakan Baterai Sel Sekunder Pada Photovoltaic

Mugi Satriyo Utomo<sup>1</sup>, Indrawan Nugrahanto<sup>2</sup>, Sungkono<sup>3</sup>

e-mail: [mugisatriyo5@gmail.com](mailto:mugisatriyo5@gmail.com) , [indrawan.nugrahanto@polinema.ac.id](mailto:indrawan.nugrahanto@polinema.ac.id), [sungkono@polinema.ac.id](mailto:sungkono@polinema.ac.id)

<sup>1,2,3</sup>Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Malang, Jalan Soekarno Hatta No.9 Malang, Indonesia

## Informasi Artikel

### Riwayat Artikel

Diterima 8 November 2022

Direvisi 30 Maret 2023

Diterbitkan 31 Mei 2023

### Kata kunci:

Arduino Uno R3

Monitoring

Modified Coulomb Counting

State Of Charge

### Keywords:

Arduino Uno R3

Monitoring

Modified Coulomb Counting

State Of Charge

### Penulis Korespondensi:

Mugi Satriyo Utomo,

Jurusan Teknik Elektro,

Politeknik Negeri Malang,

Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang, Jawa Timur, Indonesia, Kode Pos. 65141

Email: [mugisatriyo5@gmail.com](mailto:mugisatriyo5@gmail.com)

## ABSTRAK

Pemanfaatan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Off-Grid memerlukan baterai sebagai media penyimpanan energi yang dihasilkan dari modul photovoltaic (PV). Baterai perlu mendapat perhatian khusus karena kerusakannya disebabkan penggunaan yang tidak ideal dan baterai tidak dilengkapi sistem proteksi dan monitoring, yang dapat mengurangi performa dari baterai. Pada Skripsi ini dilakukan monitoring 2 jenis baterai sel sekunder yaitu Lead Acid 12 V dan Lithium 12 V untuk sistem PLTS off grid 100 Wp menggunakan metode kuantitatif, yaitu pengukuran SOC (State Of Charge) dengan metode modified Coulomb Counting. Sensor tegangan, sensor arus ACS712 digunakan untuk mengirimkan informasi mengenai kondisi baterai ke mikrokontroler Arduino uno R3 sebagai pengolah data. Pengukuran SOC dengan metode ini dilakukan dengan menjumlahkan muatan yang masuk atau muatan yang keluar dari baterai dalam kurun waktu tertentu. Perhitungan coulomb inilah yang nantinya didapatkan nilai SOC baterai. Dari pengujian yang telah dilakukan, alat mampu membaca nilai tegangan, arus, SOC dengan baik. Hasil pembacaan parameter ditampilkan pada LCD. Sistem proteksi akan aktif ketika baterai dalam kondisi tidak ideal, yaitu ketika SOC baterai bernilai 100% pada saat proses charging dan 20% saat proses discharging, sehingga baterai tidak mudah rusak.

## ABSTRACT

Utilization of Off-Grid Solar Power Plants (PLTS) requires batteries as energy storage media generated from photovoltaic (PV) modules. The battery needs special attention because its damage is caused by improper use and the battery is not equipped with a protection and monitoring system, which can reduce the performance of the battery. In this thesis, 2 types of secondary cell batteries are monitored, namely Lead Acid 12 V and Lithium 12 V for off grid 100 Wp PLTS systems using quantitative methods, namely measuring SOC (State Of Charge) with the modified Coulomb Counting method. Voltage sensors, current sensors ACS712 are used to send information about the condition of the battery to the Arduino uno R3 microcontroller as a data processor. SOC measurement with this method is done by adding up the incoming charge or outgoing charge from the battery within a certain time. Coulomb calculation is what will get the value of the battery SOC. From the tests that have been carried out, the tool is able to read the value of voltage, current, SOC well. Parameter reading results are displayed on the LCD. The protection system will be active when the battery is not ideal, that is when the battery SOC is 100% during the charging process and 20% during the discharging process, so the battery is not easily damaged.



Nomor HP/WA aktif: +6289654308478

## 1. PENDAHULUAN

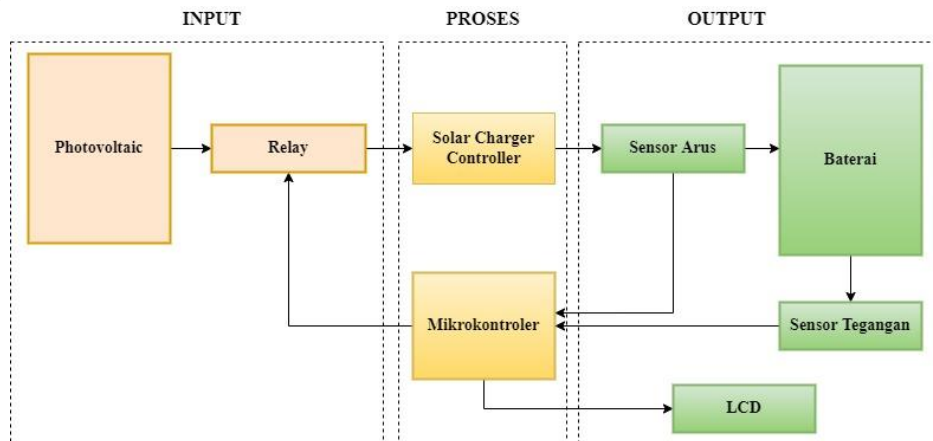
Indonesia berada di daerah tropis mempunyai potensi energi surya sangat besar sekitar rata-rata 4,8 kWh/m<sup>2</sup>/hari atau setara dengan 112.000 GWp, namun yang sudah dimanfaatkan baru sekitar 71.02 MWp baik yang terkoneksi dan off-grid. Letak Indonesia yang berada di daerah khatulistiwa secara teoritis akan selalu disinari matahari selama 10 – 12 jam sehari dan hampir seluruh wilayah Indonesia mendapatkan intensitas penyinaran yang relatif merata. Sehingga PLTS telah menjadi salah satu prioritas sumber energi terbarukan [1].

Dalam Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Off-Grid memerlukan baterai sebagai media penyimpanan energi yang dihasilkan dari modul photovoltaic (PV). Sistem kerja baterai yaitu dengan cara mengisi daya atau charging dari energi listrik yang dibangkitkan oleh PLTS lalu di salurkan ke baterai dalam bentuk energi kimia dan nantinya akan dikonversikan kembali menjadi energi listrik untuk digunakan atau discharging untuk mensuplai daya sesuai kebutuhan.

Adapun kendala yang biasa terjadi pada baterai yang digunakan di sistem PLTS yaitu mengalami siklus hidup yang pendek, mudah mengalami degradasi, dan adanya rugi-rugi di dalam baterai, oleh karena itu diperlukan suatu penelitian Sistem Penyimpanan Energi Menggunakan Baterai Sel Sekunder Pada Photovoltaic untuk melihat karakteristik jenis baterai sel sekunder dan mengetahui faktor apa saja yang berpotensi menyebabkan baterai rusak.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1 Diagram Blok



Gambar 1: Diagram Blok

Penjelasan Blok Diagram:

- Photovoltaic sebagai penghasil sumber tegangan DC.
- Relay sebagai sistem proteksi otomatis.
- Solar Charge Controller sebagai alat penstabil.
- Sensor Arus yang membaca nilai arus photovoltaic saat proses pengisian baterai.
- Sensor Tegangan berperan sebagai pembaca nilai tegangan dari proses pengisian/pengosongan baterai.
- Mikrokontroler Arduino Uno sebagai kontroller untuk membaca sensor arus dan sensor tegangan serta untuk pengolahan data.
- Baterai Sebagai alat penyimpanan sumber tegangan DC.
- LCD digunakan untuk menampilkan data hasil percobaan yang dilakukan.

### 2.2 Prinsip Kerja

Prinsip Kerja Diagram Blok pada Gambar 1 yaitu Photovoltaic mengkonversikan energi matahari menjadi energi listrik yang berupa arus dan tegangan. Arus dan tegangan akan masuk ke Solar Charger Controller.



Dikarenakan hasil arus dan tegangan dari photovoltaic tidak stabil, tergantung intensitas matahari. Sensor arus dan sensor tegangan digunakan sebagai monitoring baterai pada saat pengisian/pengosongan. Sensor arus menggunakan ACS712 5A yang dilengkapi dengan ADS1115 untuk menambah nilai presisi pengukuran arus ketika pengisian/pengosongan berlangsung. Sensor tegangan digunakan untuk membaca nilai tegangan dari baterai. Relay berfungsi sebagai sistem proteksi otomatis apabila nilai SOC pada baterai 100% saat proses pengisian dan 20% saat proses pengosongan. mikrokontroler Arduino Uno berfungsi sebagai pengolah data proses pengisian dan pengosongan yang terjadi berdasarkan nilai SOC baterai. LCD memiliki fungsi sebagai media penampil dari nilai pembacaan tegangan, arus dan SOC baterai.

### 2.3 Perancangan Mekanik

- a. Desain Alat
  - Panjang : 125 cm
  - Lebar : 67 cm
  - Tinggi : 100 cm
- b. Desain Panel Box
  - Panjang : 25 cm
  - Lebar : 12 cm
  - Tinggi : 35 cm



Gambar 2: Desain Alat

### 2.4 Perancangan Elektronik

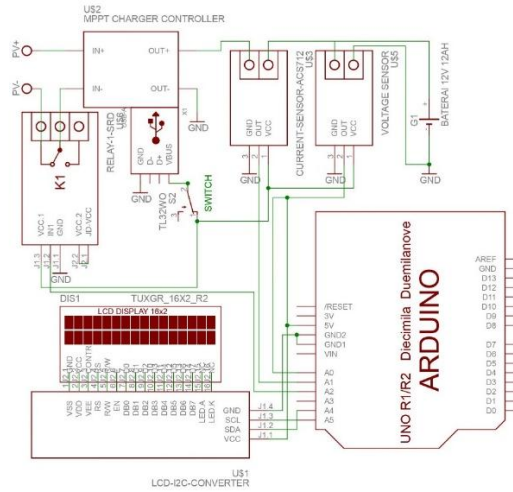
Pada rangkaian Elektronik meliputi rangkaian modul LCD, rangkaian sensor tegangan, rangkaian sensor arus, arduino uno, solar charge controller, dan modul relay.

➤ Spesifikasi Elektronik

1. Sumber Tegangan : Photovoltaic 100 Wp Polycrystalline
2. Tegangan Kerja
  - a. Mikrokontroler : 8VDC
  - b. Rangkaian Sensor : 5VDC
  - c. Module Relay : 5VDC
3. Sensor : sensor tegangan, sensor arus ACS712
4. Proses : Arduino Uno
5. Tampilan/Display : LCD 16x2
6. Elektrik
  - a. Rangkaian Sensor Tegangan



- b. Rangkaian Sensor Arus
- c. Rangkaian LCD
- d. Rangkaian Module Relay

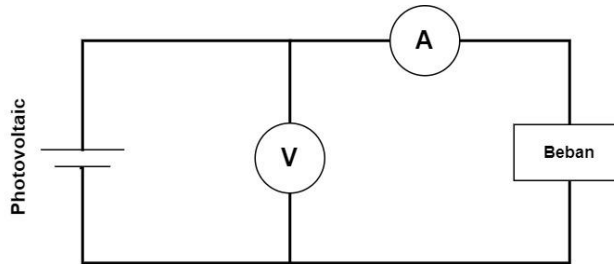


Gambar 3: Skematik Keseluruhan Rangkaian

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengujian Photovoltaic

Pengukuran tegangan dan arus photovoltaic ini diukur dengan menggunakan multimeter dengan beban rheostat 20Ω.



Gambar 4: Rangkaian Pengujian Photovoltaic

TABEL I: PENGUJIAN TEGANGAN DAN ARUS PADA PHOTOVOLTAIC

Waktu	Multimeter	
	Tegangan	Arus
10.30	19,4 V	1,18 A
10.45	19,4 V	1,16 A
11.00	19,6 V	1,19 A
11.15	19,8 V	1,20 A
11.30	20,1 V	1,25 A
11.45	20,1 V	1,26 A



12.00	20,4 V	1,29 A
12.15	20,2 V	1,26 A
12.30	20,3 V	1,28 A

Pada Tabel I dapat diketahui bahwa tegangan dan arus yang dihasilkan photovoltaic saling berbanding lurus. Ketika tegangan yang dihasilkan oleh photovoltaic tinggi, maka arus yang dihasilkan oleh photovoltaic akan juga tinggi, begitupun juga sebaliknya apabila tegangan yang dihasilkan oleh photovoltaic itu rendah maka arus yang dihasilkan juga rendah.

### 3.2 Pengujian Sensor Arus dan Tegangan

Pada Tabel II pengujian sensor arus dapat diketahui bahwa terdapat adanya perbedaan selisih hasil pengukuran sensor arus dengan multimeter. Rata-rata dari *error* pada sensor arus yaitu sebesar 3,3% yang artinya *error* tersebut masih dalam batas toleransi. Dari hasil pengujian tersebut sensor arus dapat berfungsi dengan baik.

TABEL II: PENGUJIAN SENSOR ARUS

Arus (A)		
Sensor Arus	Multimeter	Error (%)
1,01	1,06	4,7
1,49	1,53	2,6
2,03	1,98	2,5
2,53	2,40	5,4
3,02	2,98	1,3
Rata-rata nilai error		3,3

Pada Tabel III pengujian sensor tegangan dapat diketahui bahwa terdapat adanya perbedaan selisih hasil pengukuran sensor tegangan dengan multimeter. Rata-rata dari *error* pada sensor tegangan kecil yaitu sebesar 2,08% yang artinya *error* tersebut masih dalam batas toleransi. Dari hasil pengujian tersebut sensor tegangan dapat berfungsi dengan baik.

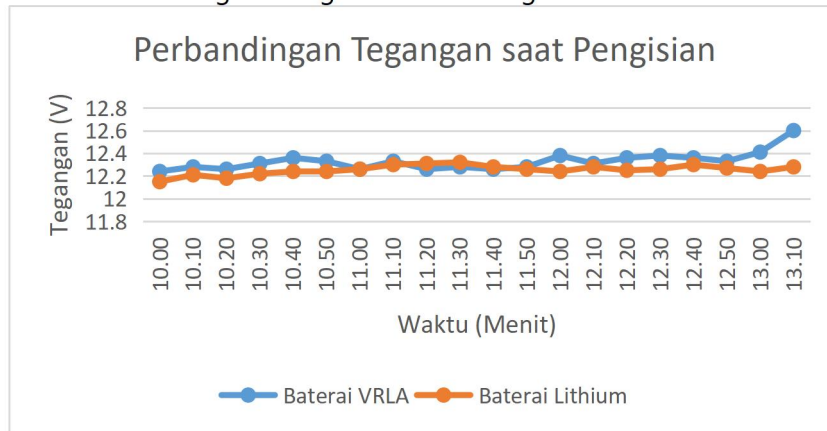
TABEL III: PENGUJIAN SENSOR TEGANGAN

Tegangan (V)		
Sensor Tegangan	Multimeter	Error %
2,87	2,95	2,7
6,92	7,12	2,8
9,70	9,83	1,3
11,83	12,08	2,0
12,90	13,11	1,6
Rata-rata nilai error		2,08



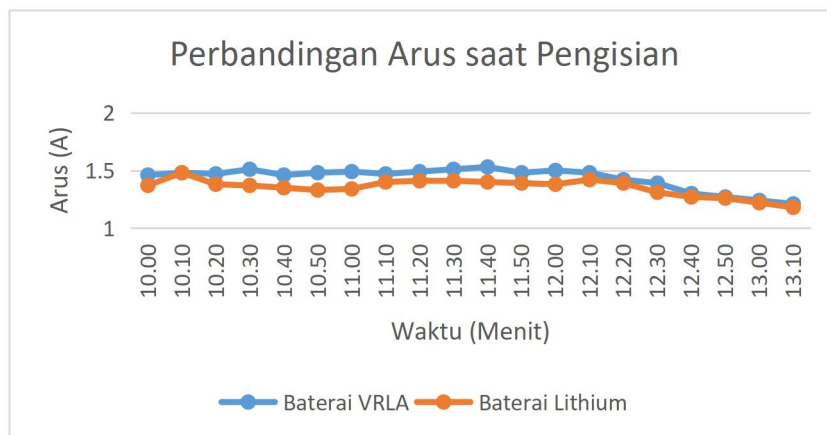
### 3.3 Pengujian Pengisian Baterai VRLA dan Baterai Lithium (charging)

saat penentuan nilai SOC memakai metode coulomb counting, initial SOC adalah parameter yang penting untuk mendapatkan nilai SOC yang tepat. Oleh sebab itu sebelum melakukan pengisian, baterai diukur ketika saat berada di level tegangan minimumnya dengan initial SOC sebesar 20 %. Selanjutnya proses pengujian saat pengisian pada baterai ini dilakukan dengan mengambil data sebagai berikut:



Gambar 5: Grafik Perbandingan Tegangan Baterai (charging)

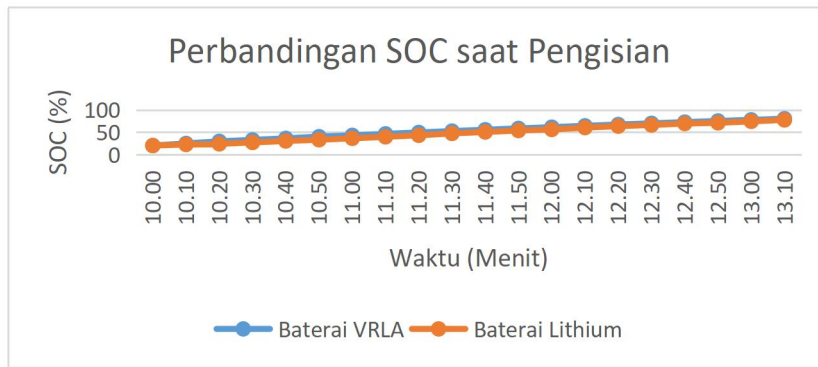
Berdasarkan grafik pada Gambar 5, perbandingan tegangan pada baterai VRLA dan Lithium dilakukan dengan perbedaan jarak waktu tetap yaitu 10 menit. Pengujian dimulai pada pukul 10.00 dan diakhiri pada pukul 13.10. Pada baterai VRLA nilai tegangan baterai mengalami kenaikan yang cukup signifikan ketika sedang pengisian, pada jam 13.10 sebesar 12,6 V. namun pada baterai Lithium tegangan baterai mengalami kenaikan yang tidak terlalu signifikan berkisar 0,02 V -0,04 V.



Gambar 6: Grafik Perbandingan Arus Baterai (charging)

Berdasarkan grafik pada Gambar 6, perbandingan arus pada baterai VRLA dan Lithium dilakukan dengan perbedaan jarak waktu tetap yaitu 10 menit. Pengujian dimulai pada pukul 10.00 dan diakhiri pada pukul 13.10. Pada baterai VRLA dan lithium nilai arus baterai cenderung konstan sebesar 1,4 A baterai VRLA dan 1,3 A baterai Lithium, namun arus pada baterai akan semakin turun ketika terisi penuh.



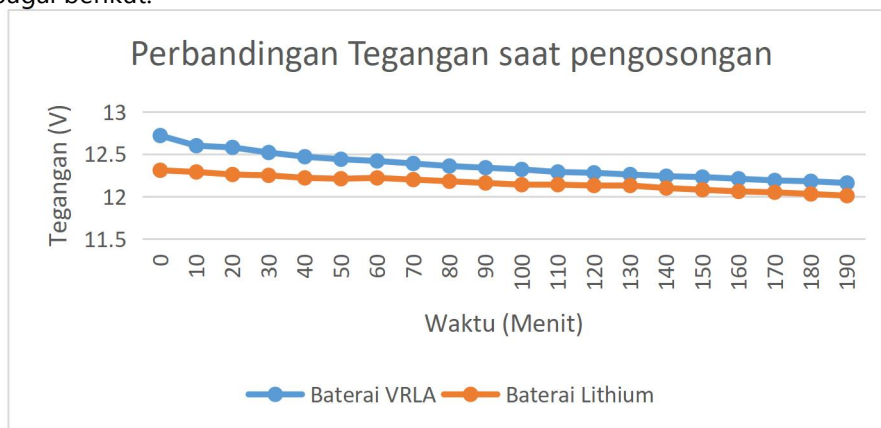


Gambar 7: Grafik Perbandingan SOC Baterai (charging)

Berdasarkan grafik pada Gambar 7, perbandingan SOC pada baterai VRLA dan Lithium dilakukan dengan perbedaan jarak waktu tetap yaitu 10 menit. Pengujian dimulai pada pukul 10.00 dan diakhiri pada pukul 13.10. pada baterai VRLA dan lithium nilai SOC kedua baterai berbanding lurus terhadap lama proses pengisian pada baterai itu sendiri. Dalam proses pengisian baterai VRLA lebih cepat terisi penuh dibanding baterai lithium. Semakin lama proses pengisian maka nilai SOC akan bertambah hingga mencapai 100%.

### 3.4 Pengujian Pengosongan Baterai VRLA dan Baterai Lithium (discharging)

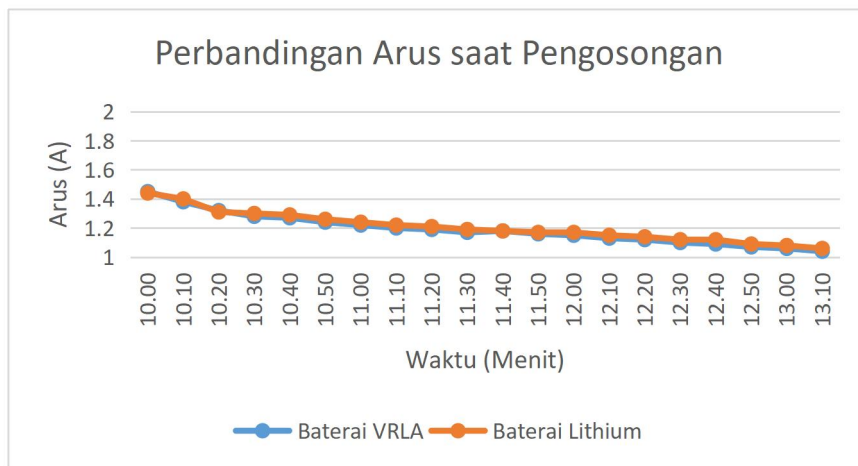
Sebelum dilakukan pengosongan, baterai diukur ketika saat berada di level tegangan maksimumnya dengan initial SOC sebesar 100 %. Selanjutnya proses pengujian saat pengosongan pada baterai ini dilakukan dengan mengambil data sebagai berikut:



Gambar 8: Grafik Perbandingan Tegangan Baterai (discharging)

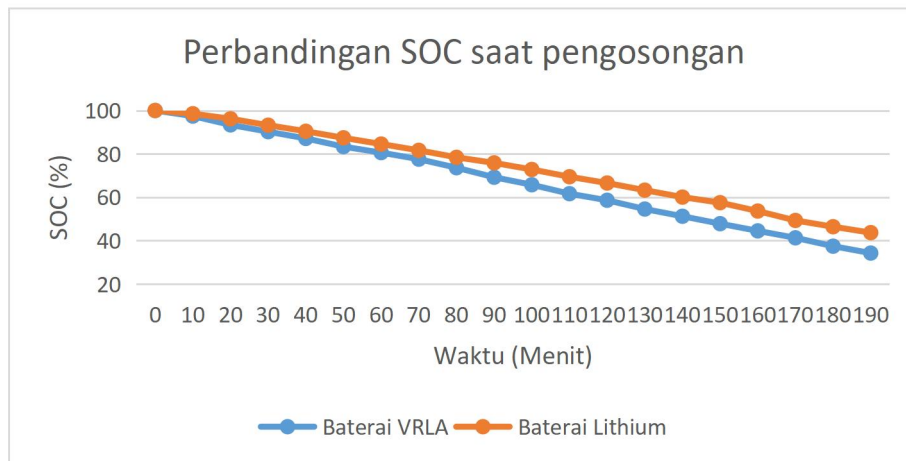
Berdasarkan grafik pada Gambar 8, perbandingan tegangan pada baterai VRLA dan Lithium dilakukan dengan perbedaan jarak waktu tetap yaitu 10 menit. Pada baterai VRLA dan Lithium nilai tegangan baterai mengalami penurunan nilai yang tidak terlalu signifikan, dengan penurunan nilai tegangan berkisar 0,02 V-0,05 V. Disarankan agar segera dilakukan Pengisian baterai saat level tegangan belum mencapai level dropnya. Untuk mencegah life time yang pendek pada baterai.





Gambar 9: Grafik Perbandingan Arus Baterai (discharging)

Berdasarkan grafik pada Gambar 9, perbandingan arus pada baterai VRLA dan Lithium dilakukan dengan perbedaan jarak waktu tetap yaitu 10 menit. Pada baterai VRLA dan Lithium nilai arus baterai mengalami penurunan nilai yang tidak terlalu signifikan, dengan penurunan nilai arus berkisar 0,01 A-0,05 A. Selain itu daya yang dihasilkan juga semakin mengecil sehingga lama-kelamaan beban lampu akan redup.



Gambar 10: Grafik Perbandingan SOC Baterai (discharging)

Berdasarkan grafik pada Gambar 10, perbandingan SOC pada baterai VRLA dan Lithium dilakukan dengan perbedaan jarak waktu tetap yaitu 10 menit. Pada baterai VRLA dan lithium nilai SOC kedua baterai berbanding terbalik. Dalam proses pengosongan baterai lithium lebih lama habis dibanding baterai VRLA. Semakin lama proses pengosongan maka nilai SOC akan berkurang hingga mencapai 20%. Apabila baterai dioperasikan di bawah SOC 20% akan memiliki nilai tegangan yang rendah, sehingga akan mempengaruhi kinerja baterai.

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil setelah melakukan tahap perancangan dan implementasi sistem kemudian dilanjutkan dengan tahap pengujian dan pengambilan data maka dapat diambil kesimpulan bahwa Prinsip kerja dari alat ini adalah memonitoring nilai kapasitas dari baterai saat pengisian dan pengosongan dengan memantau nilai tegangan beserta arus dan menghitung SOC dalam persen (%) seperti telah diatur pada program. Hasil dari proses tersebut ditampilkan pada LCD. Cara mengestimasi SOC yang tepat yaitu saat melakukan proses charging dan discharging dengan pengujian alat diatas atau dengan perhitungan metode modified coulomb counting untuk pengukuran lebih akurat. Nilai SOC yang disarankan pada baterai adalah 100% pada saat proses charging dan 20% saat proses discharging.





## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Meriani, 2017. *Kajian Potensi dan Efisiensi Energi Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Wilayah Pekanbaru*. **SURYA TEKNIKA** Vol. 5 No.1.
- [2] Putu Arya Mertasana, 2017. *Pengaruh kebersihan modul surya terhadap daya output yang dihasilkan pada PLTS kayubih Kabupaten Bangli*. <https://erepo.unud.ac.id/id/eprint/10161>.
- [3] Retno Aita Diantari, Erlina, Christine Widyastuti, 2017. *Studi Penyimpanan Energi Pada Baterai PLTS*. Jurnal Ilmiah Volume 9 Nomor 2.
- [4] Syarif Hidayat, 2015. *Pengisi Baterai Portable Dengan Menggunakan Sel Surya*. JURNAL ENERGI & KELISTRIKAN VOL. 7 NO. 2.
- [5] Bambang Irawan, Samsul Hadi, Fatkhur Rohman, Mahros Darsin, 2018. *Pemilihan Kapasitas Baterai Penyimpan Energi Listrik Dari Energi Surya*. Jurnal ROTOR, Volume 11 Nomor 2.
- [6] AR. Rois, N. Gunawan, B. Chayun, 2016. *Analisa Performansi dan Monitoring Solar Photovoltaic System (SPS) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Di Tuban Jawa Timur*. Jurnal Teknik Pomits. Surabaya.
- [7] Muhammad Thowil Afif, Ilham Ayu Putri Pratiwi, 2015. *Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion, Lithium-Polymer, Lead Acid Dan Nickel-Metal Hydride Pada Penggunaan Mobil Listrik – Review*. Jurnal Rekayasa Mesin Vol.6, No.2.
- [8] A. Muhammad, M. Elang Derdian, S. Dedy, 2018. *Rancang Bangun Peralatan Listrik Rumah Berbasis Suara Menggunakan Arduino Uno R3*. Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura. Vol 1, No 1.
- [9] R. M. M. Wilutomo, T. Yuwono, 2017. *"Rancang Bangun Memonitor Arus Dan Tegangan Serta Kecepatan Motor Induksi 3 Fasa Menggunakan Web Berbasis Arduino Due"*. GEMA TEKNOLOGI Volume 19 Nomor 3.
- [10] T. Ratnasari, A. Senen, 2018. *"Perancangan Prototipe Alat Ukur Arus Listrik Ac Dan Dc Berbasis Mikrokontroler Arduino Dengan Sensor Arus Acs-712 30 Ampere"*. Jurnal Sutet Vol. 8 No.1.

