

## **Analisis Kinerja Pemasangan Baterai Lithium Ion dan Ultra Kapasitor Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya**

Makmur Saini<sup>1</sup>, Muhammad Ruswandi Djalal<sup>2</sup>, Rustang<sup>3</sup>, Deum Patria F Abbas<sup>4</sup>, Yusril Has Barlian<sup>5</sup>  
<sup>1,2,3,4</sup>*Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar*  
*\*Email: makmur.saini@poliupg.ac.id*

**Abstract:** Batteries are components that supply, provide and distribute electrical energy in various electronic devices. Still, there are times when the battery must be recharged because the battery has a high energy storage ratio but has limited power. Another component that functions like a battery is a supercapacitor which can store a large charge of energy that can be used to help battery performance. This study aimed to analyze the impact of installing supercapacitors on batteries operating in solar power plants by varying the number of supercapacitors connected to batteries. The methods used in this research are literature study, design method, manufacturing method, testing method, and data analysis method. Based on the test results, it was found that the installation of 4 capacitors has optimal performance, with an average current consumption of 0.18877551 Ampere. For three capacitors, the average current is 0.203552632 Ampere. For two capacitors, the average current is 0.205517241 Ampere. As for the power characteristics, for four capacitors, the average power is 31.81632653 watts. With three capacitors, the average power is 34.36447368 Watt, and with two capacitors, 34.71724138 Watt.

**Keywords:** SuperCapasitor, Battery, Li-Ion, Solar Cell, Load

**Abstrak:** Baterai merupakan komponen yang digunakan untuk menyuplai, menyediakan dan mengalirkan energi listrik pada berbagai alat elektronik, namun ada saat dimana abterai harus diisi ulang karena baterai memiliki rasio penyimpanan energi yang tinggi tetapi dayanya terbatas. Komponen lain yang memiliki fungsi seperti baterai adalah superkapasitor yang memiliki kemampuan untuk menyimpan muatan energi yang besar yang dapat digunakan untuk membantu kinerja baterai. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dampak dari pemasangan Superkapasitor pada baterai yang bekerja pada pembangkit listrik tenaga surya dengan memvariasikan jumlah dari superkapasitor yang dihubungkan pada batera. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah studi literatur, metode perancangan, metode pembuatan, metode pengujian, dan metode analisis data. Berdasarkan hasil pengujian didapatkan pemasangan kapasitor dengan 4 buah memiliki kinerja yang optimal, untuk konsumsi arus rata 0.18877551 Ampere, untuk 3 buah kapasitor arus rata-rata 0.203552632 Ampere, untuk 2 buah kapasitor arus rata-rata 0.205517241 Ampere. Sedangkan untuk karakteristik daya, untuk 4 buah kapasitor daya rata-rata sebesar 31.81632653 Watt, dengan 3 buah kapasitor daya rata-rata 34.36447368 Watt, dan dengan 2 buah kapasitor 34.71724138 Watt.

**Kata Kunci :** Super Kapasitor, Baterai, Li-Ion, Solar Cell, Beban

### **1. INTRODUCTION**

Energi terbarukan merupakan energi yang berasal dari proses alam yang berkelanjutan, seperti tenaga angin, tenaga arus air, panas bumi dan tenaga surya. Jadi, dapat dikatakan bahwa energi terbarukan merupakan energi yang berasal dari alam yang jumlahnya tidak akan habis yang mana hal tersebut terjadi karena energi ini terbentuk melalui proses alam yang berkelanjutan. Di Indonesia sendiri sebagai negara yang berada di kawasan khatuistiwa, tentunya memiliki potensi yang besar untuk pemamfaatan energi terbarukan tersebut. Serta untuk mengurangi rasio penggunaan bahan bakar fosil, energi nuklir, dll. Karena pencemaran lingkungan dan risiko konsekuen dari penggunaan jenis energi ini [1].

Berdasarkan Badan Pusat Statistik yang menyebutkan bahwa baruan energi terbarukan Indonesia meningkat dari 4,4% di tahun 2015 menjadi 11,5% di tahun 2020. Potensi tersebut berasa dari Arus laut samudera, panas bumi, bioenergi, angin, air dan cahaya matahari. Sebagai negara tropis yaitu negara yang mempunyai potensi sinar matahari yang baik, potensi energi surya di Indonesia

sangat besar yakni sekitar 4,8 KWh/m<sup>2</sup> atau setara dengan 112.000 GW, namun yang sudah dimanfaatkan baru sekitar 10 MWp. Di mana saat ini pemerintah telah mengeluarkan *roadmap* pemanfaatan energi surya yang menargetkan kapasitas PLTS terpasang hingga tahun 2025 adalah sebesar 0,87 GW atau sekitar 50 MWp/tahun [2].

Pemanfaatan energi surya ini dikenal sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), yang mana Pembangkit Listrik Tenaga Surya ini merupakan mesin pembangkit listrik yang memanfaatkan energi dari cahaya Matahari menjadi energi listrik sehingga dapat digunakan. Panel Surya ini bekerja dengan mengubah energi surya dari cahaya matahari menjadi energi listrik, arus yang dihasilkan dari PLTS dialirkan ke dua arah, yaitu ke beban dan dialirkan ke baterai. Baterai digunakan untuk menyimpan arus listrik dan membantu menyuplai arus ke beban saat tidak ada cahaya matahari.

Namun ada saat di mana baterai harus diisi ulang untuk menunjang listrik yang dialirkan ke beban. Komponen listrik lain yang memiliki fungsi seperti baterai/aki adalah Superkapasitor. Superkapasitor merupakan alat elektroda yang memiliki kemampuan untuk menyimpan muatan energi dalam batas waktu tertentu. Pada beban elektronik rumah tangga yang cukup menguras energi dari baterai seperti kulkas dan *Air Conditioner* (AC) sehingga menurunkan ketahanan dari baterai itu sendiri. baterai memiliki rasio penyimpanan energi yang tinggi tetapi dayanya terbatas. Di sisi lain, superkapasitor dapat memberikan tingkat daya yang tinggi sementara mereka memiliki rasio penyimpanan energi yang jauh lebih rendah. Selain itu, SC dapat bertindak sebagai penyangga terhadap magnitudo besar dan fluktuasi daya yang cepat. Dalam makalah ini, superkapasitor digunakan untuk mengurangi tekanan pada baterai dan meningkatkan siklus hidupnya [3]. Saat ini perangkat superkapasitor atau ultrakapasitor telah diterima secara luas pertimbangan sebagai sumber daya tambahan, SC menarik karena memiliki kepadatan daya yang lebih tinggi daripada baterai dan memiliki panjang masa operasional yang biasanya tidak terkait dengan jumlah siklus pengisian/pengosongan [4]. Sementara dari segi perawatan, masalah utama dengan sistem PV adalah biaya perawatan yang tinggi dalam mengganti baterai setiap beberapa tahun yang membuat sistem PV tidak menarik untuk daerah pedesaan [5].

Dengan adanya superkapasitor yang dipasang pada PLTS diharapkan dapat menopang kinerja baterai pada PLTS tersebut untuk menunjang energi yang disuplai ke beban. Manfaat paling penting dari penempatan kapasitor adalah pengurangan kerugian, peningkatan profil tegangan, peningkatan faktor daya dan membebaskan kapasitas sistem tenaga [6]. Dilakukannya pemasangan kapasitor ini diharapkan dapat meningkatkan kinerja baterai pada PLTS. Atas dasar tersebut peneliti mengambil judul “Analisis Pemasangan Superkapasitor pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya”. Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, maka tujuan yang ingin dicapai adalah : Untuk merancang dan memasang super kapasitor pada PLTS, dan untuk menganalisis dampak pemasangan super kapasitor pada PLTS.

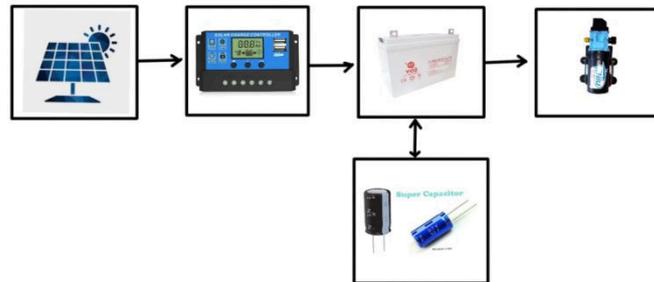
## 2. METODE PENELITIAN

Untuk lokasi pembuatan alat penelitian superkapasitor pada pembangkit listrik tenaga surya dilakukan di Laboratorium Teknik Energi Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang. Waktu pembuatan dan pengambilan data alat telah dilakukan selama 5 bulan dimulai dari bulan April hingga bulan Agustus 2022.

### 2.1. Rancangan Kelistrikan Menggunakan Kapasitor

Rancangan pembangkit listrik tenaga surya menggunakan superkapasitor ini menggunakan komponen panel surya, *solar charge controller*, baterai, beban. Rancangan menggunakan superkapasitor ini di dilakukan secara bervariasi sebanyak 5 kali yakni menggunakan 1 hingga 4 buah superkapasitor (150000 uf) yang bertujuan untuk melihat perbandingan ataupun dampak dari tiap pengujian yang dilakukan. Oleh karena rapat energi superkapasitor adalah 10-100 kali lebih besar dibandingkan dengan kapasitor konvensional, Memiliki efisiensi yang tinggi yaitu 95%. Rapat daya hingga 50 kali lebih besar dibandingkan dengan baterai maka dari itu kami menggunakan

Superkapasitor berkapasitas 150000 uf. Gambar 1 menunjukkan desain pemasangan superkapasitor pada rangkaian.



Gambar 1. Flowchart menggunakan Superkapasitor

## 2.2. Prosedur Pengujian

Setelah melakukan pembuatan dan perakitan selesai, maka akan dilanjutkan dengan pengujian alat dan pengambilan data. Pengujian dan pengambilan data dilakukan untuk mengetahui dampak jika menggunakan Superkapasitor maupun tidak pada Pembangkit listrik Tenaga Surya. Untuk itu prosedur pengujian akan dibagi menjadi 2 yaitu sebagai berikut.

### *Menggunakan Superkapasitor Untuk Beban AC*

- a. Menyiapkan alat ukur yang akan digunakan yaitu Wattmeter, Amperemeter, dan Solar power meter.
- b. Melakukan Kalibrasi pada alat ukur.
- c. Memasang komponen yang terdiri dari panel surya , *solar charge controller* (SCC), Superkapasitor , Baterai dan Lampu serta kipas sebagai beban sesuai dengan gambar rangkaian.
- d. Menghubungkan sistem kelistrikan pada komponen.
- e. Menyalakan lampu dan kipas Sebagai beban.
- f. Mengukur intensitas matahari menggunakan solar power meter
- g. Mengukur tegangan keluaran panel surya dan tegangan pada baterai serta tegangan pada beban menggunakan Wattmeter.
- h. Mengukur daya keluaran panel surya dan daya pada baterai serta daya pada beban menggunakan Wattmeter
- i. Mengukur arus pada keluaran panel surya, arus pada baterai , serta arus pada beban menggunakan Amperemeter (I).
- j. Percobaan Selesai.

### *Menggunakan Superkapasitor Untuk Beban DC*

- a. Menyiapkan peralatan yang akan digunakan yaitu Wattmeter, Amperemeter dan Solar power meter.
- b. Melakukan Kalibrasi pada alat ukur.
- c. Memasang komponen yang terdiri dari panel surya , *solar charge controller* (SCC), Superkapasitor, Baterai dan Pompa sebagai beban, serta Superkapasitor kapasitansi yang bervariasi dari 150000 uf - 600000 uf sesuai dengan rangkaian.
- d. Menghubungkan sistem kelistrikan pada komponen
- e. Menyalakan Pompa Sebagai beban.
- f. Mengukur intensitas matahari menggunakan solar power meter.
- g. Mengukur tegangan keluaran panel surya dan tegangan pada baterai serta tegangan pada beban menggunakan Voltmeter (V) .

- h. Mengukur arus pada keluaran panel surya, arus pada baterai , serta arus pada beban menggunakan Amperemeter (I).
- i. Percobaan Selesai.

**2.3. Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan setelah setiap pengujian telah dilakukan baik menggunakan superkapasitor maupun tidak, Adapun parameter-parameter yang akan diambil yaitu pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Parameter Pengumpulan Data

No	Parameter	Satuan	Alat Ukur
1	Tegangan panel surya	V	Wattmeter
2	Tegangan baterai	V	Wattmeter
3	Tegangan beban	V	Wattmeter
4	Arus panel surya	A	Amperemeter
5	Arus baterai	A	Amperemeter
6	Arus beban	A	Amperemeter
7	Intensitas matahari	W/m <sup>2</sup>	Solar power meter

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**3.1. Perakitan Baterai Li-Ion 18650 dan Super Kapasitor**

Baterai li-ion 18650 dirancang dengan komposisi pemasangan 13 cell yang setiap cell terdiri dari 3 baterai yang terhubung seri untuk mendapatkan tegangan 12 Volt, sehingga jumlah total baterai yang digunakan yaitu 39 baterai. Baterai yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada tabel 2 berikut. Dengan total kekuatan arus baterai yang dirancang 2500 mAh x 13 cell = 32500 mAh. Untuk melihat kinerja dari penggunaan baterai li-ion pada PLTS ini, digunakan aki kering Valve Regulated Lead Acid (VRLA) sebagai pembanding. Spesifikasi baterai yang digunakan ditunjukkan pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Spesifikasi Baterai Li-Ion 18650 dan Aki VRLA

Item	Baterai Li-Ion	Aki VRLA
Tegangan (V)	4,2 V per baterai (3 baterai 12,6 V)	1 Unit aki VRLA 12 V
Kapasitas Arus (Ah)	2500 mAh x 13 Cell = 32,5 mAh	35 mAh

Sebelum melakukan perakitan baterai li-ion, terlebih dahulu dilakukan pengecekan masing-masing baterai untuk mengetahui kapasitas real dari baterai. Selain itu pengecekan ini berguna untuk mendapatkan karakteristik kondisi baterai, apakah masih baik atau sudah tidak layak pakai. Jika ada baterai kualitas buruk, maka tidak digunakan pada proses perakitan. Penggunaan baterai yang tidak layak, akan mengganggu kinerja *Baterai Management System (BMS)* dalam melakukan pengaturan pengisian baterai. Hasil pengujian pengecekan awal kondisi baterai Li-ion ditunjukkan pada Tabel 3 berikut. Pengecekan kondisi baterai dengan menggunakan Liitokala lii 500.

Tabel 3. Pengujian Baterai Li-Ion 18650

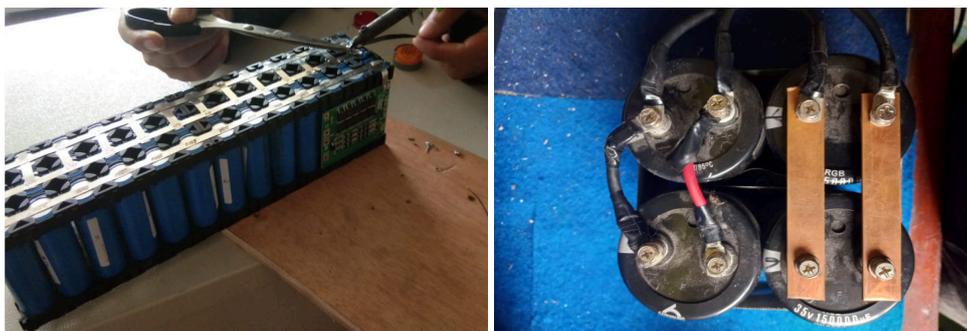
Cell	Tegangan (V)	Resistansi (Ω)	Kapasitas (%)	Kapasitas Arus (mAh)
1	3.843333333	22.33333333	100	2581.67
2	4.196666667	18.66666667	100	2200.67
3	3.4	24.66666667	100	2506.67
4	4.193333333	21	100	2554.33
5	3.656666667	22.33333333	100	2555.67
6	3.576666667	22.66666667	100	2523.67
7	3.843333333	22	100	2532.67

8	3.51	21.66666667	100	2531.33
9	3.813333333	22.33333333	100	2565.33
10	4.16	22.66666667	100	2568.67
11	4.2	22	100	2575.67
12	4.13	23	100	2515
13	4.166666667	23	100	2572
Total				32783.35

Tabel 3 menunjukkan pengujian karakteristik tegangan, resistansi, dan kapasitas arus baterai dengan menggunakan liitokala. Dari hasil pengujian didapatkan karakteristik antara lain, untuk pengujian karakteristik tegangan menunjukkan tegangan rata-rata pengisian baterai 18650 pada tegangan 4,2 Volt hal ini sesuai dengan spesifikasi real dari baterai 18650. Sedangkan untuk pengujian karakteristik resistansi baterai menunjukkan nilai resistansi yang baik, untuk baterai 18650 nilai resistansi yang baik itu di bawah 100 Ohm. Sedangkan pengujian kapasitas arus baterai didapatkan kapasitas rata-rata baterai sebesar 2572 mAh, hal ini menunjukkan kapasitas yang hampir sama dengan spesifikasi baterai yaitu 2500 mAh. Sedangkan untuk kapasitas total secara keseluruhan didapatkan total arus baterai 18650 dengan 13 cell sebesar 32783.35 mAh, hal ini hampir sama dengan desain awal dari baterai 18650 yang akan digunakan pada penelitian ini, yaitu sebesar 2500 mAh x 13 cell = 32500 mAh.

#### Perakitan Baterai Li-Ion 18650 dan Super Kapasitor

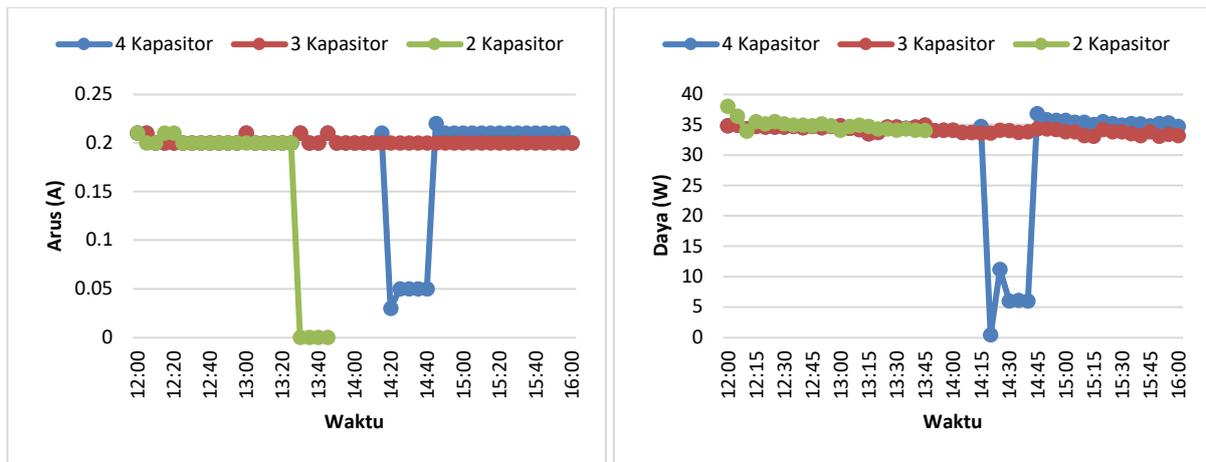
Komposisi baterai yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 13 cell, sehingga diperlukan peralatan BMS untuk mengatur manajemen pengisian baterai agar lebih optimal setiap cellnya. Untuk menyatukan setiap komponen baterai digunakan *Spot Welder* sehingga proses perakitan lebih cepat dan optimal, proses perakitan ditunjukkan pada gambar 5 berikut. Super Kapasitor yang digunakan pada PLTS ini adalah 4 unit, dengan kapasitansi masing-masing 150000 uF tegangan 35 V, dengan konstruksi pemasangan terhubung secara paralel. Gambar 5 menunjukkan purwarupa super kapasitor yang digunakan.



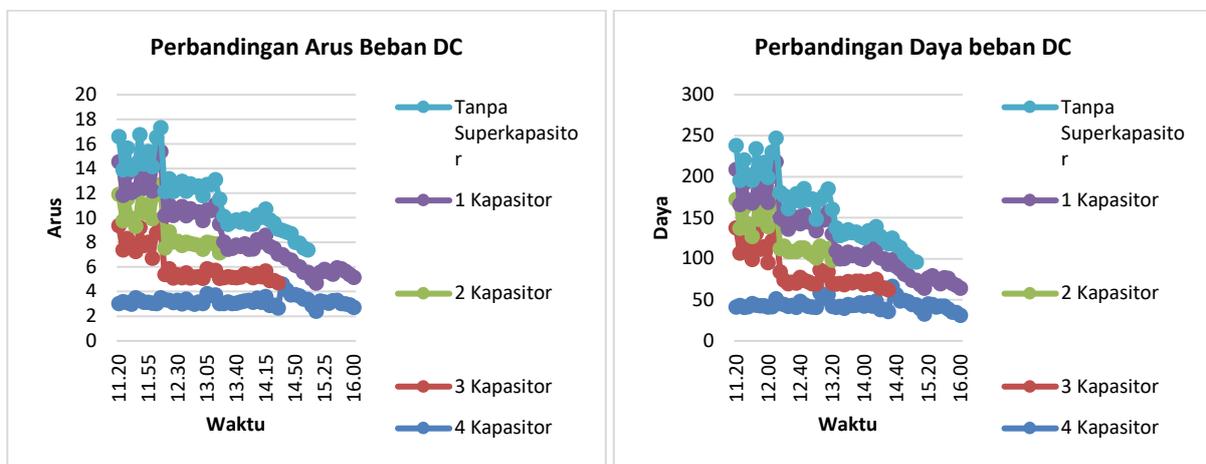
Gambar 2. Perakitan BMS 3S 60A Baterai Li-Ion

### 3.2. Pengujian

Perbandingan kinerja PLTS dengan pemasangan superkasitor untuk beban AC dan DC ditunjukkan pada gambar 4.10-4.13 berikut.



Gambar 3. Perbandingan Karakteristik Arus dan Daya Beban AC



Gambar 4. Perbandingan Karakteristik Arus dan Daya Beban DC

### 3.3. Pembahasan

Pada beban AC, dari hasil pengujian didapatkan pemasangan 2 buah superkapasitor yang memiliki kinerja cukup optimal, untuk konsumsi arus rata-rata sebesar 0,2044 Ampere dan daya rata-rata sebesar 33,5125 Watt, dan untuk pengujian 3 buah superkapasitor memiliki kinerja yang lebih optimal dari sebelumnya dimana konsumsi arus rata-rata sebesar 0,2051 Ampere dan daya rata-rata sebesar 34,6144 Watt, sedangkan untuk pemasangan 4 buah superkapasitor memiliki kinerja yang lebih optimal dari pemasangan 2 dan 3 superkapasitor dimana arus rata-rata yang di dapatkan ialah 0,2077 Ampere dan karakteristik daya sebesar 35,4673 Watt.

Untuk beban DC, Dari hasil pengujian tanpa menggunakan superkapasitor mendapatkan arus rata-rata sebesar 2,031 Ampere dan daya sebesar 27,133 Watt. Dan untuk pengujian menggunakan 1 superkapasitor didapatkan arus rata-rata sebesar 2,4905 Ampere dan daya sebesar 33,83 Watt, Untuk pengujian menggunakan 2 superkapasitor didapatkan arus rata-rata 2,6292 Ampere dan daya 35,97 Watt, Untuk pengujian menggunakan 3 superkapasitor didapatkan arus rata-rata 2,9015 Ampere dan daya 41,097 Watt, dan pengujian menggunakan 4 superkapasitor memiliki kinerja yang lebih optimal dimana arus rata-rata 3,2536 Ampere dan Karakteristik daya 43,998 Watt.

#### 4. KESIMPULAN

Perancangan baterai lithium ion dengan susunan komposisi baterai yang digunakan sebanyak 3 Seri dan 13 paralel, sehingga didapatkan 3 seri =  $3 \times 4,2V = 12,6V$  dan 13 paralel =  $2500 \text{ mAh} \times 13 = 32500 \text{ mAh}$  dengan total baterai 18650 sebanyak 39 buah dengan spesifikasi tegangan maksimum baterai 1 unit sebesar 4,2 V dan 2500 mAh. Perancangan super kapasitor dengan menggunakan susunan komposisi 4 super kapasitor dengan kapasitansi 150000 uF, 35 Volt.

Dampak pemasangan super kapasitor pada beban AC, didapatkan dengan pemasangan kapasitor dengan 4 buah memiliki kinerja yang optimal, untuk konsumsi arus rata-rata sebesar 0.207 Ampere, untuk 3 buah kapasitor arus rata-rata didapatkan sebesar 0.205 Ampere, untuk 2 buah kapasitor arus rata-rata didapatkan sebesar 0.204 Ampere. Sedangkan untuk karakteristik daya, untuk 4 buah kapasitor daya rata-rata sebesar 35.467 Watt, dengan 3 buah kapasitor daya rata-rata 34.614 Watt, dan dengan 2 buah kapasitor 33.512 Watt. Sedangkan pada beban DC. didapatkan dengan pemasangan kapasitor dengan 4 buah memiliki kinerja yang optimal, untuk konsumsi arus rata 3.253 Ampere, untuk 3 buah kapasitor arus rata-rata 2.901 Ampere, untuk 2 buah kapasitor arus rata-rata 2.629 Ampere, untuk 1 buah kapasitor arus rata-rata sebesar 2.490 Ampere, dan untuk tanpa menggunakan kapasitor didapatkan arus rata-rata sebesar 2.031 Ampere. Sedangkan untuk karakteristik daya, untuk 4 buah kapasitor daya rata-rata sebesar 43.998 Watt, untuk 3 buah kapasitor daya rata-rata 41.097 Watt, untuk 2 buah kapasitor 35.970 Watt, untuk 1 buah kapasitor daya rata-rata sebesar 33.830 Watt, dan untuk tanpa menggunakan kapasitor didapatkan daya rata-rata sebesar 27.133 Watt.

Penggunaan jumlah superkapasitor memiliki pengaruh pada konsumsi rata-rata arus dan karakteristik daya yang dihasilkan. Dimana semakin banyak penggunaan superkapasitor maka arus dan daya yang dihasilkan akan semakin besar, begitu pun sebaliknya.

#### 5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Politeknik Negeri Ujung Pandang dan semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan kegiatan penelitian ini.

#### 6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] S.-H. Jo, J. Woo, G.-S. Byun, J.-H. Jeong, and H. Jeong, "Study on the Integral Compensator Using Supercapacitor for Energy Harvesting in Low-Power Sections of Solar Energy," *Energies*, vol. 14, p. 2262, 04/17 2021.
- [2] ESDM. (2008). *Potensi Energi Baru Terbarukan (EBT) Indonesia*. Available: <https://www.esdm.go.id/>
- [3] Z. Cabrane, M. Ouassaid, and M. J. I. J. o. H. E. Maaroufi, "Analysis and evaluation of battery-supercapacitor hybrid energy storage system for photovoltaic installation," vol. 41, pp. 20897-20907, 2016.
- [4] R. L. J. A. J. o. E. Mairang and E. Engineering, "Optimization of DC microgrid for renewable energy integration," vol. 1, no. 2, pp. 8-13, 2017.
- [5] M. Fahmi, R. Rajkumar, Y. Wong, L. Chong, R. Arelhi, and D. J. I. J. o. R. E. D. Isa, "The Effectiveness of New Solar Photovoltaic System with Supercapacitor for Rural Areas," vol. 5, no. 3, 2016.
- [6] M. Usha, R. Dr, T. Gowri, M. Dinakara, and D. Prasad Reddy P, "Optimal Capacitor Placement For Loss Reduction In Distribution Systems By Using Bat Algorithm," Vol. 4, 03/18 2013.