

**STUDI IMPLEMENTASI SMALL PLTS OFF GRID BERBASIS BATERAI LiFePO4 PADA RUMAH TINGGAL DAYA TENAGA SURYA 200 W***STUDY OF SMALL PLTS OFF GRID IMPLEMENTATION BASED ON LiFePO4 BATTERY AT 200 SOLAR SURYA POWER HOUSE***Widjanarko, Pipit Wahyu Nugroho, Agus Dani dan Nila Alia <sup>\*)</sup>**<sup>\*)</sup> Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri MalangE-mail: [widjanarko@polinema.ac.id](mailto:widjanarko@polinema.ac.id), [pipitwahyunugroho@polinema.ac.id](mailto:pipitwahyunugroho@polinema.ac.id), [agusdani@polinema.ac.id](mailto:agusdani@polinema.ac.id), [nilaalialia@polinema.ac.id](mailto:nilaalialia@polinema.ac.id)**Abstrak**

Tujuan penelitian ini adalah untuk implementasi dan pengujian small PLTS *off grid* berbasis baterai LiFePO4 sebagai penyimpan energi listrik pada rumah tinggal daya tenaga surya 200 W. Komponen utama pada implementasi small PLTS *off grid* berbasis baterai LiFePO4 diperlukan modul pendukung yaitu: sensor, controller, *charger* dan sel surya. Modul baterai yang dipergunakan tersusun oleh 4 sell baterai LiFePO4 yang disusun seri hingga menghasilkan 12 volt, 100Ah, atau 1,2kWh. Sedangkan, modul sel surya terdiri dari 2 module 100 watt peak. Pengujian implementasi ini meliputi pengujian *charging* dan *discharging* modul baterai dengan beban. Peralatan pemantau baterai menggunakan battery management system yang dikembangkan menggunakan system Arduino & simulasi dengan LabView yang ditampilkan secara real time.

Uji fungsi (*charge* dan *discharge*) daya 200 watt pada rumah tinggal diketahui bahwa rata-rata jumlah daya yang tersisa dan tersimpan dalam baterai setelah digunakan oleh beban (5 buah lampu 5 watt dan 1 buah dispenser 175 watt) adalah 347,065842 watt dengan rata-rata penggunaan 11,03 jam/hari untuk lampu dan rata-rata penggunaan 3,57 jam/hari untuk dispenser selama satu bulan pengambilan data. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan energi alternatif matahari dapat berkontribusi untuk mendukung program pemerintah yaitu energi ramah lingkungan dan menghemat penggunaan listrik berbahan bakar fosil.

**Kata Kunci: small PLTS, off grid, LiFePO4, Solar Panel****Abstract**

*The purpose of this study is to implement and test small-scale off-grid LiFePO4 battery-based PLTS as a store of electrical energy in 200 W solar power houses. The main components in the implementation of small PLTS off grid LiFePO4 battery are supporting modules: sensors, controllers, chargers and solar cell. The battery module used is composed of 4 cellphone LiFePO4 batteries which are arranged in series to produce 12 volts, 100Ah, or 1.2kWh. Meanwhile, the solar cell module consists of 2 100 watt peak modules. The testing of this implementation includes testing the charging and discharging the battery module. Battery monitoring equipment uses a battery management system developed using the Arduino & simulation system with LabView which is displayed in real time.*

*Function test (charge and discharge) of 200 watts of power at a residence is known that the average amount of power left and stored in a battery after being used by a load (5 watts of lamps as much as 5 watts and 1 175 watt dispensers) is 347,065842 watts with an average average usage of 11.03 hours / day for lamps and an average use of 3.57 hours / day for dispensers during one month of data collection. This shows that the use of alternative solar energy can contribute to supporting government programs namely environmentally friendly energy and saving the use of fossil fuel electricity.*

**Keywords: smal PLTS, off grid, LiFePO4, Solar Panel**

## PENDAHULUAN

Penggunaan solar panel sebagai energi alternatif memiliki peluang yang sangat besar khususnya pada pembangkit listrik. Bumi menerima pancaran energi dari matahari sebesar  $1000 \text{ W/m}^2/\text{jam}$  dengan rata-rata energi harian sebesar  $4000 \text{ W/m}^2$  di Indonesia. Energi matahari yang terpancar ke muka bumi bahkan sebesar 14000 kali kebutuhan energi yang dibutuhkan masyarakat dunia (Lewis et. al., 2007).

Pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) memiliki beberapa bagian diantaranya solar panel, baterai, *controller* dan *charger* sistem. Baterai merupakan komponen vital karena berfungsi sebagai penyimpan energi. Dalam penelitian ini, dikhususkan menggunakan baterai lithium dengan pertimbangan bahwa waktu pengisian baterai lithium lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan aki kering serta daya yang diberikan oleh baterai lithium lebih besar dari aki untuk beban yang sama (Andreas, 2017).

Baterai  $\text{LiFePO}_4$  merupakan baterai lithium yang memiliki  $\text{C-LiFePO}_4$  pada katoda dan grafit atau karbon yang diinterkalasi dengan lithium pada anoda. Beberapa keunggulannya antara lain memiliki kapasitas teoritis tinggi  $170 \text{ mAh g}^{-1}$  (Mazman et al, 2014), siklus hidup yang panjang, aman, ramah lingkungan, dan biaya hidup yang relatif rendah (X.Wang et al, 2012). Jika dibandingkan dengan Co, Ni, dan Mn, atau besi lebih aman dan rendah racun (B. Wu et al, 2011). Penelitian Abera et al (2014) menyatakan bahwa *life cycle*  $\text{LiFePO}_4$  diestimasikan dapat mencapai 6 tahun 5 bulan dimana hampir dua kali lipat dari pada baterai Lead Acid.

Model *grid PV standalone* merupakan model pembangkit listrik tenaga surya yang dipasang dirumah dan tidak terkoneksi jaringan distribusi PLN. Model ini sangat cocok untuk karakteristik wilayah Indonesia yang terdiri dari pulau-pulau dan tersebar. Penggunaan model pembangkit listrik tenaga surya terpusat saat ini hanya cocok untuk daerah pulau yang sudah memiliki jaringan distribusi dan jarak antar pengguna yang dekat. Secara ekonomis model *standalone PV* sudah banyak dilakukan kajian dan tentunya lebih ekonomis karena kehilangan daya pada proses distribusi listrik tidak ada (Ye Yang, 2013).

Kebutuhan listrik minimal untuk rumah tangga adalah 200 W sehingga penelitian ini sangat cocok untuk diterapkan di rumah-rumah yang ingin menambahkan daya dengan PLTS. Model kontroler yang kita kembangkan dapat

bekerja secara online maupun offline sehingga cocok untuk diterapkan sebagai pengaman rumah. Selain itu kebaruan dari penelitian ini adalah penggunaan baterai  $\text{LiFePO}_4$  yang lebih tahan lama, lebih aman dan tanpa perlu perawatan rutin.

Dalam mengoperasikan baterai ada beberapa parameter yang berpengaruh terhadap kinerja baterai, antara lain *charge*, *discharge*, suhu, dan SOC (*State of Charge*) (T. Yuksel and J. Michalek, 2012). SOC baterai perlu dipantau karena biasanya menjadi faktor utama yang harus dipertimbangkan (X.Tang et al, 2015). Indikasi SOC dapat digunakan untuk menentukan akhir dari siklus pengisian dan pemakaian. Selain itu, pemantauan beberapa parameter baterai diperlukan untuk menghindari *over charge*, *over discharge*, dan *over heat* yang dapat membahayakan kondisi baterai. Saat terjadi *over discharge*, perubahan suhu, tegangan, dan kapasitas sel baterai erat hubungannya dengan perubahan mikrostruktur komponen di dalam sel (H. He et al, 2013). Pemantauan juga dilakukan guna mengetahui kapasitas baterai. Kapasitas baterai akan memudar setelah baterai digunakan dalam periode waktu tertentu sehingga dengan mengetahui persentase pemudaran kapasitas baterai, maka dapat diperkirakan umur (*life time*) baterai dan mengetahui kapan waktu baterai harus diganti (X. Feng et al, 2015).

Proses pengisian energi terhadap baterai yang disertai dengan pengeluaran energi dari baterai dimungkinkan dapat mempengaruhi SOC (*State of Charge*) baterai, mengingat SOC dipengaruhi oleh arus, tegangan, dan waktu pemakaian (Liu et al, 2014). Untuk menghasilkan data yang akurat maka pengambilan data pun dilakukan secara *real time*.

Berdasarkan latar belakang tersebut, sehingga pada penelitian ini kami mengusulkan Studi Implementasi Small PLTS *off grid* berbasis baterai  $\text{LiFePO}_4$  Pada Rumah Tinggal Daya Tenaga Surya 200W.

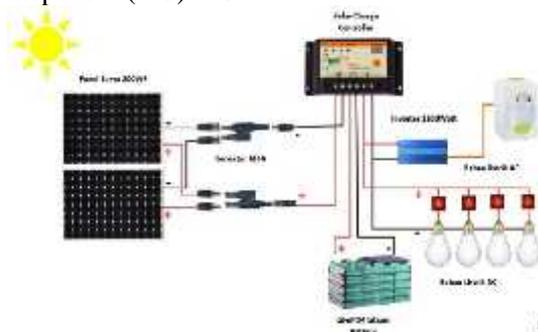
## METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini adalah eksperimen, dan tahapan penelitian yaitu meliputi; 1) perencanaan dan desain komponen pendukung berupa perakitan modul panel surya, modul kontrol dan *charger*, pembuatan BMS modul, pembuatan modul baterai  $\text{LiFePO}_4$  (12 volt 100Ah), modul inverter, 2) integrasi modul dengan beban (5 buah lampu LED 5 watt dengan 1 buah dispenser 175 watt), 3) test fungsi desain PLTS *off grid*, 4)

pengambilan data *charge* dan *discharge* baterai dengan beban menggunakan Lab VIEW Interface for Arduino.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Desain daya PLTS 200 watt pada rumah tinggal terdiri dari sistem 200 watt panel surya yang terhubung ke konektor MC4 dan dilanjutkan ke solar charge controller. Dari solar charge controller dihubungkan dengan modul baterai LiFePO4, beban (5 buah lampu DC 5 watt), ke inverter kemudian ke beban berupa satu buah dispenser (AC) 175 watt.



Gambar 1. Desain daya PLTS off grid 200 W

Hardware yang digunakan dalam sistem monitoring yaitu Arduino UNO (ATMega328P), Arduino Mega 2560, Sensor Tegangan Arduino (0-25V DC), Sensor Arus (ACS712), dan Relay Shield. Sedangkan software yang digunakan adalah LabVIEW Interface For Arduino (LIFA). Sistem rumah daya 200 watt telah berhasil dengan pencapaian komponen utama modul panel surya, modul baterai, solar charge controller, baterai monitoring system, dan load module.

Uji fungsi small PLTS off grid daya 200 watt, data *charge* dan *discharge* baterai dengan beban yang telah diaplikasikan memiliki rerata sebagai berikut:

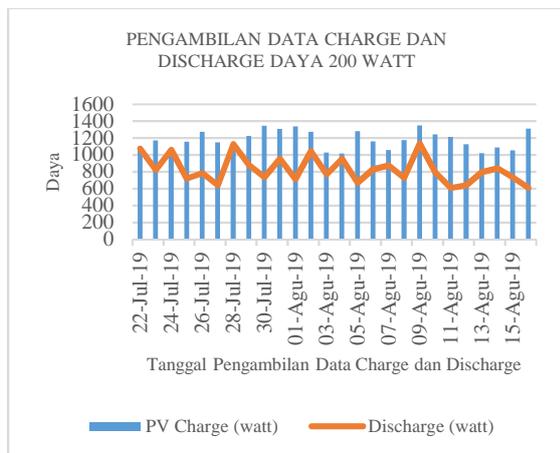
Tabel 1. Rerata Pengambilan Data Charge dan Discharge Daya 200 Watt

No.	Tanggal	PV charge (Watt)	Discharge (Watt)
1	22 Juli 2019	1069,052	1074,96
2	23 Juli 2019	1168,65	823,48
3	24 Juli 2019	1072,911	1062,66
4	25 Juli 2019	1157,007	718,78

5	26 Juli 2019	1271,533	784,35
6	27 Juli 2019	1147,691	640,80
7	28 Juli 2019	1090,133	1127,03
8	29 Juli 2019	1224,424	884,73
9	30 Juli 2019	1344,866	734,06
10	31 Juli 2019	1305,781	955,15
11	01 Agustus 2019	1337,005	714,51
12	02 Agustus 2019	1270,843	1044,21
13	03 Agustus 2019	1026,565	769,66
14	04 Agustus 2019	1016,287	954,30
15	05 Agustus 2019	1279,059	672,33
16	06 Agustus 2019	1160,229	828,43
17	07 Agustus 2019	1055,807	874,42
18	08 Agustus 2019	1172,971	728,56
19	09 Agustus 2019	1349,217	1134,99
20	10 Agustus 2019	1243,204	793,05
21	11 Agustus 2019	1213,896	608,99
22	12 Agustus 2019	1124,958	640,42
23	13 Agustus 2019	1019,967	797,01

24	14		
	Agustus	1088,46	839,98
25	15		
	Agustus	1052,927	732,91
26	16		
	Agustus	1309,921	609,89
Rata-rata (Watt)		1175,8986	828,832758

Proses pengambilan data dilakukan mulai tanggal 22 juli 2019 sampai dengan 16 agustus 2019 dengan estimasi waktu kurang lebih satu bulan. Tabel 1. menunjukkan bahwa rata-rata jumlah PV charge 1175,8986 watt dan rata-rata discharge 828,832758 watt untuk konsumsi 5 buah lampu 5 watt dengan rata-rata penggunaan 11,03 jam/hari dan sebuah dispenser 175 watt dengan rata-rata penggunaan 3,57 jam/hari. Untuk lebih mudah pembacaan data charge dan discharge tabel 1. maka digambarkan dalam bentuk grafik pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Grafik pengambilan data charge dan discharge

Gambar 1 menunjukkan bahwa rata-rata jumlah PV charge perhari selalu diatas rata-rata jumlah dischargenya, terkecuali pada tanggal 22 juli 2019 dan tanggal 28 juli 2019 yang data dischargenya melebihi PV charge, hal ini bisa saja terjadi akibat intensitas cahaya matahari yang tidak maksimal (kondisi mendung). Kondisi terbalik terjadi pada tanggal 9 agustus 2019 yang diketahui bahwa PV mengalami charge terbesar diantara hari-hari lain selama pengambilan data, yaitu sebesar 1349,217 watt dan rata-rata jumlah daya yang tersisa dan tersimpan dalam baterai setelah digunakan oleh beban adalah 347,065842

watt. Penelitian terkait studi implementasi small PLTS *off grid* berbasis baterai LiFePO4 pada rumah tinggal daya tenaga surya 200W menunjukkan bahwa penggunaan energi alternatif dalam hal ini energi matahari dapat berkontribusi untuk mendukung program pemerintah yaitu energi ramah lingkungan dan menghemat penggunaan listrik berbahan bakar fosil.

**SIMPULAN**

Telah dilakukan penelitian yang berjudul studi implementasi small PLTS *off grid* berbasis baterai LiFePO4 pada rumah tinggal daya tenaga surya 200W dan diperoleh kesimpulan berdasarkan rumusan masalah yang telah diobservasi yaitu sebagai berikut:

1. Desain daya PLTS 200 watt pada rumah tinggal terdiri dari sistem 200 watt panel surya yang terhubung ke konektor MC4 dan dilanjutkan ke solar charge controler. Dari solar charge controler dihubungkan dengan modul baterai LiFePO4, beban (5 buah lampu DC 5 watt), ke inverter kemudian ke beban berupa satu buah dispenser (AC) 175 watt.
2. Pembuatan daya 200 watt tenaga surya baterai LiFePO4 dengan menggunakan sistem kontrol, charger dan monitoring. Hardware yang digunakan dalam sistem monitoring yaitu Arduino UNO (ATMega328P), Arduino Mega 2560, Sensor Tegangan Arduino (0-25V DC), Sensor Arus (ACS712), dan Relay Shield. Sedangkan software yang digunakan adalah LabVIEW Interface For Arduino (LIFA). Sistem rumah daya 200 watt telah berhasil dengan pencapaian komponen utama modul panel surya, modul baterai, solar charge controller, baterai monitoring system, dan load module.
3. Uji fungsi (charge dan discharge) daya 200 watt pada rumah tinggal diketahui bahwa dalam penelitian ini rata-rata jumlah daya yang tersisa dan tersimpan dalam baterai setelah digunakan oleh beban (5 buah lampu 5 watt dan 1 buah dispenser 175 watt) adalah 347,065842 watt. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan energi matahari sebagai energi alternatif mampu menghemat penggunaan energi fosil dari PLN.

**DAFTAR PUSTAKA**

- B. Wu *et al*, 2011, LiFePO<sub>4</sub> Cathode Material, Electric Vehicles-The Benefits and Barriers
- H. He *et al*, 2013, Failure Investigation of LiFePO<sub>4</sub> Cells in Over-Discharge Conditions, Journal of The Electrochemical Society, 160, A793-A804
- Lewis, N.S. Science 2007, 315,798-801.
- Liu *et al*, 2014, A method for state of energy estimation of lithium-ion batteries at dynamic currents and temperatures, Journal of Power Source, 270, 151-157
- Mazman *et al*, 2014, Optimization of LiFePO<sub>4</sub> synthesis by hydrothermal method, Turkish Journal of Chemistry, 38, 297-308
- Pangkung, Andreas, 2017, Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M) 2017 (pp.116-121)
- T. Yuksel and J. Michalek, 2012, Development of a Simulation Model to Analyze the Effect of Thermal Management on Battery Life, SAE International Publisher
- X. Feng *et al*, 2015, Capacity fade-based energy management for lithium-ion batteries used in X.Tang *et al*, 2015, "A method for state-of-charge estimation of LiFePO<sub>4</sub> batteries based on a dual-circuit state observer", Journal of Power Sources, 296.23-29
- X.Wang *et al*, 2012, Use of LiFePO<sub>4</sub> Batteries in Stand-Alone Solar System, Energy Procedia, 25, 135-140
- Ye Yang, *et al*, 2013, Sizing Strategy of Distributed Battery Storage System With High Penetration of Photovoltaic for Voltage Regulation and Peak Load Shaving, IEEE TRANSACTIONS ON SMART GRID, 5 (2), 982-991