

EVALUASI KINERJA BATERAI PACK LiFePO₄ DALAM MENYEDIAKAN ENERGI UNTUK POMPA AIR SHIMIZU PS-135 E

Arnold J. Kastanja¹⁾, Luwis H. Laisina²⁾, Nikodemus Lewier³⁾

^{1,2,3}Teknik Elektro, Politeknik Negeri Ambon
E-mail: luwis.laisina@polnam.ac.id

Abstract

Lithium iron phosphate (LiFePO₄) dikenal karena stabilitas termal dan siklus hidup yang panjang, Lithium iron phosphate (LiFePO₄) is known for its thermal stability and long cycle life, making it ideal for energy storage applications and electric vehicles. This research aims to design and implement a LiFePO₄ battery pack for the Shimizu PS-135 E water pump system, replacing conventional energy sources. The research methodology includes a literature review, experimental design, prototyping, and performance testing. The battery pack design uses a 4S- 7P configuration with a capacity of 39.35 Ah and a Daly 4S 60A BMS. The results indicate a charging time of 9.4 hours and a discharging time of 1.3 hours, with a produced water volume of 2,182 liters. This study confirms that the LiFePO₄ battery pack can meet the pumps power requirements with high efficiency and provides environmental benefits by reducing greenhouse gas emissions and dependence on fossil fuels.

Keywords: *Lithium Iron Phosphate (LiFePO₄), battery pack design, pump systems, Shimizu PS-135 E*

PENDAHULUAN

Lithium iron phosphate (LiFePO₄) baterai telah menjadi lebih terkenal dalam beberapa tahun terakhir, karena stabilitas termal yang luar biasa, siklus hidup yang lebih tinggi, dan kepadatan energi yang tinggi. Baterai ini sering ditemukan pada sistem penyimpanan energi terbarukan, perangkat portabel, dan kendaraan listrik (M. et al., 2017). Baterai LiFePO₄ memiliki tegangan nominal 3,2V dan dikenal untuk menghasilkan output tegangan yang stabil sepanjang siklus pelepasannya, menjadikan baterai ini lebih ideal untuk aplikasi yang membutuhkan pasokan daya yang konsisten. Selain itu, baterai ini lebih ramah lingkungan daripada opsi lithium-ion lainnya, karena tidak mengandung logam berat atau bahan beracun (Julian et al., 2021) (A. et al., 2019).

Baterai LiFePO₄ memiliki kapasitas tinggi, dengan hingga 2.000 mAh per baterai, membuatnya cocok untuk aplikasi seperti energi surya atau sistem energi terbarukan (Nurzhan et al., 2015). Baterai ini juga dapat menyimpan energi untuk waktu yang lebih lama tanpa menggunakan sistem penyimpanan baterai atau stasiun pengisian daya. Misalnya, sistem penyimpanan energi surya di lingkungan perumahan mungkin

memerlukan siklus pengisian daya harian untuk menyimpan energi berlebih yang dihasilkan selama siang hari untuk digunakan di malam hari. Baterai LiFePO₄ akan menjadi pilihan ideal untuk aplikasi ini karena umur siklus yang panjang dan tingkat self-discharge yang rendah, memberikan solusi penyimpanan energi yang dapat diandalkan dan hemat biaya. Secara keseluruhan, daya tahan dan efisiensi baterai LiFePO₄ membuatnya menjadi pilihan praktis untuk berbagai aplikasi di mana penyimpanan energi yang dapat diandalkan sangat penting (Yi-Li et al., 2018) (Tao et al., 2021). Selain itu, biaya baterai LiFePO₄ mungkin masih terlalu tinggi untuk beberapa konsumen, membatasi aksesibilitas mereka untuk adopsi luas di pasar tertentu (Oliver et al., 2021) (Zachary et al., 2019).

Penyimpanan energi yang efisien untuk pompa air sangat penting untuk memastikan akses yang dapat diandalkan ke air bersih di lokasi terpencil atau off-grid. Dengan menggunakan teknologi baterai canggih, seperti baterai LiFePO₄, pompa air dapat beroperasi secara efisien dan efektif bahkan di daerah dengan akses listrik yang terbatas (Liang et al., 2021) (Amrit et al., 2020). Selain itu, penyimpanan energi yang efisien untuk pompa air dapat membantu mengurangi biaya operasional dan meningkatkan keberlanjutan keseluruhan sistem pasokan air (Haifeng et al., 2020) (Ana et al., 2023). Hal ini terutama penting di daerah-daerah di mana sumber bahan bakar tradisional mahal atau sulit diperoleh. Dengan menggabungkan sumber energi terbarukan, seperti panel surya atau turbin angin, bersama dengan teknologi baterai canggih, pompa air dapat beroperasi secara otonom dan berkelanjutan, menyediakan sumber air bersih yang dapat diandalkan tanpa merusak lingkungan. Pendekatan terpadu ini untuk memompa air tidak hanya menguntungkan masyarakat yang bergantung pada sistem ini tetapi juga berkontribusi pada upaya global untuk memerangi perubahan iklim dan mempromosikan pembangunan berkelanjutan. Dengan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi emisi gas rumah kaca, sistem pompa air bertenaga energi terbarukan ini membantu mengurangi dampak perubahan iklim dan melestarikan sumber daya alam untuk generasi mendatang.

Pompa air Shimizu berada di garis depan teknologi berkelanjutan ini, menawarkan solusi inovatif untuk memompa air yang efisien dengan dampak lingkungan minimal (Sujit et al., 2023). Pompa-pompa ini dirancang untuk

memanfaatkan daya sumber energi terbarukan seperti surya dan angin, memberikan alternatif yang dapat diandalkan dan ramah lingkungan untuk pompa tradisional bertenaga bahan bakar fosil. Dengan mengurangi ketergantungan pada sumber energi yang tidak terbarukan dan mengurangi emisi karbon, pompa air Shimizu membantu mengatasi masalah mendesak perubahan iklim sambil juga mengurangi biaya operasional bagi bisnis dan pemilik rumah (Paula et al., 2018) . Selain itu, pompa ini dibangun untuk bertahan lama, memastikan keandalan jangka panjang dan kinerja selama bertahun-tahun. Secara keseluruhan, berinvestasi dalam pompa air Shimizu bukan hanya pilihan cerdas untuk lingkungan, tetapi juga investasi yang baik di masa depan teknologi pompan air yang berkelanjutan (Tugrul, 2017)(Yanxue et al., 2024) .

Dengan melihat karakteristik kinerja pompa air Shimizu, penting untuk mempertimbangkan faktor-faktor seperti laju aliran, ketinggian kepala, dan konsumsi daya. Pompa air Shimizu dikenal karena tingkat aliran yang tinggi, yang dapat membantu meningkatkan output air dan meningkatkan efisiensi keseluruhan. Selain itu, pompa Shimizu dirancang untuk beroperasi pada berbagai ketinggian kepala, membuatnya serbaguna untuk berbagai aplikasi. Dalam hal konsumsi daya, pompa Shimizu dikenal karena efisiensi energi mereka, yang dapat membantu mengurangi biaya energi secara keseluruhan dan dampak lingkungan. Dengan mengintegrasikan baterai LiFePO₄ dengan pompa air Shimizu, pengguna dapat memaksimalkan kinerja sambil juga mengurangi konsumsi energi dan biaya operasional.

Studi sebelumnya tentang baterai LiFePO₄ dalam aplikasi pompa air menunjukkan bahwa penggunaan baterai LiFePO₄ dalam aplikasi pompa air dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi dan kinerja pompa air, yang menghasilkan peningkatan output air dan mengurangi konsumsi energi (Liang et al., 2021) (Liang et al., 2016). Selain itu, manfaat lingkungan dari penggunaan baterai LiFePO₄ juga telah disorot, seperti emisi gas rumah kaca yang lebih rendah dan penurunan ketergantungan pada bahan bakar fosil. Dengan demikian, integrasi baterai LiFePO₄ ke dalam sistem pompa air dapat memberikan penghematan biaya yang signifikan dan manfaat lingkungan yang berkelanjutan (Anil et al., 2024) (Marcus et al., 2021).

Rumusan masalah dalam penelitian ini berkisar pada desain dan implementasi battery pack LiFePO₄ untuk sistem pompa air Shimizu PS-135 E. Pertanyaan utama

yang perlu dijawab adalah bagaimana desain battery pack yang optimal dapat dikembangkan untuk menggantikan sumber energi konvensional yang ada. Apakah battery pack LiFePO₄ dapat menyediakan daya yang cukup untuk operasi pompa air dengan performa yang setara atau bahkan lebih baik dibandingkan dengan sistem energi konvensional ?

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis dan mengimplementasikan battery pack LiFePO₄ sebagai sumber energi alternatif pada sistem pompa air Shimizu PS-135 E. Secara khusus, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi desain yang optimal untuk battery pack LiFePO₄ sehingga dapat memenuhi kebutuhan energi sistem pompa dengan baik.

METODE PENELITIAN

Kajian Literatur

Lakukan tinjauan mendalam terhadap literatur mengenai desain battery pack LiFePO₄ dan aplikasinya pada sistem pompa air, dengan fokus pada kinerja, desain optimal, dan perbandingan dengan sumber energi konvensional.

Desain Eksperimen

- a. **Perancangan Battery Pack:** Rancang battery pack LiFePO₄ sesuai dengan kebutuhan daya dan spesifikasi teknis pompa air Shimizu PS-135 E. Desain mencakup konfigurasi sel, sistem manajemen baterai (BMS), dan pendinginan.
- b. **Simulasi:** Gunakan perangkat lunak simulasi untuk menganalisis performa desain dalam berbagai kondisi operasional, termasuk analisis efisiensi dan beban.

Populasi dan Sampel

- a. **Populasi:** Populasi dalam penelitian ini adalah semua desain battery pack LiFePO₄ yang dapat digunakan dalam sistem pompa air, serta sistem energi konvensional yang ada.
- b. **Sampel:** Sampel yang diteliti mencakup satu unit prototipe battery pack LiFePO₄ yang dirancang dan diproduksi sesuai spesifikasi penelitian serta satu unit sistem energi konvensional untuk perbandingan. Pengujian dilakukan pada pompa air Shimizu PS-135 E sebagai model aplikasi.

Pembuatan Prototipe

Produksi prototipe battery pack LiFePO₄ sesuai desain yang telah disetujui. Prototipe akan mencakup BMS dan sistem pendinginan yang sesuai dengan standar kualitas dan keselamatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mengidentifikasi kapasitas baterai

Kapasitas baterai ditentukan berdasarkan waktu minimum yang dibutuhkan untuk memulai pompa atau, dengan kata lain, proses perbaikan pompa.

$$C_{Bat} = \frac{E_{Bat.m}}{V}$$

$$C_{Bat} = \frac{330 \times 1,5}{13}$$

$$C_{Bat} = \frac{495}{13}$$

$$C_{Bat} = 38,1 \text{ Ah}$$

Safety Factor = 1,25;

$$C_{Bat} = 38,1 + 1,25$$

$$C_{Bat} = 39,35 \text{ Ah}$$

Untuk baterai LiFePO₄ dengan $V_n = 3,2$ Volt, untuk mendapatkan system dengan 12 Volt, membutuhkan 4 buah cell baterai yang dirangkai dengan secara seri. Sedangkan berdasarkan kapasitas baterai di atas, maka dibutuhkan system parallel sebanyak 6,5 buah cell baterai yang dibulatkan menjadi 7 buah cell baterai. Berarti system pada baterai pack yang akan dibangun adalah 4S-7P.

Kapasitas BMS (Battry Management System)

Kapasitas BMS ditentukan berdasarkan besarnya arus charging (I_{Ch}) dan arus discharging (I_{Dch}).

$$I_{Dch} = \frac{P_L}{V \times n_{cell}}$$

$$I_{Dch} = \frac{517,5}{12,6}$$

$$I_{Dch} = 41,1 \text{ A}$$

$$I_{Ch} = \frac{P_{Ch}}{V \times n_{cell}}$$

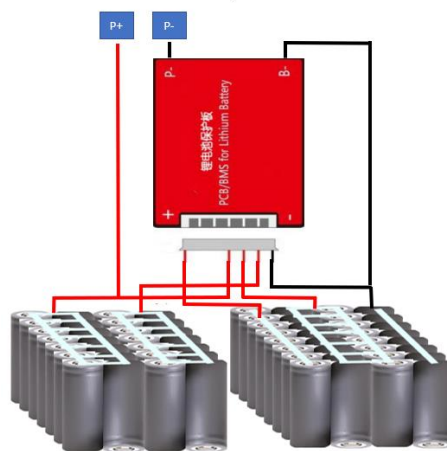
$$I_{Ch} = \frac{187,5}{12,6}$$

$$I_{Ch} = 14,9 A$$

Jenis BMS yang digunakan dalam penelitian ini adalah BMS Daly Balance Common port, dimana perbandingan kapasitas charging dan discharging adalah 0,5 : 1, maka untuk pemilihan BMS digunakan BMS 4S 60 A.

Proses Perakitan Baterai dan BMS

Berdasarkan besarnya kapasitas baterai, maka baterai pack yang akan disusun adalah 4 Seri dan 7 Paralel sehingga akan menghasilkan 12 Volt 42.000 mAh seperti yang ditunjukkan pada gambar 1 di bawah ini



Gambar 1. Battery Configuration Connected to BMS Daly 4S 60A

Waktu Charging dan Discharging Pada Baterai

- Waktu Charging (t_{Ch})

$$t_{Ch} = \frac{C_{Bat}}{I_{Bat}} + 20\%$$

$$t_{Ch} = \frac{42}{5,4} + 20\%$$

$$t_{Ch} = \frac{42}{5,4} + 20\%$$

$$t_{Ch} = 7,8 + 1,5$$

$$t_{Ch} = 9,4 \text{ Hours}$$

- Waktu Discharging (t_{Dch})

$$t_{Dch} = \frac{E_{Bat}}{P} \times 80\%$$

$$t_{Dch} = \frac{529,2}{330} \times 80\%$$

$$t_{Dch} = 1,6 \times 0,8$$

$$t_{Dch} = 1,3 \text{ Hours}$$

Mengukur Tegangan dan Arus Saat Pembebanan

Tegangan dan arus pada saat pembebanan adalah 230,4 Volt, arus 1,145 A, $\text{Cos } \phi = 0,72$, dan daya terukur 263,35 Watt.



Gambar 2. Pengukuran Arus dan Tegangan

Volume Air

Volume air yang dihasilkan oleh pompa adalah 2.182 Liter yang didapatkan berdasarkan kapasitas maksimum dari pompa (L/m) dikalikan dengan lamanya waktu pembebanan pompa sampai pada saat kapasitas baterai 20 % (12,1 Volt). Dengan demikian, volume air yang dihasilkan selama 1,3 jam (78 menit) adalah 2.182 Liter.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dengan menggunakan baterai LiFePO₄ 12 V-42.000 mAh yang dirangkain secara seri (4S) dan parallel (7P), Tegangan saat pembebanan 230,4 Volt dan arus pada saat pembebanan adalah 1,145 A. $\text{Cos } \phi = 0,72$, dan daya terukur 263,35 Watt. Volume air yang dihasilkan adalah 2.182 Liter selama 1,3 Jam (78 menit)

DAFTAR PUSTAKA

- Amrit, Rajendran, Mohamed, Swellam, Müslüm, Cheng, Wensheng, Jang-Yeon, & R. (2020). *A state of art review and future viewpoint on advance cooling techniques for Lithium-ion battery system of electric vehicles*. Journal of Energy Storage, Volume 32, Desember 2020, 101771.
- Ana, Marta, A., & Carlos. (2023). *A review of operational control strategies in water supply systems for energy and cost efficiency*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 175, April 2023, 113140.

- A., E., M., & R. (2019). *Study of energy storage systems and environmental challenges of batteries*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 104, April 2019, pages 192-208.
- Haifeng, Zhengxia, Qian, & Changqing. (2020). *Water-energy nexus and energy efficiency: A systematic analysis of urban water systems*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 134, December 2020, 110381
- Julian, Peter, & Arno. (2021). *Challenges in ecofriendly battery recycling and closed material cycles: a perspective on future lithium battery generations*. Journal Metals 2021, 11, 291
- Liang, Xiantai, & Xiaosong. (2021). *Experimental research and energy consumption analysis on the economic performance of a hybrid-power gas engine heat pump with LiFePO₄ battery*. Journal Energy Volume 214, 1 January 2021, 118913
- M., Md, Azah, & Afida. (2017). *Review of energy storage systems for electric vehicle applications: Issues and challenges*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 69, March 2017, Pages 771-789
- Nurzhan, Aibolat, Marzhana, Indira, Yongguang, Yan, & Zhumabay. (2015). *High performance Zn/LiFePO₄ aqueous rechargeable battery for large scale applications*. Journal Electrochimica Acta, Volume 152, 10 January 2015, Pages 505-511
- Oliver, d, Gavin, Peter, Thomas, Anthony, & second-life. (2021). *A review on battery market trends, second-life reuse, and recycling*. Journals Sustainable Chemistry , Volume 2 , Issue 1
- Article in National Science Challenges
- Paula, Nicholas, & Benjamin. (2018). *Climate change: the cascade effect*.
- Sujit, Ilenia, Martin, Ruben, Shima, Valentina, Enric, Wen, Sibani, & David. (2023). *Lab on a chip for a low-carbon future*. This journal is The Royal Society of Chemistry 2023 Lab Chip, 2023, 23, 1358–1375
- Tao, Quan, Yuge, Ming, Ziyu, Yuntao, Li, Kang, & Fangde. (2021). *A review of technologies and applications on versatile energy storage systems*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 148, September 2021, 111263
- Tugrul. (2017). *A regional technology roadmap to enable the adoption of CO₂ heat pump water heater: A case from the Pacific Northwest, USA*. Energy Strategy Reviews, Volume 18, December 2017, Pages 157-174
- Yanxue, Fu, & Weijun. (2024). *Energy efficiency measures towards decarbonizing Japanese residential sector: Techniques, application evidence and future perspectives*. Energy and Buildings, Volume 319, 15 September 2024, 114514
- Yi-Li, Peng-Fei, & Meng-Chang. (2018). *Energy storage system: Current studies on batteries and power condition system*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 82, Part 3, February 2018, Pages 3091-3106
- Article in Electrochemical Energy Reviews
- Zachary, Aiping, Jun, & Zhongwei. (2019). *Automotive Li-ion batteries: current status and future perspectives*.