



ANALISIS EFISIENSI *BATTERY PACK* BERBASIS LFP 18650 UNTUK PLTS SKALA RESIDENSIAL DENGAN BEBAN BERVARIASI

Muhamad Dzaky Ashidqi¹

¹Prodi Teknik Elektro, Universitas Sains Indonesia, Bekasi

Email : muhamad.dzaky@lecturer.sains.ac.id

Sistem Penyimpanan Energi memegang peranan penting dalam pengembangan sistem energi terbarukan. Baterai seperti *lead-acid* (LA) dan *litium ferrous phosphate* (LFP) dapat menjadi perangkat yang tepat untuk diaplikasikan dalam ESS. Dibandingkan dengan LA, LFP memiliki keunggulan berupa efisiensi yang lebih baik dan kecepatan pengisian yang lebih tinggi. Artikel ini akan membahas analisis baterai LFP ketika diaplikasikan sebagai *battery pack* untuk sistem penyimpanan energi pada pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) skala residensial. Output baterai digunakan untuk memasok beban komersial yang bervariasi. Parameter baterai, PLTS dan beban seperti tegangan, arus dan kapasitas diukur dan dianalisis untuk menentukan karakteristik baterai selama proses pengisian dan pengosongan daya. Hasil percobaan menunjukkan bahwa selama proses pengisian daya, *battery pack* LFP dapat terisi penuh oleh daya yang dihasilkan oleh PV hingga mencapai kapasitas maksimum 100 AH. Baterai diisi oleh arus konstan 40 ampere dengan rata-rata produksi daya PV 2,2 kiloWatt. Selama proses pengosongan daya, baterai LFP memasok daya ke beban dengan arus konstan 50 ampere. Beban yang diukur dalam penelitian ini memiliki daya AC rata-rata 2,4 kiloWatt. Baterai LFP dapat mensuplai daya secara terus-menerus hingga mencapai 0 % dari kapasitas maksimum 100 AH. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa *battery pack* yang dirancang menggunakan baterai LFP memiliki efisiensi yang baik dan dapat diimplementasikan sebagai sistem penyimpanan energi yang efisien pada PLTS.

Kata Kunci: baterai LFP, *batttery pack*, efisiensi, PLTS.

Abstract

Energy Storage System (ESS) plays an important rule in renewable energy system development. Battery such as lead-acid and lithium ferrous phosphate (LFP) can be proper device to applied in ESS. Compared to lead-acid, LFP has the advantages of better efficiency and higher charging speed. This paper will discuss characteristic of the LFP battery when it is applied as energy storage system on PV based micro grid system. The output of the batery is used to supply commercial load. Battery, PV and load parameters such as voltage, current and capacity are measured and analyzed to determine the battery characteristic during charging and discharging proccess. The result of the experiment show that during the charging proccess the LFP battery can be fully charged by the power produced by PV untill it reach maximum capacity 100 AH. The battery charged by 40 ampere of constant current with the average 2,2 kiloWatt of PV power production. While discharging proccess, the LFP battery supply power to the load with 50 ampere of constant current. The load measured in this research has average 2,4 kiloWatt of AC power. The LFP battery can supply the power continuously untill it reaches 0 %from 100 AH of maximum capacity. From this research, itcan be concluded that the battery has good reliability to be installed as energy storage system in PV based microgrid..

Keywords: *battery pack, efficiency, LFP battery, PV-based microgrid.*



1. PENDAHULUAN

Perkembangan *microgrid* berbasis energi terbarukan saat ini menjadi tren yang banyak dikembangkan di dunia. Salah satu yang banyak digunakan adalah panel surya atau PV (Tanaka & Yamashita, 2010). *Microgrid* berbasis energi terbarukan membutuhkan perangkat tambahan untuk dipasang, yaitu *battery energy storage system* (BESS) (Saxena dkk., 2024). Sistem pembangkit listrik berbasis energi terbarukan, terutama pada sistem PLTS, memiliki tantangan dimana energi yang dihasilkan bersifat intermiten (Mlilo dkk., 2021). Sistem penyimpanan energi dapat menjadi solusi untuk menyimpan kelebihan energi di saat produksi tenaga surya melimpah dan menyalurkannya ke beban saat produksi energi tidak mencukupi (Zhao dkk., 2023).

Terdapat beberapa jenis teknologi penyimpanan energi, seperti *Battery energy storage system* (BESS), *pumped hydro energy storage* (PHS), *compression air energy storage* (CAES), *Flywheel energy storage* (FES), *hydrogen-based energy storage systems* (HES), *energy flow battery storage* (FBES), *superconducting magnetic energy storage* (SME), dan *thermal energy storage* (TES) (Yoomak & Ngaopitakkul, 2019). Akan tetapi, karena stabilitas, efisiensi, skalabilitas, dan fitur menarik lainnya, BESS merupakan teknologi penyimpanan energi yang paling banyak dipakai (Motta dkk., 2021). Telah diimplementasikan robot roda Omni berbasis Arduino Mega dengan integrasi desain mekanik, simulasi rangkaian listrik, dan penerapan *AI* untuk navigasi pada arena terstandarisasi Windasari, S. (2024). Telah disimulasikan analisis algoritma A* dalam lingkungan grid menggunakan Python-Pygame untuk mengevaluasi performa pencarian jalur terhadap variasi rintangan dengan perbandingan kuantitatif terhadap algoritma Dijkstra dan *BFS* (Windasari, S. et al. (2025). Metode BPSO

diusulkan untuk mengoptimalkan kontrol *PID* secara adaptif dan efisien, menghasilkan solusi lebih stabil dibanding metode konvensional Suwoyo, H., Abdurrohman, A., et al. 2022). Telah diusulkan desain multi-koil untuk sistem wireless power transfer yang menunjukkan peningkatan efisiensi rata-rata 7% dibandingkan desain koil tunggal, dengan efisiensi maksimum mencapai 82% (Dama, M., et al. 2019). IoT merupakan konsep komunikasi berbasis internet yang menghubungkan perangkat melalui sensor, gateway, dan cloud, dengan cakupan lebih luas dibandingkan M2M (Baskoro, B. 2024). Telah dirancang dan diimplementasikan interkoneksi jaringan berbasis VPN yang terintegrasi dengan IPv6, sehingga meningkatkan efisiensi pengalamatan dan keamanan transmisi data antarjaringan (Frihadi. A. 2024). Telah disimulasikan arsitektur pusat data berbasis SDN dan AI pada platform NS-3, sehingga diperoleh peningkatan keamanan dan efisiensi tanpa mengurangi performa jaringan (A. Affandi., R. 2024).

Ada berbagai jenis *battery energy storage system* (BESS) yang digunakan untuk sistem penyimpanan energi terbarukan, seperti baterai *Lead-Acid* (LA), *lithium-ion* (Li-Ion), *nickel cadmium* (Ni-Cd), dan *sodium sulfur* (Na-S) (Ranjith Kumar dkk., 2023). Jenis BESS yang banyak digunakan pada PLTS adalah baterai *Lead-Acid* dan *Li-ion* karena keandalannya yang tinggi (Rakhimov dkk., 2024).

Baterai LA banyak digunakan pada berbagai aplikasi karena harganya lebih murah dibandingkan jenis baterai lainnya. Ketika dipasang sebagai BESS pada PLTS, jenis baterai ini mampu melayani beban perumahan ketika produksi energi surya tidak dapat mencukupi kebutuhan energi listrik selama kondisi berawan atau malam (Rakhimov dkk., 2024). Kekurangan baterai LA adalah saat diimplementasikan untuk memasok beban komersial atau industri, ia tidak

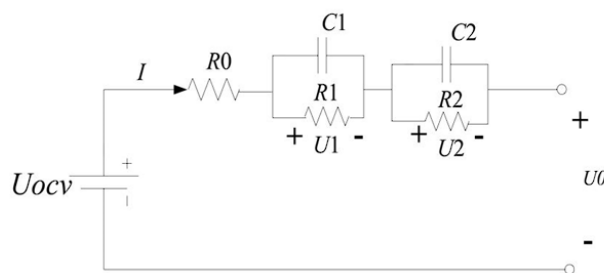
dapat bekerja dengan baik. Tegangan terminal baterai LA tidak stabil saat pengosongan sehingga memiliki efisiensi yang lebih rendah (hanya 70-80%). Sementara itu, selama proses pengisian atau *charging*, baterai LA memiliki laju pengisian kecepatan rendah (Paul Ayeng'o dkk., 2018).

BESS dapat memasok beban komersial dengan baik ketika memiliki laju pengisian yang lebih cepat dan efisiensi tinggi. Beban komersial memiliki daya yang lebih tinggi dan memerlukan pasokan terus menerus pada titik nilai beban yang tinggi (Chen dkk., 2020). Baterai Li-ion dapat menjadi pilihan yang lebih baik karena efisiensinya yang tinggi (75-95%) dan laju pengisian yang cepat (1 C) (Ashidqi dkk., 2023). Selama proses pengosongan, baterai li-ion juga dapat memasok energi ke beban dengan baik karena stabilitas tegangan terminalnya (Paul Ayeng'o dkk., 2018).

Jenis baterai Li-ion yang dapat dimanfaatkan sebagai sistem penyimpanan energi untuk mensuplai beban komersial adalah baterai *lithium ferrous phospate* (LFP) (Chen dkk., 2024). LFP telah menjadi fokus penelitian dalam material katode baterai li-ion sejak tahun 1997. Dibandingkan dengan material katode lainnya, baterai LFP memiliki beberapa keunggulan seagaimana berikut:

1. Kepadatan energi relatif lebih tinggi
2. Stabilitas kimia dan termal yang baik
3. Murah dan mudah diproduksi
4. Mudah didaur ulang (Chen dkk., 2024)

Saat ini, baterai LFP telah banyak digunakan dalam peralatan listrik. Baterai ini juga memiliki prospek yang luas dalam aplikasi kendaraan listrik dan aplikasi penyimpanan energi. Baterai LFP merupakan sistem nonlinier yang cukup kompleks sehingga untuk memodelkannya dibutuhkan model ekuivalen dengan orde tinggi untuk mensimulasikan kinerja baterai secara akurat. Rangkaian ekuivalen model baterai LFP diilustrasikan pada Gambar 1 (Sredensek dkk., 2022).



Gambar 1. Rangkaian ekuivalen baterai LFP

Baterai LFP memiliki tegangan nominal 3,2 Volt untuk setiap sel. Baterai ini memiliki resistansi rendah dan efisiensi tinggi. Karakteristik baterai LFP ditunjukkan pada Tabel I (Zhang dkk., 2023).

Tabel 1. Karakteristik baterai lfp

Nominal Voltage	3,2 Volt
Operation Voltage	2,5 V – 3,65 V
Specific Energy	90-120 WH/Kg
Charging Rate	1 C
Discharging Rate	1 C
Cycle Life	2000 and higher
Efficiency	80-95%

Saat ini banyak sistem pembangkit listrik berbasis energi terbarukan yang menggunakan LFP sebagai sistem penyimpanan. Tujuan dari penelitian dalam artikel ini adalah untuk menganalisis efisiensi serta karakteristik pengisian dan pengosongan baterai LFP yang diimplementasikan sebagai sistem penyimpanan energi pada sistem PLTS skala residensial untuk penyediaan beban komersial.

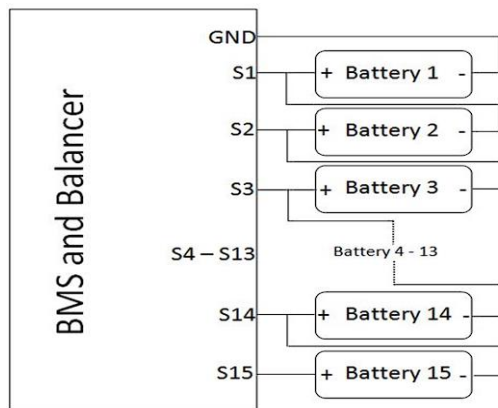
Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di gedung yyang memiliki beban komersial dengan kapasitas 1300 VA. Langkah-langkah penelitian yang dilakukan adalah sebagaimana diijelaskan pada subbab-subbab berikut.

A. Desain battery pack

Baterai yang digunakan dalam penelitian ini adalah baterai LFP 100AH yang terdiri dari 15 seri. Sebagai proteksi, pada *battery pack* ini dipasang *battery management system* (BMS) dan

active balancer. Desain konfigurasi *battery pack* ini ditunjukkan pada Gambar 2.



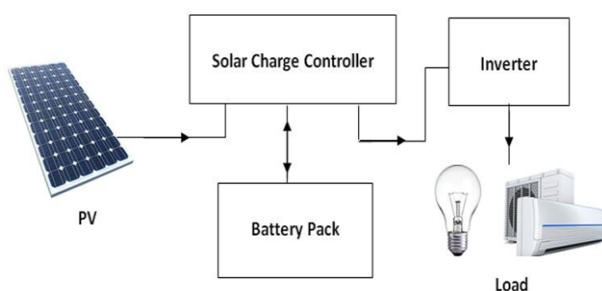
Gambar 2. Desain konfigurasi *battery pack* LFP

Setiap baterai memiliki tegangan nominal 3,2 V dan kapasitas 100 AH sehingga dengan 15 buah baterai yang dipasang secara seri, *pack* baterai ini memiliki tegangan nominal 48 V dan kapasitas 100 AH. Untuk melindungi baterai, pengaturan BMS disetting sebagai berikut.

- Proteksi tegangan berlebih: 54 Volt
- Proteksi tegangan rendah: 45 Volt
- Proteksi arus pengisian: 40 Ampere
- Proteksi arus pengosongan: 100 Ampere

B. Integrasi *battery pack* pada PLTS

Battery pack yang dirancang dipasang pada sistem jaringan *microgrid* berbasis PV sebagai penyimpanan energi. Sistem ini terhubung ke beban di dalam gedung. Konfigurasi sistem jaringan *microgrid* berbasis PV ini diilustrasikan seperti yang ditunjukkan pada Gambar. 3.



Gambar 3. Konfigurasi sistem PV

C. Pengukuran parameter baterai dan beban

Karakteristik baterai ditentukan dengan mengukur beberapa parameter baterai. Dalam penelitian ini, tegangan, arus dan kapasitas baterai diukur untuk mengetahui karakteristik baterai saat diisi dan dikosongkan. Kapasitas atau *state of charge* (SoC) baterai diukur dengan metode *coulomb counting* sebagaimana ditunjukkan pada persamaan berikut.

$$SoC(t) = SoC(t_0) + \frac{1}{C} \int_{t_0}^t I(t) dt$$

keterangan:

$SoC(t)$ = SoC pada waktu t

$SoC(t_0)$ = SoC pada $t = 0$

C = Kapasitas nominal baterai

I = arus baterai

Pengukuran arus dilakukan dengan cara mengukur arus yang mengalir masuk dan keluar melalui terminal baterai.

Pada proses pengisian, parameter baterai dibandingkan dengan daya yang dihasilkan oleh PV. Daya yang dihasilkan oleh PV diukur pada waktu produksi daya maksimum, yaitu pada siang hari pukul 11.00 hingga 13.00 waktu Surakarta. Efisiensi baterai dapat diketahui dari kapasitas maksimum yang dicapai selama proses pengisian. Secara matematis, efisiensi *charging-discharging* dari *battery pack* yang dirancang pada penelitian ini dapat dihitung dengan rumus:

$$\eta = \frac{\Delta SoC_{discharge}}{\Delta SoC_{charge}} \times 100\%$$

keterangan:

η = efisiensi

$\Delta SoC_{discharge}$ = total kapasitas *discharging*

ΔSoC_{charge} = total kapasitas *charging*

Untuk melindungi BMS dan baterai dari kerusakan karena Arus Lebih, arus pengisian pada solar charge controller diatur pada arus maksimum 40 A.

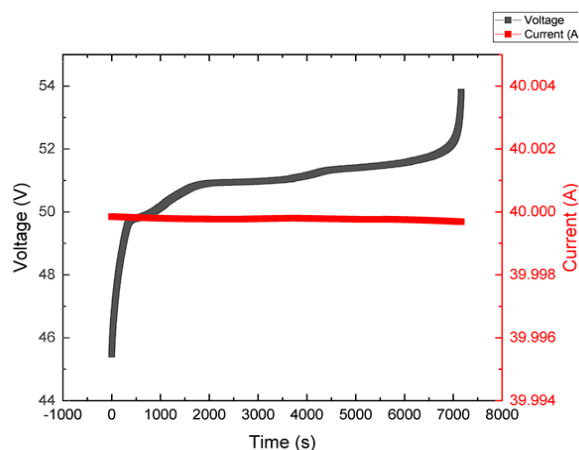
Pada proses pengosongan, parameter baterai dibandingkan dengan daya dan arus beban AC. Parameter beban diukur selama waktu konsumsi

daya maksimum. Beban memiliki daya rata-rata 2,5 kiloWatt selama waktu konsumsi daya maksimum.

Hasil dan Pembahasan

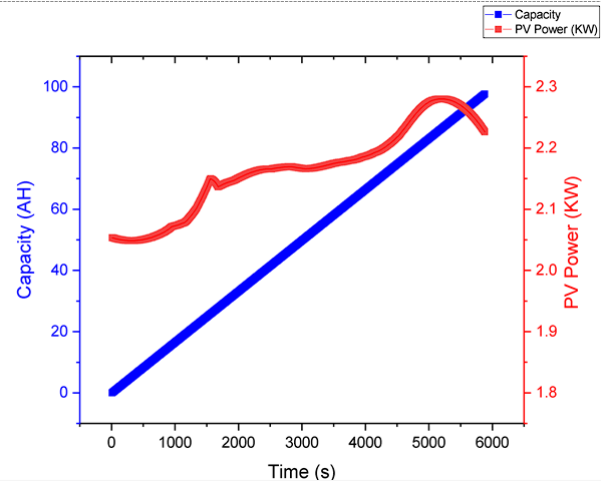
A. Karakteristik *charging*

Karakteristik pengisian baterai ditentukan dengan mengukur tegangan dan arus baterai. Parameter baterai yang diukur dalam penelitian ini selama proses pengisian ditunjukkan pada grafik pada Gambar 4. Arus yang mengalir ke baterai dari PV mendekati konstan pada sekitar 40 ampere. Dengan arus konstan, tegangan yang diukur di terminal baterai menunjukkan nilai yang stabil. Nilai tegangan meningkat sesuai standar karakteristik pengisian LFP.



Gambar 4. Karakteristik tegangan dan arus baterai pada proses *charging*

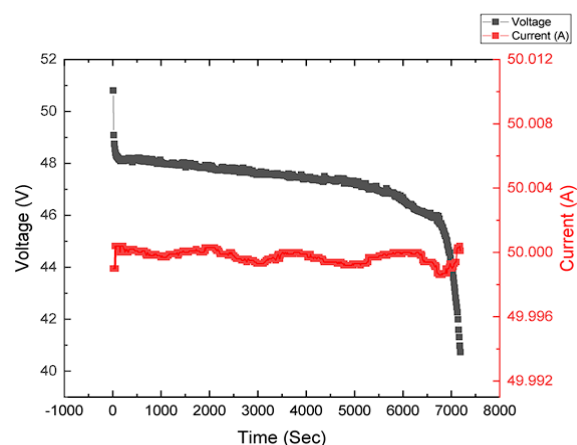
Kapasitas baterai diukur dengan menghitung rumus *coulomb counting* berdasarkan nilai arus yang mengalir melalui terminal baterai. Nilai kapasitas baterai dibandingkan dengan daya yang dihasilkan oleh PV selama proses pengisian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Dari grafik pada Gambar 5 dapat diketahui bahwa daya yang dihasilkan oleh PV sekitar 2,1 hingga 2,3 kiloWatt. Pengontrol pengisian daya surya membatasi arus yang mengalir ke baterai pada 40 ampere. Dengan nilai daya maksimum dan batasan arus, baterai dapat diisi dalam arus konstan dan kapasitas baterai meningkat secara linier hingga mencapai nilai 100 AH.



Gambar 5. Karakteristik dinamika kapasitas baterai pada proses *charging* terhadap beban

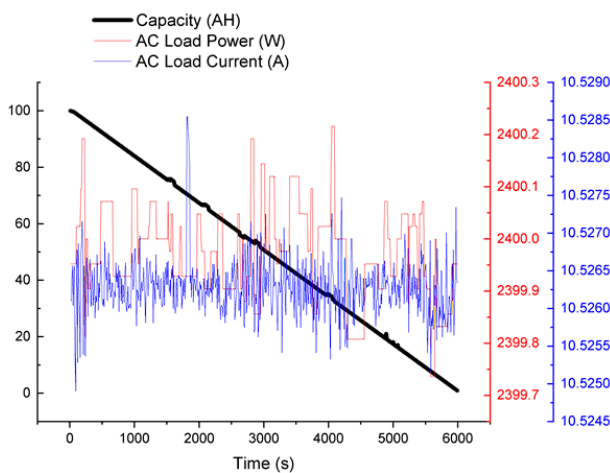
B. Karakteristik *discharging*

Karakteristik pengosongan baterai ditentukan dengan mengukur tegangan dan arus yang mengalir melalui terminal baterai ketika baterai memberikan daya ke beban seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6. Dari grafik dapat diketahui bahwa arus yang mengalir melalui baterai kira-kira konstan pada sekitar 50 Ampere. Beban yang diukur dalam penelitian ini memiliki karakteristik sebagai beban komersial. Beban memiliki konsumsi daya yang tinggi dalam waktu terus menerus, sehingga arus yang mengalir dari baterai hampir konstan. Nilai tegangan juga meningkat sebagai standar karakteristik pengosongan LFP.



Gambar 6. Karakteristik tegangan dan arus baterai pada proses *discharging*

Kapasitas baterai yang diukur selama proses pengosongan dibandingkan dengan konsumsi daya oleh beban ditunjukkan pada Gambar 7. Beban memiliki konsumsi daya sekitar 2,4 kiloWatt dalam waktu kontinu. Arus AC juga menunjukkan nilai konstan seperti nilai arus DC terminal baterai. Dari grafik pada gambar 7 dapat dilihat bahwa kapasitas baterai menurun secara linear dengan konsumsi daya beban AC yang konstan. Nilai kapasitas baterai dapat turun menjadi 0, sehingga konsumsi daya baterai dapat mencapai nilai maksimum.



Gambar 7. Karakteristik dinamika kapasitas baterai pada proses *discharging* terhadap beban

C. Analisis efisiensi

Efisiensi *battery pack* dalam proses pengisian ditunjukkan oleh kestabilan arus pada 40 ampere dan peningkatan kapasitas baterai yang linier hingga 100 AH. Akan tetapi, dengan daya PV sekitar 2,1–2,3 kW, sebagian daya mungkin tidak sepenuhnya terserap akibat batasan arus pengisian yang dapat mengurangi efisiensi konversi energi. Selain itu, potensi rugi-rugi pada pengontrol pengisian dan resistansi internal baterai dapat menurunkan efisiensi keseluruhan proses *charging*.

Pada proses pengosongan, baterai menyuplai daya ke beban dengan arus konstan sekitar 50 ampere. Hal ini menunjukkan pelepasan daya yang stabil. Akan tetapi, efisiensi

pelepasan daya dipengaruhi oleh konversi daya melalui inverter dan potensi degradasi baterai yang dapat mengurangi performa jangka panjang sistem. Sementara itu berdasarkan analisis efisiensi *charging-discharging*, dapat dilihat bahwa efisiensi *battery pack* dapat mencapai 96%.

Simpulan

Penelitian untuk menentukan karakteristik pengisian dan pengosongan baterai LFP telah dilakukan dan dilaporkan dalam makalah ini dengan mengukur beberapa parameter baterai, PV dan beban. Dalam proses pengisian, baterai disuplai oleh arus konstan dari daya yang dihasilkan oleh PV. Nilai kapasitas baterai meningkat secara linear hingga mencapai 100 AH. Dengan tercapainya nilai kapasitas baterai maksimum, dapat disimpulkan bahwa baterai memiliki keandalan yang baik untuk dipasang sebagai sistem penyimpanan energi. Sementara itu pada proses pengosongan, baterai dapat memasok daya ke beban dengan arus konstan. Baterai dapat memasok daya AC 2,4 kiloWatt secara terus menerus hingga mencapai 0% kapasitas dari kondisi terisi penuh. Dapat disimpulkan bahwa baterai memiliki keandalan yang baik untuk memasok beban komersial dengan konsumsi daya berkelanjutan yang tinggi.

Saran

Penelitian ini berfokus pada analisis efisiensi *battery pack* berbasis baterai LFP 18650 yang digunakan pada sistem *microgrid* berbasis PV. Berdasarkan hasil analisis dapat disimpulkan bahwa *battery pack* menunjukkan efisiensi dan performa yang layak. Akan tetapi, efisiensi dan performa yang ditunjukkan masih berpotensi untuk dapat ditingkatkan. Berikutnya, dapat dikembangkan penelitian mengenai optimasi operasi *battery pack* untuk



meningkatkan efisiensi, performa dan meminimalkan biaya operasionalnya.

Daftar Pustaka

- Ashidqi, M. D., Cahyadi, A. I., & Ataka, A. (2023). Capacity Loss Modeling of Li-Ion Battery Using Lightweight Neural Network Considering Equivalent Circuit Model. *ICT-PEP 2023 - 2023 International Conference on Technology and Policy in Energy and Electric Power: Decarbonizing the Power Sector: Opportunities and Challenges for Renewable Energy Integration, Proceedings*, 133–138. <https://doi.org/10.1109/ICT-PEP60152.2023.10351143>
- Chen, T., Jin, Y., Lv, H., Yang, A., Liu, M., Chen, B., Xie, Y., & Chen, Q. (2020). Applications of Lithium-Ion Batteries in Grid-Scale Energy Storage Systems. *Transactions of Tianjin University*, 26(3), 208–217. <https://doi.org/10.1007/s12209-020-00236-w>
- Chen, T., Li, M., & Bae, J. (2024). Recent Advances in Lithium Iron Phosphate Battery Technology: A Comprehensive Review. *Batteries*, 10(12). <https://doi.org/10.3390/batteries10120424>
- Mlilo, N., Brown, J., & Ahfock, T. (2021). Impact of intermittent renewable energy generation penetration on the power system networks – A review. *Technology and Economics of Smart Grids and Sustainable Energy*, 6(1). <https://doi.org/10.1007/s40866-021-00123-w>
- Motta, S., Aro, M., Evens, C., Hentunen, A., & Ikäheimo, J. (2021). A COST-BENEFIT ANALYSIS OF LARGE-SCALE BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEMS FOR FREQUENCY MARKETS. *IET Conference Proceedings*, 2021(6), 3130–3134. <https://doi.org/10.1049/icp.2021.1470>
- Paul Ayeng'o, S., Schirmer, T., Kairies, K.-P., Axelsen, H., & Uwe Sauer, D. (2018). Comparison of off-grid power supply systems using lead-acid and lithium-ion batteries. *Solar Energy*, 162, 140–152. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.12.049>
- Rakhimov, E., Khoshimov, D., Sultonov, S., Jamoldinov, F., Imyaminov, A., & Omonov, B. (2024). Battery technologies: Exploring different types of batteries for energy storage. *BIO Web of Conferences*, 84. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248405034>
- Ranjith Kumar, R., Bharatiraja, C., Udhayakumar, K., Devakirubakaran, S., Sekar, K. S., & Mihet-Popa, L. (2023). Advances in Batteries, Battery Modeling, Battery Management System, Battery Thermal Management, SOC, SOH, and Charge/Discharge Characteristics in EV Applications. Dalam *IEEE Access* (Vol. 11). <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3318121>
- Saxena, V., Kumar, N., & Nangia, U. (2024). Computation and Optimization of BESS in the Modeling of Renewable Energy Based Framework. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 31(4), 2385–2416. <https://doi.org/10.1007/s11831-023-10046-7>
- Sredensek, K., Hadzisclimovic, M., Stumberger, B., & Seme, S. (2022). Modeling and Experimental Evaluation of Lithium Iron Phosphate Battery. *Proceedings of the 2022 IEEE 4th International Conference on Modern Electrical and Energy System, MEES 2022*. <https://doi.org/10.1109/MEES58014.2022.10005688>
- Tanaka, H., & Yamashita, K. (2010). Photovoltaics: Developments, applications, and impact. Dalam *Photovoltaics: Developments, Applications, and Impact*.
- Yoomak, S., & Ngaopitakkul, A. (2019). Feasibility Analysis of Different Energy Storage Systems for Solar Road Lighting Systems. *IEEE Access*, 7. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2926105>
- Zhang, Z., Lu, L., Li, Y., Wang, H., & Ouyang, M. (2023). Experimental Study on High-Temperature Cycling Aging of Large-Capacity Lithium Iron Phosphate Batteries. *Journal of Physics: Conference Series*, 2584(1).



- <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2584/1/012046>
- Zhao, C., Andersen, P. B., Træholt, C., & Hashemi, S. (2023). Grid-connected battery energy storage system: a review on application and integration. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 182. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113400>
- Windasari, S. (2024). Designing An Omni Wheel Robot. *Jurnal Ekselenta-Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik*, 1(1), 40-48.
- Windasari, S. (2025). Eksplorasi Berbasis Simulasi Terhadap Algoritma Pathfinding A* untuk Navigasi Berbasis Grid. *Jurnal Ekselenta-Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik*, 1(2), 14-24.
- Suwoyo, H., Abdurrohman, A., Li, Y., Adriansyah, A., Tian, Y., & Hajar, M. H. I. (2022). The Role of Block Particles Swarm Optimization to Enhance The PID-WFR Algorithm. *International Journal of Engineering Continuity*, 1(1), 9-23.
- Dama, M., & Alaydrus, M. (2019, October). Analysis of multi coils in misalignment conditions in the WPT system. In 2019 International Conference on Radar, Antenna, Microwave, Electronics, and Telecommunications (ICRAMET) (pp. 20-23). IEEE.
- Baskoro, B. (2025). Pemanfaatan IoT Sebagai Teknologi Terkini di Kehidupan Masyarakat. *Jurnal Ekselenta-Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik*, 1(1).
- Frihadi, A. (2024). Pemanfaatan IoT Sebagai Teknologi Terkini di Kehidupan Masyarakat. *Jurnal Ekselenta-Jurnal Ilmiah Fakultas Teknik*, 1(1),
- Adi Affandi Rotib (2024). Pusat Data dan Layanan Cloud Center: Jaringan Protokol dan Manajemen. *Jurnal Ekselenta-Jurnal*
- Kusumo, proba; rokhmah, a. K. (2024). Perbaikan tata letak fasilitas departemen produksi
- cv. Decorus menggunakan systematic layout planning untuk meningkatkan produktivitas dan mengurangi. *Jurnal ekselenta*, 1(1).
- Kusumo, Probo; Rokhmah, A. K. (2024). Perancangan pengembangan meja kerja pengolahan lele yang ergonomis menggunakan metode rasional. *Jurnal Ekselenta*, 1(1).
- Kusumo, Probo; Rokhmah, A. K. (2024). Perancangan pengembangan produk toolbox dengan pendekatan ergonomi dan antropometri. *Jurnal Ekselenta*, 1(1), 1-7.
- Sari, E. M., Mulyani, R., & Saepullah, a. (2024). Mengukur partnering dalam design-bid-build (dbb). *Jurnal ekselenta*, 1(1), 1-9.
- Saepullah, A. (2024). Implementasi sistem barcode terintegrasi dengan sap erp pada sistem persediaan pt al 1. *Jurnal Ekselenta*, 1(1), 1-6.
- Saepullah, A. (2024). Analisis Kecacatan Produk Pada Hasil Pengelasan Dengan Menggunakan Metode FMEA (Failure Mode Effect Analysis). *Jurnal Ekselenta*, 1(1). <https://doi.org/10.32672/jse.v7i2.3853>.
- Kusumo, P., Setyaningrum, R., & Tjahyono, R. (2022). Design of an Ergonomic Crackers Dryer to Increase Production Productivity at Rahayu Krupuk SME. *Proceedings of the 4th Asia Pacific Conference on Research in Industrial and Systems Engineering*, 31-34. <https://doi.org/10.1145/3468013.3468305>.
- Kusumo, P., Setyaningrum, R., & Tjahyono, R. (2021). Perancangan Pengereng Kerupuk "Smart Fuse Water Dryer" Yang Ergonomis Untuk Meningkatkan Produktivitas Produksi Di Ukm Rahayu Kerupuk. *Jurnal Simetris*, 12 (2).



-
- Karyadi (2011). Perancangan Sistem Pokayoke Bolt Modul Airbag Studi Kasus di Proses Shower Test Final Inspection 4W PT. Suzuki Indomobil Motor.
<https://repository.mercubuana.ac.id/id/eprint/19695>.
- Karyadi (2024). Implementasi framework PM3 sebagai alat bantu diagnostik untuk mengidentifikasi kebutuhan pengembangan organisasi PT.GBSI.
http://repository.trisakti.ac.id/usaktiana/index.php/home/detail/detail_koleksi/1/THE/th_terbit/0000000000000000052643/2013.
- Rusman Karyadi; Hetharia Dorina (2025). Quality improvement through 8D methodology: an automotive industry case study. Vol. 17 No. 1 (1-11).
<https://publikasi.mercubuana.ac.id/index.php/oe/article/view/20205>.