

PERENCANAAN BATERAI MANAJEMEN PADA SISTEM KENDARAAN LISTRIK POLTEKAD

Lukman Prasetyo¹⁾, Septian Asmaul Qavi²⁾ dan Koko Hadi Santoso³⁾

¹⁾ Politeknik Angkatan Darat Jl. Raya Anggrek, Ds Pendem, Kec Junrejo, Kota Batu,
Malang 65342, Prov Jawa Timur

E - mail : lukmanradiator88@gmail.com¹⁾ septianasmaul2@gmail.com²⁾
kokohadisantoso21100@gmail.com³⁾

Abstract: *The purpose of this research is to design a battery management system (BMS) for Poltekad electric vehicles using 4 kWh motors. This vehicle requires a complex and efficient battery system compared to the previous version. In this design, a 20S15P Phylion Lithium-ion battery with a voltage of 72V and a capacity of 45 Ah is used. The research includes determining the power, cell configuration, passive cooling system, and vehicle performance testing. The test results show that the battery is able to support vehicle operation for ± 2 hours in full condition with good efficiency, and the BMS successfully maintains the stability of the battery voltage, current, and temperature. This research is expected to have a positive impact on the development of safe, efficient, and environmentally friendly military electric vehicles. Based on the results obtained from testing and calculation, the batteries in this device are of good quality and capable of supplying the power requirements of electric vehicles.*

Keywords: *Controller Installation, Electric Power, Battery.*

Abstrak: *Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang sistem manajemen baterai (Battery management system/BMS) untuk kendaraan listrik Poltekad yang menggunakan motor berdaya 4 kWh. Kendaraan ini memerlukan sistem baterai yang kompleks dan efisien dibandingkan dengan versi sebelumnya. Dalam perancangan ini, digunakan baterai Lithium-ion Phylion berkonfigurasi 20S15P dengan tegangan 72V dan kapasitas 45Ah. Penelitian mencakup penentuan daya, konfigurasi sel, sistem pendinginan pasif, serta pengujian performa kendaraan. Hasil pengujian menunjukkan baterai mampu mendukung operasional kendaraan selama ± 2 jam dalam kondisi penuh dengan efisiensi yang baik, serta BMS berhasil menjaga kestabilan tegangan, arus, dan suhu baterai. Penelitian ini*

diharapkan dapat memberikan dampak positif dalam pengembangan kendaraan listrik militer yang aman,efisie, dan ramah lingkungan. Berdasarkan hasil yang didapatkan dari pengujian dan perhitungan, baterai pada alat ini memiliki kualitas yang baik dan mampu mensuplai kebutuhan daya pada kendaraan listrik.

Kata Kunci : Instalasi Controler, Daya listrik, Baterai

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi kendaraan listrik (*electric vehicle/EV*) menunjukkan kemajuan yang signifikan dalam beberapa tahun terakhir, hal ini dipicu karena meningkatnya kesadaran akan pentingnya penggunaan energi ramah lingkungan serta kebutuhan tentang sistem transportasi yang efisien dan hemat energi. (Alimi et al., 2022) Oleh karena itu, Politeknik Angkatan Darat (Poltekad) saat ini turut berperan dalam hal pengembangan kendaraan listrik yang digunakan untuk kepentingan militer maupun pendidikan. Penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Poltekad telah berhasil menciptakan kendaraan listrik dengan spesifikasi dasar, seperti penggunaan motor listrik berdaya menengah (3 kWh) dengan sistem manajemen baterai (*Battery Management System/BMS*) sederhana. (Hamam et al., n.d.) Namun, seiring berkembangnya kebutuhan operasional untuk meningkatkan performa kendaraan, sehingga salah satu langkah yang dilakukan yaitu dengan menambahkan kemampuan motor listrik yang lebih besar (4 kWh) yang

lebih bertenaga untuk menghasilkan kinerja yang lebih kompleks dan andal.

Penggunaan motor listrik yang lebih besar menyebabkan meningkatnya arus dan tegangan yang harus disuplai oleh sistem baterai, sehingga sistem yang lama tidak memadai untuk menjamin performa dan keamanan kendaraan listrik. (Malozyomov et al., 2024) Oleh karena itu dibutuhkan perencanaan ulang untuk sistem baterai tersebut, agar mampu dalam upaya mensuplai daya yang lebih efisien dan baterai dapat bekerja lebih lama. Sistem baterai yang baik pada kendaraan listrik harus mampu menyuplai beberapa parameter penting seperti tegangan, arus, selain itu juga harus mempunyai kemampuan *charger* maupun *discharger* yang baik. Selain itu juga perlu diperhatikan faktor keamanan baterai tersebut yang akan dapat membahayakan perangkat atau mengurangi efisiensi, sehingga diperlukan suatu desain sistem baterai yang tepat dan optimal untuk mendukung stabilitas sistem secara keseluruhan. (Tapaskar et al., 2024)

Berdasarkan permasalahan diatas, penelitian ini akan diarahkan pada

perancangan sistem manajemen baterai yang terintegrasi dan disesuaikan untuk kendaraan listrik Poltekad yang menggunakan motor berdaya 4 kWh. (Habib et al., 2023) pendekatan ini bertujuan menhatassi keterbatasan dan kekurangan dari penelitian sebelumnya, yang diharapkan akan dapat meningkatkan kemampuan dan efisiensi pada kendaraan listrik tersebut. Dalam pelaksanaanya, penelitian berfokus pada peningkatan kemampuan baterai dalam menyediakan kebutuhan energi pada kendaraan listrik, serta baterai mampu dalam mendistribusikan daya, sehingga baterai akan mempunyai umur pakai yang lebih panjang dan dapat mendukung kendaraan untuk bisa beroperasi secara optimal dalam berbagai kondisi medan. Sistem baterai yang dihasilkan diharapkan dapat mendukung kendaraan listrik agar tetap stabil dan aman saat digunakan di lingkungan operasional yang menuntut performa tinggi. Selain itu hasil dari penelitian ini dapat menjadi pijakan penting bagi penelitian kendaraan listrik selanjutnya yang lebih tanggu dan dapat diandalkan dalam kebutuhan militer. (Acar et al., 2024)

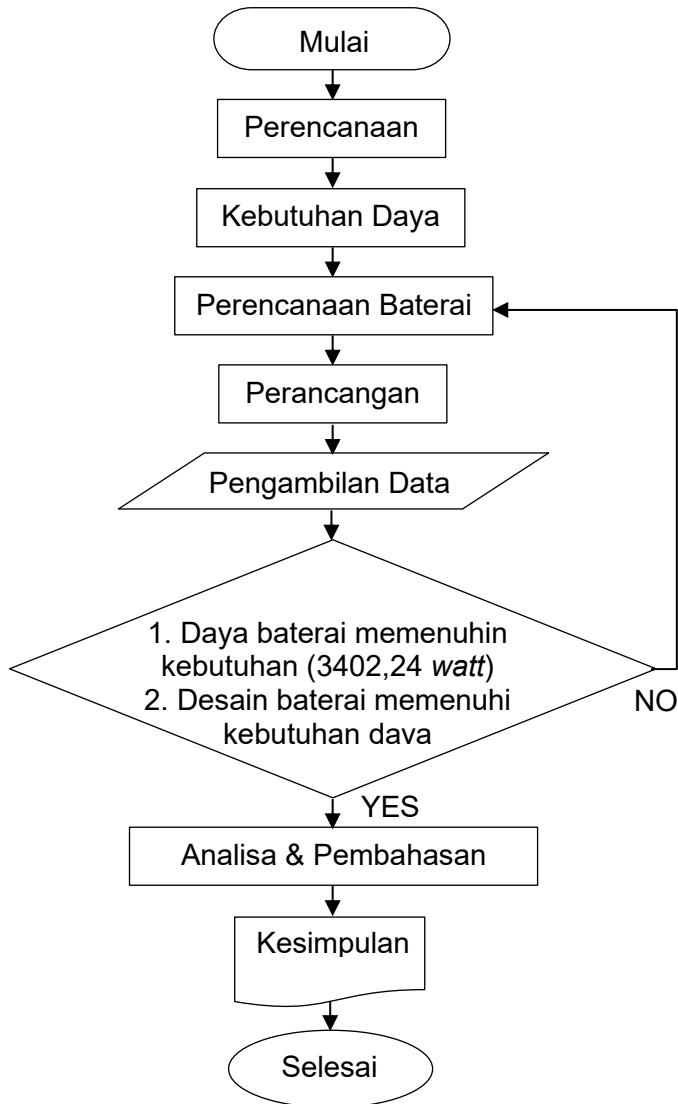
Melalui penelitian ini, diharapkan dapat tercipta sebuah sistem baterai yang mampu menjawab tantangan teknis dan operasional dari kendaraan listrik Poltekad. Selain itu, rancangan ini juga bertujuan untuk mendukung efisiensi penggunaan energi, meningkatkan keselamatan pengguna

kendaraan, serta memperpanjang umur pakai baterai yang merupakan komponen utama dan bernilai tinggi dalam sitem kendaraan listrik. Hasil penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi nyata dalam inovasi teknologi yang ramah lingkungan. (Hilal et al., 2023) Penelitian ini juga dapat dijadikan referensi untuk pengembangan sistem kendaraan listrik lainnya di lingkungan militer dan pendidikan, sekaligus memperkuat peran Poltekad sebagai pusat inovasi teknologi militer di bidang elektrifikasi kendaraan. Dengan keberhasilan ini, pengembangan kendaraan listrik Poltekad dapat terus berlanjut menuju sistem transportasi militer yang modern, efisien, dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

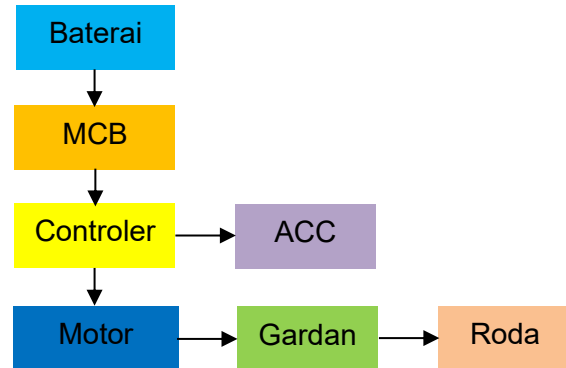
Dalam proses penelitian ini untuk memperoleh data menggunakan metode *kuantitatif*. Untuk membuktikan data *kuantitatif* dari *hipotesis* kita menggunakan metode *eksperiment*. Adapun untuk membuktikan data kuantitatif tersebut dengan menggunakan perhitungan rumus-rumus terkait sehingga hasil yang diperoleh dapat dipertanggung jawabkan. Adapun variabel yang dipakai adalah variabel bebas dan variabel terikat. Studi literatur ini dipelajari tentang baterai, daya motor, kapasitas baterai dan cara pengisiannya. Pemilihan jenis baterai didasari pada kapasitas, berat, yang digunakan adalah baterai *PhyLion*.

Menghitung kapasitas baterai dilaksanakan dengan cara menjumlahkan semua daya beban dari penggunaan motor listrik dan *accecoris* yang dipakai pada kendaraan listrik Poltekad pada saat berjalan.



Gambar 1. Flowchart Metode Penelitian.

Cara kerja sistem baterai pada kendaraan listrik Poltekad.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem Kerja Baterai

HASIL PENELITIAN

Pada hasil pengujian alat dan pengambilan data tersebut akan diolah oleh peneliti berdasarkan metode penelitian yang digunakan sehingga mendapatkan rancangan alat sesuai yang diharapkan.

1. Perencanaan Daya

Sistem tenaga utama terdiri atas baterai, motor BLDC, konektor, dan sistem manajemen baterai (BMS). Perencanaan ini meliputi analisis beban, efisiensi sistem, dan waktu operasi yang diharapkan. Motor BLDC yang digunakan memiliki daya sebesar 4 kW, yang menjadi acuan utama untuk menentukan total kebutuhan energi pada kendaraan listrik Poltekad.

2. Perhitungan performa kendaraan

Kendaraan mampu mengatasi hambatan-hambatan yang terjadi untuk

percepatan kendaraan (F_a), hambatan gulir (F_{rr}), gaya yang dibutuhkan diantaranya gaya yang mengatasi hambatan aerodinamis (F_{aero}).

a. Menghitung daya motor pada jalan datar.

1) Menghitung hambatan gulir menggunakan massa 750 kg dan percepatan gravitasi $9,81 \text{ m/s}^2$, serta koefisien hambatan gulir (μ_{rr}) sebesar 0,012.

$$F_{rr} = m (\text{massa}) \times g (\text{percepatan gravitasi}) \times \mu_{rr}$$

$$= 750 \times 9,81 \times 0,012$$

$$= 88,29 \text{ N}$$

2) Menghitung hambatan aerodinamis, kendaraan berinteraksi dengan udara saat bergerak, (ρ) densitas udara, (C_d) koefisien drag, (A) luas penampang, (V^2) kecepatan kendaraan.

$$F_{aero} = \frac{1}{2} \times \rho \times C_d \times A \times V^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 1,225 \times 0,3 \times 1,3 \times (13,89)^2$$

$$= 36,18 \text{ N}$$

3) Menghitung total gaya traksi

$$F_{total} = F_{rr} + F_{aero}$$

$$= 88,29 + 36,18$$

$$= 124,47 \text{ N}$$

4) Menghitung daya yang dibutuhkan kendaraan, Daya ($P_{kendaraan}$) dapat dihitung menggunakan total gaya traksi (F_{total}), (V) kecepatan kendaraan.

$$P_{kendaraan} = F_{total} \times V$$

$$= 124,47 \times 13,89 \text{ m/s}$$

$$= 1728,79 \text{ W}$$

5) Menghitung daya input

$$P_{input} = \frac{P_{kendaraan}}{\eta_{total}}$$

$$= \frac{1728,79}{0,9 \cdot 0,9}$$

$$= 213,30 \text{ W}$$

b. Menghitung daya motor pada jalan tanjakan 30° .

1) Menghitung hambatan gulir pada tanjakan berat kendaraan (W) = $m \cdot g \cdot \mu_{rr} \cdot \cos(\theta)$

Dimana :

$$M = 750 \text{ kg}$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$W = 750 \cdot 9,81 \cdot 0,012 \cdot 30^\circ$$

$$= 76,46 \text{ N}$$

2) Gaya gravitasi untuk mengatasi pada jalan tanjakan

$$F_{gravitasi} = W \cdot \sin(\theta)$$

$$F_{gravitasi} = 76,46 \cdot \sin(30^\circ)$$

$$= 76,46 \cdot 0,5$$

$$= 38,23 \text{ N}$$

3) Menghitung kecepatan dalam meter per detik

$$v = \frac{10 \text{ km}}{\text{jam}} = \frac{10.1000}{3600} = 2,78 \text{ m/s}$$

4) Menghitung daya yang diperlukan

$$P_{kendaraan} = F_{total} \cdot v$$

$$P_{kendaraan} = 3678,75 \cdot 2,78$$

$$= 1022,69 \text{ watt} = 1,02269 \text{ kW}$$

c. Data daya aksesoris

No	Aksesoris	Daya (Watt)
1	Pompa radiator	10,8
2	Kipas Radiator	45,6
3	Lampu Kota	14,4
4	Lampu Pendek	33,6
5	Lampu Jauh	67,2
6	Lampu Belakang	12
7	Lampu Sen Kiri	7,2
8	Lampu Sen Kanan	10,8
Total		201,6

Tabel 1. Data daya aksesoris

d. Menghitung daya total yang dibutuhkan.

$$P_{total} = P_{kendaraan} + P_{aksesoris}$$

$$P_{total} = 2,1343 + 0,2$$

$$= 2334,3 \text{ watt}$$

e. Menghitung kapasitas baterai, kendaraan listrik Poltekad didesain dapat menempuh jarak sebesar 2,4 km dengan kecepatan 10 km/jam pada

jalan tanjakan 30° atau dapat menempuh jarak 56 km dengan kecepatan 40 km/jam pada jalan mendatar. Jika diketahui waktu yang dibutuhkan untuk menempuh jarak 56 km pada jalan datar dengan kecepatan 40 km/jam maka,

$$t = \frac{S}{v}$$

$$= \frac{56 \text{ km}}{40 \text{ km/jam}} = 1,4 \text{ jam}$$

maka kapasitas baterai (E) yang dibutuhkan adalah

$$E = P_{total} (40 \text{ km/jam, datar}) \cdot t$$

$$= 2334,3 \cdot 1,4$$

$$= 3,268 \text{ kWh}$$

f. Rancangan sistem baterai

1) Menentukan jumlah seri

$$N_8 = \frac{V_{total}}{v_{cell}} = \frac{72}{3,6} = 20$$

2) Menentukan jumlah sel paralel (N_p)

$$N_8 = \frac{3,268}{1000} = \frac{46}{3} = 15$$

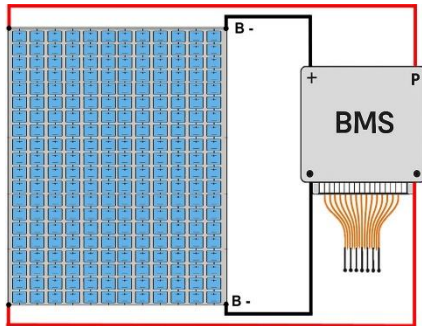
3) Menentukan jumlah total sel (N_{total})

$$N_{total} = N_s \times N_p = 20 \times 15$$

$$= 300 \text{ sel}$$

4) Desain Baterai

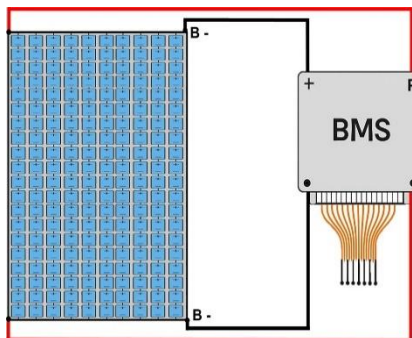
a) Gambar baterai pertama



Gambar 3. Rancangan Sistem Baterai

72 Volt 24 Ah

b) Gambar baterai kedua



Gambar 4. Rancang Sistem Baterai 72

Volt 20 Ah

g. Usia baterai

Usia baterai sangat bergantung pada siklus pengisian-pengosongan, kedalaman pengosongan (*Depth of Discharger/DoD*), suhu operasi, dan efisiensi sistem pengisian. Baterai *Lithium-ion* yang digunakan pada sistem ini secara teoritis memiliki umur hingga ± 500 -1000 siklus pada DoD, dapat dihitung dengan rumus :

1) Energi dan penggunaan

Jika kendaraan listrik Poltekad digunakan setiap hari dan menghabiskan :

- a) DoD 100% = 3,24 kWh/hari
- b) DoD 80% = 2,59 kWh/hari
- c) DoD 50% = 1,62 kWh/hari
- d) DoD 30% = 0,97 kWh/hari

2) Siklus vs DoD (*Lithium-ion*)

Deoth of Discharge (DoD)	Estimasi Siklus Hidup	Total Energi Selama Umur Baterai (kWh)
100%	± 500 siklus	$500 \times 3,24 = 1620$ kWh
80%	± 800 siklus	$800 \times 2,59 = 2072$ kWh
50%	± 1200 siklus	$1200 \times 1,62 = 1944$ kWh
30%	± 2000 siklus	$2000 \times 0,97 = 1940$ kWh

Tabel 2. Siklus vs DoD (*Lithium-ion*)

3) Usia (Tahun) Berdasarkan Frekuensi Pemakaian

DoD (%)	Energi Harian	Jumlah Siklus	Estimasi Usia (Tahun)
---------	---------------	---------------	-----------------------

100%	3,24 kWh	500	500 / 365 = 1,37 Tahun
80%	2,59 kWh	800	800 / 365 = 2,19 Tahun
50%	1,62 kWh	1200	1200 / 365 = 3,29 Tahun
30%	0,97 kWh	2000	2000 / 365 = 5,48 Tahun

Tabel 3. Usia Baterai

3) Menghitung usia baterai

Berdasarkan tabel 3 usia baterai kita dapat menghitung berapa usia baterai dengan rumus:

$$Usia (Tahun) = \frac{siklus}{365 \frac{hari}{tahun}} = tahun$$

$$= \frac{2000}{365 \text{ hari/tahun}} = 5,48 \text{ tahun}$$

Dari perhitungan tersebut dapat diketahui bahwa baterai kendaraan Poltekad dapat digunakan dengan batas waktu kurang lebih 5,48 tahun, dengan energi harian yang dipakai sebesar 0,97 kWh dan siklus 30%.

h. Hasil uji

1) Daya motor listrik

Selenoit	RPM	Tegangan (Volt)	Arus (Ampere)	Daya (Watt)	Suhu (°C)	Kecepatan (Km/jam)
1	2	3	4	5	6	7
20%	2705	75,7	29,1	2202,87	44	20
40%	2860	75,9	32,4	2460,72	59	20
60%	2995	76,3	36,1	2757,03	53	35
80%	3120	76,6	39,6	3030,36	56	40

Tabel 4. Data Hasil Pengujian Pada Jalan Datar.

Tabel 4 menyajikan hasil pengujian performa motor listrik pada kendaraan listrik Poltekad dengan beban 750 kg yang diuji di kondisi jalan datar, tanpa adanya sistem pendingin tambahan seperti sirkulasi air. Variasi selenoit yang diterapkan dari 20% hingga 80% menunjukkan respons linier terhadap parameter kinerja motor, seperti RPM, arus, daya, dan suhu. Seiring meningkatnya *selenoit*, RPM naik dari 2705 ke 3120, yang mencerminkan peningkatan kecepatan putaran motor untuk memenuhi kebutuhan daya kendaraan. Tegangan motor juga menunjukkan kenaikan yang konsisten dari 75,7 V menjadi 76,6 V, meskipun perubahan ini relatif kecil. Sementara itu, arus

meningkat signifikan dari 29,1 A menjadi 39,6A, yang menandakan meningkatnya kebutuhan energi listrik untuk mengatasi beban kendaraan.

2) Daya aksesoris

NO	Aksesoris	(I)	(V)	(Watt)
1	Pompa Radiator	0,9	12	10,8
2	Kipas Radiator	3,8	12	45,6
3	Lampu Kota	1,2	12	14,4
4	Lampu Pendek	2,8	12	33,6
5	Lampu Jauh	5,6	12	67,2
6	Lampu Belakang	1	12	12
7	Lampu Sen Kiri	0,6	12	7,2

8	Lampu Sen Kanan	0,9	12	10,8
9	Klakson	1	12	12
10	Lampu Mundur	0,7	12	16,8
Total				230,4

Tabel 5. Pengambilan data daya aksesoris

3) Menghitung Konsumsi daya total

Konsumsi daya total yang dibutuhkan pada kendaraan listrik Poltekad saat berjalan di jalan datar dengan kecepatan konstan 40 km/jam dapat dilihat dengan hasil data dari tabel 4 dan 5, setelah didapatkan daya total (P_{total}) sebagai berikut:

$$P_{total} = P_{motor} + P_{aksesoris}$$

$$P_{total} = 3030,36 + 230,4 \\ = 3260,76 \text{ watt}$$

PEMBAHASAN

Berdasarkan pengujian dan analisis yang telah dilakukan terhadap konfigurasi sistem, performa manajemen baterai, serta efisiensi operasional, diperoleh beberapa poin penting yang dapat dirangkum sebagai berikut:

1. Kebutuhan Daya

Untuk mencapai performa optimal kendaraan listrik Poltekad yang

menggunakan motor listrik berdaya besar, diperlukan analisis mendalam terhadap spesifikasi teknis dan kebutuhan operasional. Hal ini mencakup evaluasi terhadap karakteristik motor listrik dan pengaruhnya terhadap daya yang dibutuhkan dalam berbagai kondisi penggunaan.

2. Perancangan Sistem Baterai

Desain sistem baterai harus sesuai dengan kebutuhan daya kendaraan, dengan mempertimbangkan kapasitas, tegangan, dan arus kerja. Pemilihan material dan teknologi baterai yang tepat sangat berpengaruh terhadap efisiensi dan keandalan sistem. Dalam hal ini penting untuk memastikan bahwa baterai dapat mendukung kinerja kendaraan dalam durasi yang diinginkan.

3. Desain Baterai Dengan Kebutuhan Operasional

Desain baterai yang dirancang harus mampu memenuhi kebutuhan operasional kendaraan dalam berbagai skenario penggunaan militer. Evaluasi terhadap kinerja baterai dalam kondisi nyata di lapangan sangat penting untuk memastikan bahwa sistem dapat berfungsi secara optimal dalam situasi yang beragam.

PENUTUP

Berdasarkan perhitungan dan pembahasan yang telah dilakukan pada perencanaan baterai manajemen pada sistem kendaraan listrik Poltekad terhadap kekurangan dan permasalahan yang harus diperbaiki, penulis perlu memberikan saran bahwa untuk menerapkan sistem monitoring

untuk memantau kesehatan baterai secara *real-time*. Pemeliharaan berkala untuk perlu dilakukan untuk memastikan semua komponen berfungsi dengan baik dan untuk mendeteksi masalah sebelum menjadi lebih besar. Dengan langkah-langkah tersebut diharapkan kendaraan listrik Poltekad tidak hanya mampu beroperasi dengan baik, tetapi juga dapat beradaptasi dengan kebutuhan yang berkembang dalam konteks penggunaan militer dan sipil.

DAFTAR PUSTAKA

- Acar, E., Jain, N., Ramu, P., Hwang, C., & Lee, I. (2024). A survey on design optimization of battery electric vehicle components, systems, and management. In *Structural and Multidisciplinary Optimization* (Vol. 67, Issue 3, pp. 1–34). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH.
<https://doi.org/10.1007/s00158-024-03737-7>
- Alimi, A., Assaker, I. Ben, Mozaryn, J., Ávila-Brandé, D., Castillo-Martínez, E., & Chtourou, R. (2022). Electrochemical synthesis of MnO₂/NiO/ZnO trijunction coated stainless steel substrate as a supercapacitor electrode and cyclic voltammetry behavior modeling using artificial neural network. *International Journal of Energy Research*, 46(12), 17163–17179.
<https://doi.org/10.1002/er.8380>
- Habib, A. K. M. A., Hasan, M. K., Issa, G. F., Singh, D., Islam, S., & Ghazal, T. M. (2023). Lithium-Ion Battery Management System for Electric Vehicles: Constraints, Challenges, and Recommendations. In *Batteries* (Vol. 9, Issue 3, pp. 1–24). MDPI.

- <https://doi.org/10.3390/batteries9030152>
- Hamam, M., Djunaedi, E., Angkatan Darat, P., Tni, K. A., Raya Anggrek Sekar Putih Desa Pendem Kecamatan Junrejo, J., Batu, K., & Timur, J. (n.d.). RANCANG BANGUN SISTEM SUSPENSI DOUBLE WISHBONE PADA WIKAN ELECTRIC TACTICAL VEHICLE. In *Short title of journal. ISSN: ...* (Vol. 5). Oktober.
- Hilal, Y. N., Muliandhi, P., & Ardina, E. N. (2023). ANALISA BALANCING BMS (BATTERY MANAGEMENT SYSTEM) PADA PENGISIAN BATERAI LITHIUM-ION TIPE INR 18650 DENGAN METODE CUT OFF. *Jurnal SIMETRIS*, 14(2), 367–373.
- Malozyomov, B. V., Martyushev, N. V., Kukartsev, V. V., Konyukhov, V. Y., Oparina, T. A., Sevryugina, N. S., Gozbenko, V. E., & Kondratiev, V. V. (2024). Determination of the Performance Characteristics of a Traction Battery in an Electric Vehicle. *World Electric Vehicle Journal*, 15(2), 1–22.
<https://doi.org/10.3390/wevj15020064>
- Tapaskar, R. P., Revankar, P. P., & Ganachari, S. V. (2024). Advancements in Battery Management Systems for Electric Vehicles: A MATLAB-Based Simulation of 4S3P Lithium-Ion Battery Packs. *World Electric Vehicle Journal*, 15(6), 1–26.
<https://doi.org/10.3390/wevj15060222>