

## **Implementation of Conventional Motorcycle Conversion into Electric Motorcycle Using BLDC Motor and LiFePO4 Battery**

### **Implementasi Konversi Sepeda Motor Konvensional Menjadi Sepeda Motor Listrik dengan Motor BLDC dan Baterai LiFePO4**

Miftahuddin Ramadhan<sup>1</sup>, Dwi Sudarno Putra<sup>1,2,3\*</sup>, Wawan Purwanto<sup>1,3</sup>, M. Yasep Setiawan<sup>1,2,3</sup>, Muslikhin<sup>4</sup>

#### **Abstract**

*The high level of air pollution is partly triggered by emissions from fossil-fuel-powered vehicles. Therefore, the presence of environmentally friendly vehicles is greatly needed. On the other hand, the availability of conventional vehicles cannot be immediately eliminated. One alternative is to convert conventional vehicles into electric vehicles. This study aims to assess and implement the process of converting conventional motorcycles into electric motorcycles as a more environmentally friendly transportation solution. The main components used are several parts from conventional motorcycles, a BLDC electric motor as the main drive, an electronic control unit, and a LiFePO4 battery as the energy source. The study was conducted using the R&D method. The result of the study is the creation of a converted electric motorcycle with a 3KW BLDC hub motor and a 48V 15 Ah LiFePO4 battery, with an average range of 30 km per full battery charge and a maximum speed of 56.7 km/h.*

#### **Keywords**

*Electric vehicle conversion, Electric Motorcycle, BLDC Motor, LiFePO4 Battery.*

#### **Abstrak**

Tingginya polusi udara salah satunya dipicu oleh emisi gas buang kendaraan berbahan bakar fosil. Oleh karenanya kehadiran akan kendaraan yang ramah lingkungan sangat dibutuhkan. Di lain sisi, ketersediaan kendaraan konvensional tidak bisa langsung dihilangkan. Salasatu alternatifnya adalah melakukan konversi dari kendaraan konvensional menjadi kendaraan listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji dan mengimplementasikan proses konversi sepeda motor konvensional menjadi sepeda motor listrik sebagai solusi transportasi yang lebih ramah lingkungan. Komponen utama yang digunakan adalah beberapa part dari sepeda motor konvensional, motor listrik BLDC sebagai penggerak utama, unit pengendali elektronik dan baterai jenis LiFePO4 sebagai sumber energi. Penelitian dilakukan dengan metode R & D. Hasil penelitian berupa terwujudnya sebuah sepeda motor listrik konversi dengan motor hub BLDC 3KW dan baterai Lifepo4 48V 15 Ah, dengan kemampuan jarak tempuh rata-rata 30 Km sekali pengisian full baterai dan kecepatan maksimum 56,7 Km/Jam.

#### **Kata Kunci**

Konversi kendaraan listrik, Sepeda Motor Listrik, Motor BLDC, Baterai LiFePO4.

<sup>1</sup> Departemen Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang

<sup>2</sup> Ceper Centre for Energy and Power Electronics Research (CEPER)

<sup>3</sup> Pusat Riset Mobil Hemat Energi (PRIME)

Jl. Prof Dr Hamka, Kampus UNP Air Tawar, Padang, Sumatera Barat

<sup>4</sup> Program Studi Pendidikan Teknik Elektronika, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta

Kompleks Fakultas Teknik, Kampus UNY Karangmalang, Yogyakarta, 55281

\* [dwisudarnoputra@ft.unp.ac.id](mailto:dwisudarnoputra@ft.unp.ac.id)

Submitted : July 24, 2024. Accepted : October 12, 2024. Published : October 13, 2024.

## PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi kendaraan listrik saat ini semakin pesat dan mendapat perhatian luas dari berbagai kalangan, baik anak muda maupun orang tua [1]. Kendaraan listrik menawarkan solusi ramah lingkungan dengan mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil dan mengurangi emisi gas buang yang merusak lingkungan [2], [3]. Teknologi kendaraan listrik telah berkembang sejak lebih dari seratus tahun lalu, dan pada awalnya lebih populer dibandingkan dengan kendaraan berbahan bakar minyak [4]. Tokoh-tokoh seperti Davenport, Edison, dan Plante memainkan peran penting dalam sejarah perkembangan kendaraan listrik [5].

Kendaraan listrik berperan penting dalam kehidupan sehari-hari, baik sebagai alat transportasi manusia maupun untuk memindahkan barang dari satu tempat ke tempat lain [6]. Konversi sepeda motor konvensional menjadi sepeda motor listrik mencerminkan evolusi teknologi transportasi yang semakin ramah lingkungan dan efisien [7]. Konversi ini dilakukan sebagai respons terhadap kebutuhan untuk mengurangi polusi udara, ketergantungan pada bahan bakar fosil, serta meningkatkan efisiensi energi dalam sistem transportasi [8].

Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor PM 65 Tahun 2020 tentang Konversi Sepeda Motor Dengan Penggerak Motor Konvensional Menjadi Sepeda Motor Listrik Berbasis Baterai mendorong masyarakat untuk berlomba-lomba merancang dan membangun sepeda motor listrik yang ramah lingkungan [9]. Motor listrik memiliki efisiensi energi yang lebih tinggi dibandingkan mesin pembakaran internal, dengan efisiensi lebih dari 85% hingga 90%, sedangkan mesin pembakaran internal hanya sekitar 25% hingga 40%.

Kendaraan listrik menggunakan tenaga listrik sebagai tenaga penggerakannya, menggantikan bahan bakar fosil. Jenis-jenis kendaraan listrik meliputi *Battery Electric Vehicle* (BEV), *Hybrid Electric Vehicle* (HEV), *Plug-in Hybrid Electric Vehicle* (PHEV), dan *Fuel Cell Electric Vehicle* (FCEV) [10]. Keuntungan kendaraan listrik termasuk biaya operasional yang lebih rendah, respons motor yang lebih cepat, dan pengurangan emisi karbon. Namun, adopsi massal masih menghadapi tantangan seperti biaya baterai yang tinggi dan infrastruktur pengisian yang belum merata [11].

Sepeda motor listrik digerakkan oleh motor listrik dan tidak memerlukan bahan bakar minyak. Motor listrik BLDC (Brushless Direct Current) sering digunakan karena torsi yang bagus, efisiensi tinggi, dan ketahanan yang baik [12]. Selain itu, komponen utama lainnya seperti baterai *lithium-ion*, kontroler, dan sistem pengisian ulang baterai memainkan peran penting dalam kinerja sepeda motor listrik [13], [14]. Baterai LiFePO<sub>4</sub> (*Lithium Iron Phosphate*) umumnya dipilih karena umur siklus yang panjang dan risiko meledak yang rendah [15], [16]. Komponen mekanisme seperti sistem pengereman, suspensi, dan stang kemudi juga perlu diperhatikan untuk memastikan kenyamanan dan keamanan pengendara. Penggunaan komponen yang tepat dan perawatan yang baik akan meningkatkan efisiensi dan daya tahan sepeda motor listrik [17].

Konversi kendaraan adalah proses mengubah kendaraan berbahan bakar fosil menjadi kendaraan yang menggunakan energi listrik [18]. Proses ini melibatkan penggantian mesin pembakaran internal dengan motor listrik dan menambahkan komponen utama seperti baterai, kontroler, dan sistem pengisian ulang baterai [19]. Motor listrik, terutama jenis BLDC (*Brushless Direct Current*), dipilih karena efisiensinya yang tinggi, torsi yang bagus, dan ketahanan yang baik [20]. Baterai *lithium-ion*, terutama tipe *lithium iron phosphate* (LiFePO<sub>4</sub>), digunakan karena kepadatan energi yang tinggi, umur panjang, dan stabilitas termal yang baik. Kontroler mengatur aliran energi dari baterai ke motor, memastikan kinerja yang optimal dan melindungi komponen dari kondisi operasional ekstrem [21].

Konversi kendaraan konvensional menjadi kendaraan listrik menawarkan berbagai manfaat lingkungan dan ekonomi. Kendaraan listrik memiliki efisiensi energi yang lebih tinggi,

dengan motor listrik yang mampu mengonversi lebih dari 85% energi listrik menjadi gerakan mekanis, dibandingkan dengan efisiensi 25-40% pada mesin pembakaran internal [22]. Hal ini mengurangi emisi gas rumah kaca dan polusi udara, serta menurunkan biaya operasional karena listrik lebih murah daripada bahan bakar fosil [23]. Meskipun biaya awal konversi tinggi dan infrastruktur pengisian masih terbatas, regulasi yang mendukung dan perkembangan teknologi terus mendorong adopsi kendaraan listrik sebagai solusi transportasi yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan [24].

Teknologi Kendaraan Listrik telah menjadi salah satu mata kuliah di Departemen Teknik Otomotif UNP sejak 2021. Ketersediaan sarana praktikum yang memadai sangat penting untuk mendukung proses pembelajaran. Saat ini, laboratorium Departemen Teknik Otomotif baru memiliki sepeda listrik dan belum memiliki sepeda motor listrik. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sepeda motor listrik sebagai sarana media pembelajaran bagi mahasiswa dalam memahami teknologi kendaraan listrik secara lebih mendalam. Penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan pemahaman teknologi kendaraan listrik tetapi juga untuk menyediakan sarana praktikum yang memadai bagi mahasiswa Departemen Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang. Dengan demikian, mahasiswa dapat belajar langsung dari kendaraan listrik yang telah mereka rancang dan bangun sendiri.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode penelitian pengembangan (*research and development*) yang bertujuan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut [25]. Metode ini secara sengaja dan sistematis diarahkan untuk mencari, menemukan, merumuskan, memperbaiki, mengembangkan, menghasilkan, dan menguji keefektifan produk, model, metode, strategi, atau jasa tertentu [26]. Metode penelitian pengembangan digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut [27].

Model penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah model ADDIE, yang terdiri dari lima tahapan utama: *Analyze*, *Design*, *Develop*, *Implement*, dan *Evaluate* [28]. Pada tahap pertama, *Analyze* (analisis), dilakukan pengumpulan informasi mengenai kebutuhan dan masalah yang ada dalam penggunaan sepeda motor konvensional dan konversi menjadi sepeda motor listrik. Tahap ini melibatkan identifikasi masalah, pengumpulan data, dan studi literatur terkait konversi sepeda motor listrik.

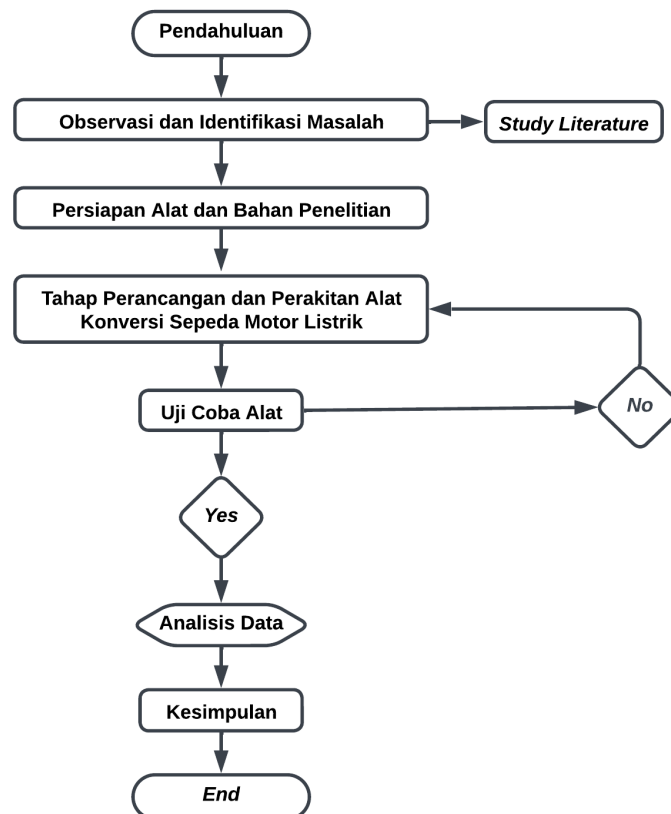
Tahap kedua, *Design* (desain), meliputi perancangan sistem konversi sepeda motor listrik yang mencakup komponen utama seperti motor listrik, baterai, kontroler, dan sistem pengisian ulang baterai. Pada tahap ini, dilakukan pembuatan desain teknis dan spesifikasi detail untuk setiap komponen yang akan digunakan.

Tahap ketiga, *Develop* (pengembangan), mencakup persiapan alat dan bahan yang dibutuhkan untuk konversi sepeda motor listrik serta merakit komponen-komponen yang telah dipilih menjadi satu kesatuan yang berfungsi sebagai sepeda motor listrik. Pada tahap ini, dilakukan pengujian awal untuk memastikan bahwa semua komponen bekerja dengan baik.

Tahap keempat, *Implement* (implementasi), melibatkan uji coba sepeda motor listrik yang telah dikonversi di berbagai kondisi jalan dan beban. Data performa seperti efisiensi energi, kecepatan, daya tahan baterai, dan kinerja keseluruhan sepeda motor listrik dikumpulkan selama tahap ini.

Tahap kelima, *Evaluate* (evaluasi), mencakup analisis data hasil uji coba untuk menilai kinerja sepeda motor listrik. Dalam menggunakan menguji daya yang dihasilkan digunakan *Joule Meter*. Hasil analisis ini digunakan untuk menyusun laporan penelitian yang mencakup kelebihan, kekurangan, dan rekomendasi untuk pengembangan lebih lanjut.

Diagram alir penelitian ([Gambar 1](#)) menggambarkan alur kerja dari awal hingga akhir proses konversi sepeda motor listrik. Tahapan-tahapan dalam kerangka konseptual meliputi observasi dan identifikasi masalah, studi literatur, persiapan alat dan bahan, perancangan dan perakitan, uji coba alat, analisis data, dan kesimpulan. Pada tahap observasi dan identifikasi masalah, peneliti mengidentifikasi masalah yang terkait dengan penggunaan sepeda motor konvensional dan kebutuhan konversi menjadi sepeda motor listrik. Tahap studi literatur dilakukan untuk memahami teori dan teknologi yang ada terkait dengan konversi sepeda motor listrik. Tahap persiapan alat dan bahan melibatkan persiapan semua peralatan dan bahan yang dibutuhkan untuk konversi sepeda motor listrik.



[Gambar 1](#). Diagram alir penelitian

Tahap perancangan dan perakitan melibatkan perancangan sistem konversi yang efisien dan perakitan komponen-komponen menjadi satu kesatuan yang berfungsi sebagai motor listrik. Pada tahap ini, kami merancang sistem konversi sepeda motor listrik yang mencakup komponen utama seperti motor listrik, baterai, kontroler, dan sistem pengisian ulang baterai.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Rancangan dan Desain

Sepeda motor konversi dirancang menggunakan rangka utama dari sepeda motor Honda Kijang S90. [Gambar 2](#) menunjukkan bentuk awal dari sepeda motor konvensional yang akan dikonversi. Dari sepeda motor tersebut yang akan digunakan adalah bagian rangkanya. Beberapa komponen lain digunakan komponen sepeda motor yang lain, disesuaikan dengan desain bentuk yang dirancang.



**Gambar 2.** Honda Kijang S90

Selanjutnya peneliti membuat rancangan dan desain dari sepeda motor listrik menggunakan software CAD. Desain ini membantu memvisualisasikan penempatan dan integrasi komponen-komponen tersebut dalam sepeda motor, memastikan efisiensi dan efektivitas konversi. Berikut ditampilkan desain ditampikan pada [Gambar 3](#).



**Gambar 3.** Desain Motor Listrik Konversi

Adapun rancangan bahan yang digunakan dalam membangun sepeda motor listrik ini seperti dirincikan pada [Tabel 1](#).

**Tabel 1.** Rancangan Komponen Sepeda Motor Listrik konversi

No	Komponen	Spesifikasi
1	Rangka	Honda S90.
2	Sistem pengereman	Pengereman cakram Honda Supra X 125.
3	Suspensi depan	Suspensi Kawasaki ninja RR.
4	Suspensi belakang	Suspensi belakang Honda MegaPro.
5	Velg depan	Velg depan Yamaha mio.
6	Baterai	LifePo4 48 V, 1500 Watt.
7	Motor Listrik	In Wheel / Hub-Motor BLDC 3000 W/48V
8	Controller set	BLDC Controller set 48V/3KW
9	Swing Arm	Swing Arm Supra X 125
10	Stang kemudi	Stang kemudi Kawasaki ninja RR
11	Lampu depan	Custom
12	Lampu belakang	Custom
13	Lampu sein	Custom
14	Klakson	Custom
15	Sadel	Jok custom

### Proses Pembuatan dan Perakitan Sepeda Motor Listrik

Dari bahan yang sudah disiapkan peneliti melakukan beberapa hal terkait dengan penyesuaian desain dan penempatan baterai dan controller. Secara umum hal yang peneliti lakukan dalam proses pembuatan adalah:

1. Modifikasi swing arm, dilakukan untuk menyesuaikan posisi shock-absorber belakang dan juga ukuran motor listrik yang digunakan ([Gambar 4](#)).
2. Pembuatan tempat baterai, dibuat sesuai ukuran baterai yang digunakan ([Gambar 5](#)).
3. Pembuatan tempat controller, ditempatkan di area tangki bahan bakar ([Gambar 6](#)).
4. Pembuatan pijakan kaki, masih difokuskan untuk pijakan kaki pengendara ([Gambar 7](#)).
5. Proses pengecatan ulang karena ada penambahan dan modifikasi pada rangka utama menyesuaikan desain yang direncanakan ([Gambar 8](#)).
6. Perakitan semua komponen sehingga menjadi sebuah motor listrik sesuai desain ([Gambar 9](#)).



[Gambar 4](#). Modifikasi swing arm



[Gambar 5](#). Pembuatan tempat baterai



Gambar 6. Pembuatan tempat kontrollor



Gambar 7. Pembuatan pijakan kaki pengendara



Gambar 8. Proses pengecatan ulang



Gambar 9. Proses perakitan

### Pengujian Sepeda Motor Listrik Konversi

Setelah melalui semua proses di atas, Gambar 10 merupakan bentuk akhir dari sepeda motor listrik hasil konversi. Bobot sepeda motor listrik hasil konversi ini adalah 62 kg, yang lebih berat dibandingkan dengan beberapa model sepeda motor listrik lainnya yang memiliki berat sekitar 50 kg. Berat tambahan ini disebabkan oleh penggunaan komponen yang lebih kuat dan tahan lama, yang dapat berkontribusi pada umur panjang kendaraan serta kemampuannya untuk menahan kondisi jalan yang lebih berat.



Gambar 10. Sepeda Motor Listrik Hasil Konversi

Beberapa aspek pengujian dilakukan untuk mengetahui beberapa indikator performa motor listrik yang telah dibuat. Tabel 2 merupakan hasil pengujiannya.

Tabel 2. Hasil Pengujian

No	Uji Ke	Waktu Pengisian	Baterai awal	Baterai akhir	Maksimum Speed	Jarak Tempuh
1	1	7 Jam	Penuh	Kosong	54.2 km/j	30 Km
2	2	7 Jam	Penuh	Kosong	56.7 km/j	29 Km
3	3	7 Jam	Penuh	Kosong	55.6 km/j	31 Km
Rerata					55.5 km/j	30 Km

## Pembahasan

Implementasi proses konversi kendaraan konvensional menjadi kendaraan listrik berhasil dilakukan pada penelitian ini. Sepeda motor hasil konversi memiliki spesifikasi motor penggerak BLDC 3000 Watt atau 3KW, nilai ini jika dikonversi ke dalam satuan daya HorsePower (1 HP=746 Watt), maka 3KW setara dengan 4.02 HP. Spesifikasi baterai yang digunakan adalah baterai LiFePO4 48Volt 15Ah yang berarti memiliki tegangan 48 Volt DC dan mampu mensuplai arus sebesar 15 Amper selama 1 Jam.

Pemilihan baterai LiFePO4 ini didasarkan beberapa kelebihan yang dimiliki diantaranya: umur panjang hingga 2000-5000 siklus pengisian, stabilitas termal yang lebih tinggi, yang membuatnya lebih aman dan tidak mudah meledak atau terbakar, dan ramah lingkungan karena tidak mengandung logam beracun seperti kobalt dan nikel. Selain itu, baterai ini terus memberikan daya yang konsisten sepanjang siklus penggunaannya dan mampu bekerja pada suhu yang sangat tinggi.

Metode pengecasan yang peneliti lakukan adalah menggunakan charger DC 48 V/2 A. Sehingga waktu pengecasan secara matematis dapat dihitung dengan persamaan (1).

$$\text{waktu pengisian} = \frac{\text{Kapasitas Baterai (Ah)}}{\text{Arus Pengisian (A)}} = \frac{15}{2} = 7,5 \text{ h} \quad (1)$$

Dalam prakteknya peneliti memilih untuk melakukan pengecasan selama 7 jam untuk alasan safety agar tidak terjadi over-charging.

Dari spesifikasi baterai maka total energi yang dimiliki baterai dapat dihitung dengan persamaan (2)

$$\text{Total energi (P)} = \text{Tegangan (V)} \times \text{Arus (I)} = 48 \text{ V} \times 15 \text{ Ah} = 720 \text{ Wh} \quad (2)$$

Jika biaya setiap 1KWh listrik adalah Rp. 1500 maka baterai hanya membutuhkan biaya isi ulang energi sebesar Rp.1080. Dari [Tabel 2](#), jika jarak tempuh yang dapat dilewati dalam sekali pengecasan rerata mencapai 30 Km maka dapat diartikan perjalanan sejauh 30 Km hanya membutuhkan biaya sebesar Rp.1080.

Hasil penelitian ini memperkuat pandangan bahwa kendaraan listrik, khususnya sepeda motor listrik, dapat menjadi solusi efektif untuk transportasi yang lebih ramah lingkungan. Penelitian sebelumnya juga mendukung hal ini, di mana efisiensi tinggi dari motor BLDC dikaitkan dengan torsi yang kuat dan konsumsi daya yang rendah, yang juga terlihat pada penelitian ini [\[14\]](#).

Namun, hasil dari penelitian ini juga harus mempertimbangkan tantangan yang dihadapi dalam konversi sepeda motor listrik [\[29\]](#). Jarak tempuh sepeda motor listrik hasil konversi yang hanya mencapai 30 km per pengisian baterai menunjukkan bahwa meskipun efisiensi energi tinggi, ada kebutuhan untuk meningkatkan kapasitas baterai atau mengoptimalkan konsumsi daya untuk meningkatkan jarak tempuh [\[30\]](#). Bahwa inovasi dalam desain dan penggunaan baterai yang lebih efisien sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan pengguna yang lebih luas, terutama bagi mereka yang membutuhkan jarak tempuh yang lebih panjang.

Diskusi ini juga menyoroti pentingnya perbaikan teknis dalam integrasi sistem kelistrikan sepeda motor listrik. Kendala yang ditemukan dalam penelitian ini, seperti konektivitas terminal dan integrasi fitur maju-mundur, menunjukkan bahwa ada aspek-aspek teknis yang masih perlu diperbaiki agar sistem dapat berfungsi dengan lebih optimal. Hal ini juga sejalan dengan temuan dalam penelitian sebelumnya, yang menemukan bahwa pengoptimalan konsumsi daya sangat bergantung pada desain dan integrasi komponen kelistrikan yang tepat [\[30\]](#).

Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa konversi sepeda motor konvensional menjadi sepeda motor listrik adalah solusi yang praktis dan berkelanjutan untuk

transportasi di masa depan. Namun, untuk mencapai potensi penuh dari teknologi ini, diperlukan penelitian lebih lanjut dan inovasi dalam hal peningkatan jarak tempuh, optimalisasi sistem kelistrikan, dan penyempurnaan teknis lainnya. Dukungan dari pemerintah dan industri juga penting untuk mempercepat adopsi kendaraan listrik dan mengatasi tantangan yang ada, seperti yang disarankan oleh berbagai penelitian terdahulu.

### SIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa konversi sepeda motor konvensional menjadi sepeda motor listrik telah berhasil dilakukan. Sepeda motor listrik hasil konversi ini juga menunjukkan performa yang baik dengan kecepatan maksimum rerata sebesar 55,5 km/jam dengan jarak tempuh rerata sekitar 30 km setiap sekali pengisian penuh baterai. Secara keseluruhan, konversi ini menawarkan solusi transportasi yang lebih ramah lingkungan dan dapat menjadi model untuk pengembangan kendaraan listrik di masa depan.

Dengan waktu pengecasan yang lama dan jarak tempuh yang masih terbatas maka untuk selanjutnya penelitian dapat diarahkan pada peningkatan kapasitas baterai untuk memperpanjang jarak tempuh.

### DAFTAR RUJUKAN

- [1] I. K. M. Lestyningrum, A. Trisiana, D. A. Safitri, Supriyanti, A. Y. Pratama, dan T. P. Wahana, *Pendidikan Global Berbasis Teknologi Digital di Era Milenial*. Unisri Press, 2022.
- [2] T. Attallasyah dkk., "Karakterisasi untuk Kerja Mesin Diesel Generator Set Sistem Dual Fuel Menggunakan Gas Hasil Gasifikasi dan Minyak Solar," *Jurnal Majemuk*, vol. 3, no. 1, Art. no. 1, Jan 2024.
- [3] R. Anastasya dan S. B. Putri, "SDGs 7: Efektivitas Program Penggunaan Bus Listrik Guna Mendorong Transportasi Publik Ramah Lingkungan," *Journal of Environmental Economics and Sustainability*, vol. 1, no. 3, hlm. 13–13, Jun 2024, doi: 10.47134/jees.v1i3.343.
- [4] M. Faturrochman dan T. H. Yaasiin, "Efektivitas Subsidi Kendaraan Listrik terhadap Perkembangan Industri Otomotif dalam Mewujudkan Program Making Indonesia 4.0," *Journal of Environmental Economics and Sustainability*, vol. 1, no. 3, hlm. 1–17, Jun 2024, doi: 10.47134/jees.v1i3.355.
- [5] E. H. Wakefield, *History of the Electric Automobile: Battery-Only Powered Cars*. SAE International, 1993.
- [6] M. Muratori dkk., "The rise of electric vehicles—2020 status and future expectations," *Prog. Energy*, vol. 3, no. 2, hlm. 022002, Mar 2021, doi: 10.1088/2516-1083/abe0ad.
- [7] A. P. Redaputri, A. Aprinisa, dan N. A. Santoso, "Electric Motorbike Conversion Training to Reduce Pollution and Create A Friendly Environment For Society," *JURNAL CEMERLANG : Pengabdian pada Masyarakat*, vol. 6, no. 2, Art. no. 2, Jun 2024, doi: 10.31540/jpm.v6i2.2648.
- [8] W. Wagino dkk., "Eco-Friendly Motorcycle Technology: Examining the Impact of Banana Peel-Based Catalytic Converters on CO Emissions with Biogasoline Fuel," *E3S Web Conf.*, vol. 500, hlm. 03030, 2024, doi: 10.1051/e3sconf/202450003030.
- [9] "Permenhub No. PM65 Tahun 2020 Tentang Konversi Sepeda Motor Dengan Penggerak Motor Bakar Menjadi Sepeda Motor Listrik Berbasis Baterai," Database Peraturan Perundang-undangan Indonesia - [PERATURAN.GO.ID]. Diakses: 24 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://peraturan.go.id/id/permenhub-no-pm65-tahun-2020>
- [10] W. Purwanto, D. S. Putra, H. D. Saputra, Z. Abadi, Y. Nursyafti, dan T. Sugiarto, "The Invention of a Valve Skirting Device for Automobiles Utilising an Electric Motor with an AC Dimmer Setting," dalam *2023 IEEE 7th International Conference on Information*

- Technology, Information Systems and Electrical Engineering (ICITISEE)*, Nov 2023, hlm. 1–4. doi: 10.1109/ICITISEE58992.2023.10404618.
- [11] M. R. Nurpalah, H. Abdillah, dan Iskendar, “Analisis Kompetensi yang Dibutuhkan Nelayan dalam Menghadapi Perkembangan Teknologi Kapal Propulsi Listrik,” *Accurate: Journal of Mechanical Engineering and Science*, vol. 5, no. 1, Art. no. 1, Jul 2024, doi: 10.35970/accurate.v5i1.2375.
- [12] W. Purwanto, K. I. Yogandi, R. Ari Saputra, C. Ariati, D. S. Putra, dan A. Ikhsan, “Exploration of an Electrical Energy Harvesting System Utilizing the Flow of Exhaust Emissions on a Motorcycle,” dalam *2023 International Conference on Advanced Mechatronics, Intelligent Manufacture and Industrial Automation (ICAMIMIA)*, Nov 2023, hlm. 528–532. doi: 10.1109/ICAMIMIA60881.2023.10427885.
- [13] R. B. Purnama, M. A. S. Pangestu, A. A. Pamungkas, M. R. Bukhori, dan S. Riyadi, “Pengembangan Sistem Kelistrikan Motor Brushless Direct Current Speed Uwp V2.2 Kapasitas 2000 Watt,” *Journal of System Engineering and Technological Innovation (JISTI)*, vol. 1, no. 01, Art. no. 01, Apr 2022, doi: 10.38156/jisti.v1i01.10.
- [14] M. Y. Setiawan *dkk.*, “Subsonic Wind Tunnels Air Speed Control Devices Base on Arduino Controller,” *E3S Web Conf.*, vol. 500, hlm. 03026, 2024, doi: 10.1051/e3sconf/202450003026.
- [15] P. Liu, Y. Li, B. Mao, M. Chen, Z. Huang, dan Q. Wang, “Experimental study on thermal runaway and fire behaviors of large format lithium iron phosphate battery,” *Applied Thermal Engineering*, vol. 192, hlm. 116949, Jun 2021, doi: 10.1016/j.applthermaleng.2021.116949.
- [16] P. Liu *dkk.*, “Thermal runaway and fire behaviors of lithium iron phosphate battery induced by over heating,” *Journal of Energy Storage*, vol. 31, hlm. 101714, Okt 2020, doi: 10.1016/j.est.2020.101714.
- [17] D. S. Putra, S.-C. Chen, H.-H. Khong, dan F. Cheng, “Design and Implementation of a Machine-Learning Observer for Sensorless PMSM Drive Control,” *Applied Sciences*, vol. 12, no. 6, hlm. 2963, Mar 2022, doi: 10.3390/app12062963.
- [18] S. Alfarisi, I. W. Jondra, dan I. N. Sugiarta, “Perencanaan Konversi Sepeda Motor Bakar Menjadi Sepeda Motor Listrik,” 2021, Diakses: 24 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: [http://repository.pnb.ac.id/5998/1/SENTRINOV\\_PERENCANAAN%20KONVERSI%20SEPEDA%20MOTOR.pdf](http://repository.pnb.ac.id/5998/1/SENTRINOV_PERENCANAAN%20KONVERSI%20SEPEDA%20MOTOR.pdf)
- [19] A. Faraz, A. Ambikapathy, S. Thangavel, K. Logavani, dan G. Arun Prasad, “Battery Electric Vehicles (BEVs),” dalam *Electric Vehicles: Modern Technologies and Trends*, N. Patel, A. K. Bhoi, S. Padmanaban, dan J. B. Holm-Nielsen, Ed., Singapore: Springer, 2021, hlm. 137–160. doi: 10.1007/978-981-15-9251-5\_8.
- [20] D. Mohanraj *dkk.*, “A Review of BLDC Motor: State of Art, Advanced Control Techniques, and Applications,” *IEEE Access*, vol. 10, hlm. 54833–54869, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3175011.
- [21] L.-X. Yuan *dkk.*, “Development and *challenges* of LiFePO<sub>4</sub> cathode material for lithium-ion batteries,” *Energy Environ. Sci.*, vol. 4, no. 2, hlm. 269–284, Feb 2011, doi: 10.1039/C0EE00029A.
- [22] W. Cai, X. Wu, M. Zhou, Y. Liang, dan Y. Wang, “Review and Development of Electric Motor Systems and Electric Powertrains for New Energy Vehicles,” *Automot. Innov.*, vol. 4, no. 1, hlm. 3–22, Feb 2021, doi: 10.1007/s42154-021-00139-z.
- [23] A. G. Olabi *dkk.*, “Battery electric vehicles: Progress, power electronic converters, strength (S), weakness (W), opportunity (O), and threats (T),” *International Journal of Thermofluids*, vol. 16, hlm. 100212, Nov 2022, doi: 10.1016/j.ijft.2022.100212.

- 
- [24] J. Deng, C. Bae, A. Denlinger, dan T. Miller, "Electric Vehicles Batteries: Requirements and Challenges," *Joule*, vol. 4, no. 3, hlm. 511–515, Mar 2020, doi: 10.1016/j.joule.2020.01.013.
- [25] Miswardi, M. Y. Setiawan, T. Sugiarto, D. S. Putra, dan Masykur, "Pembuatan Perangkat Kontrol Kecepatan Udara di Terowongan Angin Berbasis Arduino," *JTPVI: Jurnal Teknologi dan Pendidikan Vokasi Indonesia*, vol. 1, no. 4, Art. no. 4, Sep 2023, doi: 10.24036/jtpvi.v1i4.100.
- [26] Sugiyono, *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2019.
- [27] M. Ramdhan, *Metode Penelitian*. Cipta Media Nusantara, 2021.
- [28] M. Muhammad dan L. Akhsani, "Development of Inferential Statistics Teaching Materials Using ADDIE Model," *Proceedings of The 6th Asia-Pacific Education And Science Conference, AECon 2020, 19-20 December 2020, Purwokerto, Indonesia, 2021*, doi: 10.4108/eai.19-12-2020.2309193.
- [29] F. D. Rashendriya, "TA: Desain Produk Sepeda Motor Listrik Berbasis Custom Culture Bergaya Streetcub dengan Konsep Neo Classic," PhD Thesis, UNIVERSITAS DINAMIKA, 2023. Diakses: 30 Juli 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://repository.dinamika.ac.id/id/eprint/7000/>
- [30] R. Siregar *dkk.*, "Analisis Konsumsi Daya Sepeda Motor Listrik Beroda Tiga Sebagai Pengembangan Awal Kendaraan Ramah Lingkungan untuk Penyandang Difabel," *JURNAL TEKNIK MESIN*, vol. 5, 2021.