

Analisis Desain, Material, dan Konversi Energi Baterai pada Sepeda Motor Listrik

Sulchan Izul Haq Zamharir¹, Ramadhana Luhur Prabangkara², Muhammad Ikhsan³

1. Universitas Tunas Pembangunan, Surakarta, 57139
 2. Universitas Tunas Pembangunan, Surakarta, 57139
 3. Universitas Tunas Pembangunan, Surakarta, 57139
- *corresponding author: rama.prabangkara@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan menganalisis desain, pemilihan material, kinerja, dan efisiensi konversi energi pada sistem baterai sepeda motor listrik Uwinfly M60 menggunakan pendekatan eksperimen. Metode penelitian meliputi identifikasi kebutuhan sistem, perancangan konfigurasi sel seri-paralel, pemilihan material sel dan komponen pendukung, perakitan battery pack dengan Battery Management System (BMS), pengujian performa, serta analisis data secara kuantitatif dan deskriptif. Pengambilan data dilakukan melalui pengukuran tegangan, arus, daya, suhu, waktu pengisian, jarak tempuh, dan konsumsi energi menggunakan voltmeter, ammeter, power analyzer, dan data logger pada berbagai kondisi beban. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baterai memiliki spesifikasi 48 V 12 Ah dengan energi total 576 Wh yang mampu menggerakkan motor BLDC 500 W. Jarak tempuh yang diperoleh mencapai 40–45 km pada kondisi ideal dengan konsumsi energi 12,80–14,40 Wh/km. Struktur baterai terdiri dari dudukan sel berbahan ABS/nylon, casing aluminium alloy 6061, serta rangka penopang yang meningkatkan stabilitas dan keamanan terhadap getaran dan panas. Analisis menunjukkan bahwa efisiensi sistem dipengaruhi oleh beban kendaraan, kondisi jalan, dan daya motor, di mana peningkatan daya motor menurunkan waktu operasi baterai. Simulasi juga memperlihatkan bahwa peningkatan kapasitas baterai meningkatkan energi dan jarak tempuh, sedangkan variasi daya motor 300–800 W berpengaruh signifikan terhadap durasi penggunaan. Proses konversi energi dari kimia ke listrik hingga mekanik mengikuti Hukum Kekekalan Energi dan Hukum Newton II. Secara keseluruhan, sistem baterai menunjukkan kinerja yang stabil, efisien, dan sesuai untuk kendaraan listrik roda dua kelas menengah.

Kata kunci: Baterai sepeda motor listrik, konversi energi, efisiensi sistem

ABSTRACT

This study aims to analyze the design, material selection, performance, and energy conversion efficiency of the Uwinfly M60 electric motorcycle battery system using an experimental approach. The research methodology includes system requirement identification, series-parallel cell configuration design, selection of cell and supporting materials, battery pack assembly integrated with a Battery Management System (BMS), performance testing, and quantitative and descriptive data analysis. Data collection was conducted by measuring voltage, current, power, temperature, charging time, travel distance, and energy consumption using a voltmeter, ammeter, power analyzer, and data logger under various operating load conditions. The results show that the battery has a specification of 48 V and 12 Ah with a total energy capacity of 576 Wh, capable of driving a 500 W BLDC motor. The vehicle achieves a travel range of approximately 40–45 km under ideal conditions with an energy consumption of 12.80–14.40 Wh/km. The battery structure consists of ABS/nylon cell holders, an aluminum alloy 6061 casing, and a supporting frame that enhances stability and thermal resistance. The analysis indicates that system efficiency is influenced by vehicle load, road conditions, and motor power, where higher motor power reduces battery operating time. Simulation results also show that increasing battery capacity significantly improves energy availability and driving range, while motor power variations between 300 W and 800 W strongly affect operating duration. The energy conversion process from chemical to electrical and mechanical energy follows the Law of Energy Conservation and Newton's Second Law. Overall, the Uwinfly M60 battery system demonstrates stable, efficient, and suitable performance for medium-duty electric two-wheel vehicle applications.

Keywords: Electric motorcycle battery, energy conversion, system efficiency

PENDAHULUAN

Perkembangan kendaraan listrik saat ini mengalami peningkatan yang signifikan seiring dengan kebutuhan akan sistem transportasi yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan. Salah satu komponen utama yang menentukan performa kendaraan listrik adalah baterai, yang berfungsi sebagai sumber energi utama untuk menggerakkan motor Listrik [1]. Dalam konteks sepeda motor listrik, baterai tidak hanya berperan sebagai penyimpan energi, tetapi juga sebagai penentu jarak tempuh, daya keluaran, efisiensi sistem, serta kestabilan operasional kendaraan secara keseluruhan.

Seiring dengan meningkatnya penggunaan sepeda motor listrik, tuntutan terhadap desain baterai yang optimal menjadi semakin penting. Desain baterai harus mampu menyeimbangkan aspek kapasitas energi, ukuran fisik, keamanan, serta kemudahan integrasi dengan rangka kendaraan. Selain itu, pemilihan material penyusun baterai seperti jenis sel, casing,udukan sel, serta sistem proteksi seperti *Battery Management System* (BMS) menjadi faktor krusial yang memengaruhi performa dan keamanan sistem. Material yang tepat akan meningkatkan ketahanan terhadap panas, getaran, dan beban mekanis selama operasi kendaraan [2].

Di sisi lain, aspek konversi energi pada sistem baterai juga menjadi fokus penting dalam pengembangan kendaraan listrik. Energi kimia yang tersimpan dalam baterai akan dikonversi menjadi energi listrik, kemudian diubah menjadi energi mekanik melalui motor listrik. Proses ini tidak sepenuhnya efisien karena terdapat kehilangan energi dalam bentuk panas, hambatan internal, serta rugi-rugi sistem pada controller dan motor. Oleh karena itu, analisis terhadap efisiensi konversi energi diperlukan untuk mengetahui sejauh mana sistem baterai mampu mendukung performa kendaraan secara optimal [3].

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini berfokus pada analisis desain, material, dan konversi energi pada baterai sepeda motor listrik. Kajian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang komprehensif mengenai hubungan antara struktur desain, karakteristik material, serta efisiensi energi dalam sistem baterai, sehingga dapat menjadi dasar dalam pengembangan sistem penyimpanan energi yang lebih efektif, aman, dan efisien pada kendaraan listrik roda dua.

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan pendekatan eksperimen yang terdiri dari beberapa tahap utama, yaitu tahap desain, pemilihan material, perakitan sistem *battery*, pengujian performa, dan analisis data. Pendekatan eksperimen digunakan karena penelitian ini berfokus pada pengamatan langsung terhadap karakteristik *battery* sepeda motor listrik, terutama dari aspek desain konstruksi *battery*, jenis material penyusun, serta kemampuan *battery* dalam mengonversi energi listrik menjadi energi gerak pada kendaraan.

Pada tahap desain, pertama-tama dilakukan identifikasi kebutuhan sistem *battery* yang digunakan pada sepeda motor listrik. Identifikasi ini meliputi kebutuhan *voltage*, kapasitas *current*, daya *motor*, jarak tempuh yang diharapkan, serta lama waktu pengoperasian kendaraan. Desain *battery* disusun dengan memperhatikan konfigurasi *cell battery*, baik secara seri maupun paralel, agar mampu menghasilkan *voltage* dan kapasitas yang sesuai dengan kebutuhan *motor* listrik. Selain itu, desain juga mempertimbangkan posisi peletakan *battery* pada *frame* sepeda motor agar tidak mengganggu keseimbangan kendaraan, keamanan pengguna, serta kemudahan dalam proses perawatan atau penggantian *battery*.

Selanjutnya, dilakukan analisis terhadap material *battery* yang digunakan. Material *battery* dianalisis berdasarkan jenis *cell* yang digunakan, seperti *lithium-ion*, *lithium iron phosphate*, atau jenis *battery* lain yang relevan dengan sepeda motor listrik. Analisis material meliputi karakteristik *energy density*, berat *battery*, ketahanan terhadap panas, umur pakai, keamanan, serta kemampuan dalam menyimpan dan melepaskan energi listrik. Pada tahap ini juga diperhatikan material pendukung seperti *battery casing*, *connector*, kabel penghantar, sistem pendinginan, dan *Battery Management System* (BMS). Komponen-komponen tersebut memiliki peran penting dalam menjaga kestabilan kerja *battery* dan mencegah terjadinya gangguan seperti panas berlebih, arus berlebih, atau ketidakseimbangan *voltage* antar *cell*.

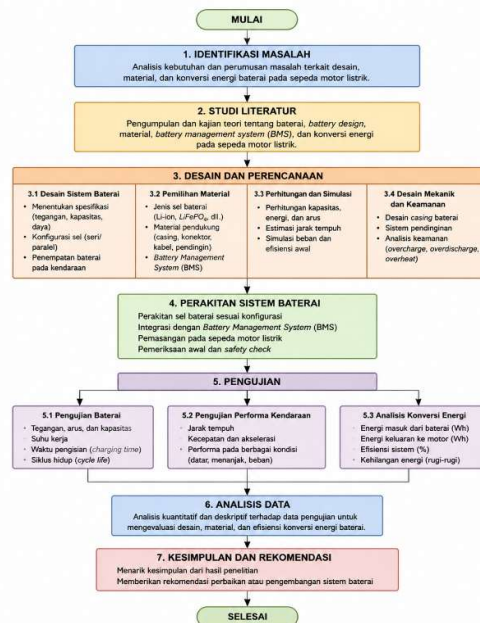
Setelah tahap desain dan pemilihan material selesai, langkah berikutnya adalah pembuatan atau penyusunan sistem *battery*. Proses ini dilakukan dengan merangkai *cell battery* sesuai konfigurasi yang telah dirancang. *Cell battery* disusun dalam rangkaian seri untuk meningkatkan *voltage* dan rangkaian paralel untuk meningkatkan kapasitas *current*. Setelah itu, rangkaian *battery* dihubungkan dengan BMS sebagai sistem pengamanan dan pengatur kerja *battery*. BMS berfungsi untuk mengontrol proses *charging*, *discharging*, perlindungan terhadap *overcharge* dan *overdischarge*, serta menjaga keseimbangan *voltage* antar *cell*. Seluruh komponen kemudian ditempatkan dalam *battery casing* yang kuat, ringan, dan aman terhadap getaran maupun benturan selama kendaraan beroperasi.

Tahap berikutnya adalah pengujian sistem *battery* pada sepeda motor listrik. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kinerja *battery* dalam kondisi kerja aktual. Beberapa parameter yang diuji meliputi *battery voltage*, *current output*, kapasitas energi, suhu kerja *battery*, lama waktu *charging*, jarak tempuh kendaraan, serta daya yang dihasilkan untuk menggerakkan *motor* listrik. Pengujian juga dilakukan untuk mengetahui kemampuan *battery* dalam mempertahankan performa saat kendaraan digunakan pada kondisi beban yang berbeda, misalnya saat kendaraan berjalan di jalan datar, menanjak, atau

membawa beban tertentu. Data pengujian ini digunakan untuk melihat sejauh mana desain dan material *battery* mampu mendukung performa sepeda motor listrik secara optimal.

Selanjutnya, dilakukan pula analisis konversi energi *battery*. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana energi listrik yang tersimpan dalam *battery* dikonversi menjadi energi mekanik melalui *motor* listrik. Energi listrik dari *battery* dialirkan menuju *controller*, kemudian diteruskan ke *motor* listrik untuk menghasilkan putaran roda. Parameter yang diamati meliputi energi yang tersimpan dalam *battery*, energi yang digunakan selama pengoperasian, daya keluaran *motor*, efisiensi sistem, serta kehilangan energi yang terjadi akibat panas, hambatan kabel, kerja *controller*, dan beban mekanis kendaraan. Dengan analisis ini, dapat diketahui tingkat efisiensi pemanfaatan energi *battery* pada sepeda motor listrik.

Data yang diperoleh dari hasil pengujian kemudian dianalisis secara kuantitatif dan deskriptif. Analisis kuantitatif dilakukan dengan menghitung nilai *voltage*, *current*, daya, energi, efisiensi, dan jarak tempuh berdasarkan hasil pengukuran. Sementara itu, analisis deskriptif digunakan untuk menjelaskan hubungan antara desain *battery*, material yang digunakan, dan performa konversi energi pada sepeda motor listrik. Hasil analisis ini digunakan untuk mengevaluasi apakah desain *battery* yang digunakan sudah memenuhi kriteria efisiensi, keamanan, kestabilan, dan kemampuan operasional kendaraan.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian tersebut menjelaskan tahapan penelitian secara sistematis, mulai dari identifikasi masalah hingga penarikan kesimpulan. Penelitian diawali dengan mengidentifikasi kebutuhan dan permasalahan terkait desain, material, serta konversi energi baterai pada sepeda motor listrik. Setelah itu, dilakukan studi literatur untuk memperoleh dasar teori mengenai baterai, *battery design*, material, *Battery Management System (BMS)*, dan prinsip konversi energi.

Tahap berikutnya adalah desain dan perencanaan sistem baterai, yang meliputi penentuan spesifikasi baterai, pemilihan material, perhitungan kapasitas energi, serta desain mekanik dan aspek keamanan. Setelah rancangan selesai, dilakukan perakitan sistem baterai dengan mengintegrasikan sel baterai, *BMS*, casing, dan komponen pendukung lainnya.

Selanjutnya, sistem baterai diuji melalui pengujian baterai, pengujian performa kendaraan, dan analisis konversi energi. Data hasil pengujian kemudian dianalisis secara kuantitatif dan deskriptif untuk mengevaluasi kinerja desain, kesesuaian material, serta efisiensi konversi energi. Pada tahap akhir, hasil analisis digunakan untuk menarik kesimpulan dan memberikan rekomendasi perbaikan atau pengembangan sistem baterai sepeda motor listrik.

3.1 Implementasi Penelitian

Implementasi Penelitian dilakukan dengan merakit sistem baterai sesuai desain, mengintegrasikan *Battery Management System (BMS)*, dan memasangnya pada sepeda motor listrik. Selanjutnya dilakukan pengujian

performa baterai dan kendaraan, termasuk tegangan, arus, kapasitas, jarak tempuh, dan efisiensi konversi energi. Data yang diperoleh dianalisis secara kuantitatif dan deskriptif untuk mengevaluasi kinerja, kesesuaian material, dan efektivitas desain. Hasilnya digunakan untuk menarik kesimpulan dan memberikan rekomendasi perbaikan atau pengembangan.

3.2 Research Equipment Setup



Gambar 2 Equipment Setting

Dalam penelitian ini, pengaturan peralatan (*equipment setup*) dirancang untuk menguji performa baterai dan sepeda motor listrik secara menyeluruh. Sistem pengujian dimulai dengan pengisian daya baterai menggunakan *charger* sehingga baterai siap beroperasi. Selanjutnya, *Battery Management System (BMS)* terpasang untuk mengatur aliran arus, melindungi sel, dan memantau tegangan serta arus secara real-time. Arus listrik dari baterai dialirkan melalui *controller motor* ke motor BLDC yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik untuk menggerakkan roda sepeda motor.

Untuk memantau performa, *voltmeter* dan *ammeter* digunakan untuk mengukur tegangan dan arus, sedangkan *power analyzer* dan *data logger* merekam data operasional seperti daya, energi, suhu, dan waktu pengujian. Semua data ini dikumpulkan melalui *laptop* untuk analisis lebih lanjut. Kabel dan koneksi diatur sesuai fungsinya, termasuk kabel daya, kabel data, dan kabel sensor suhu, sehingga pengujian dapat dilakukan secara akurat, aman, dan efisien. Dengan pengaturan peralatan ini, penelitian dapat mengevaluasi kinerja baterai, efektivitas material, dan efisiensi konversi energi secara sistematis.

3.3 Metode Pengambilan Data

Metode Pengambilan Data dilakukan melalui pengujian langsung pada sistem baterai sepeda motor listrik. Data diambil dengan cara mengukur beberapa parameter utama, seperti tegangan, arus, daya, suhu baterai, waktu pengisian, waktu penggunaan, jarak tempuh, dan kecepatan kendaraan. Pengukuran dilakukan menggunakan alat bantu seperti *voltmeter*, *ammeter*, *power analyzer*, *thermometer*, *data logger*, dan *laptop* untuk merekam hasil pengujian.

Pengambilan data dilakukan dalam beberapa kondisi pengujian, yaitu saat baterai diisi, saat kendaraan dijalankan tanpa beban tambahan, dan saat kendaraan digunakan dengan beban tertentu. Selama pengujian, perubahan tegangan, arus, suhu, dan konsumsi energi diamati secara berkala untuk mengetahui performa baterai. Data jarak tempuh dan waktu operasional juga dicatat untuk melihat kemampuan baterai dalam mendukung kerja sepeda motor listrik.

3.4 Metode Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari pengujian baterai dan sepeda motor listrik diolah menggunakan metode kuantitatif dan deskriptif. Analisis kuantitatif dilakukan dengan menghitung tegangan, arus, daya, energi, efisiensi konversi energi, jarak tempuh, serta waktu operasional menggunakan rumus-rumus standar listrik dan mekanika. Nilai efisiensi konversi energi diperoleh dari perbandingan energi listrik yang tersimpan dalam baterai dengan energi mekanik yang dihasilkan oleh motor.

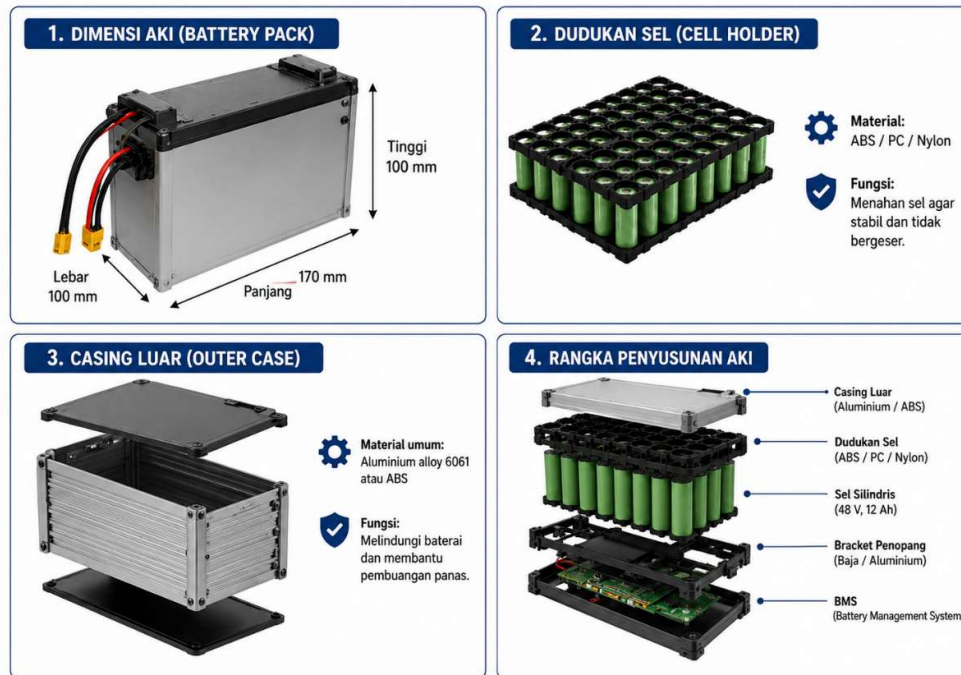
Analisis deskriptif digunakan untuk menggambarkan performa sistem baterai secara kualitatif, termasuk kestabilan tegangan, fluktuasi arus, kenaikan suhu, serta kinerja komponen seperti *BMS* dan *controller motor*. Data hasil pengolahan kemudian ditampilkan dalam bentuk tabel, grafik, dan diagram untuk memudahkan interpretasi. Hasil

analisis ini digunakan untuk mengevaluasi hubungan antara desain baterai, material yang digunakan, dan efisiensi konversi energi, sekaligus menjadi dasar rekomendasi perbaikan sistem baterai pada sepeda motor listrik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 HASIL PENELITIAN

KOMPONEN UTAMA AKI MOTOR LISTRIK UWINFLY M60



Gambar 1 Struktur Baterai

Baterai pada sepeda motor listrik Uwinfly M60 merupakan komponen utama yang berfungsi sebagai sumber energi kendaraan. Baterai bekerja dengan mengubah energi kimia yang tersimpan di dalam sel menjadi energi listrik. Energi listrik tersebut kemudian dialirkan menuju *controller* dan motor BLDC untuk menghasilkan torsi. Torsi yang dihasilkan motor selanjutnya diteruskan menjadi gaya dorong pada roda, sehingga sepeda motor dapat bergerak.

Berdasarkan hasil pengukuran, baterai Uwinfly M60 memiliki dimensi panjang 170 mm, lebar 100 mm, dan tinggi 100 mm. Volume baterai dihitung menggunakan rumus $Length \times Width \times Height$, sehingga diperoleh volume sebesar 1.700 cm³. Hasil perhitungan ini menjadi dasar penting dalam perancangan dudukan sel, *casing*, dan rangka penyusun baterai agar sesuai dengan ruang yang tersedia pada sepeda motor listrik.

Dari aspek struktur, baterai tersusun atas beberapa bagian utama, yaitu dudukan sel, *casing* luar, rangka penopang, sel baterai, dan *Battery Management System* (BMS). Dudukan sel atau *cell holder* umumnya menggunakan material plastik teknik tahan panas seperti ABS, PC, atau *nylon*. Dudukan ini dirancang dengan bentuk *honeycomb* atau *grid* agar sel-sel silindris dapat tertahan dengan baik, tidak mudah bergeser, dan mampu menahan getaran saat kendaraan digunakan di berbagai kondisi jalan.

Casing luar baterai berfungsi sebagai pelindung utama terhadap benturan, panas, debu, dan getaran. Material yang umum digunakan adalah *aluminium alloy* 6061 atau plastik ABS. *Aluminium alloy* 6061 dipilih karena memiliki karakteristik ringan, kuat, dan mampu membantu pelepasan panas dari baterai. Komposisi utama material ini terdiri dari aluminium, magnesium, dan silikon, dengan tambahan tembaga sebesar 0,15–0,40% serta kromium sebesar 0,04–0,35%. Kombinasi material tersebut membuat *casing* lebih kuat dan mendukung keamanan baterai saat digunakan.

Rangka penyusun aki berperan menjaga posisi seluruh komponen baterai agar tetap stabil. Rangka ini terdiri dari dudukan sel, *bracket* penopang, *casing* luar, dan BMS. *Bracket* penopang dapat dibuat dari baja atau aluminium untuk menghubungkan baterai dengan rangka sepeda motor. Sementara itu, BMS berfungsi melindungi baterai dari kondisi berlebih seperti *overcharge*, *overdischarge*, arus berlebih, serta menjaga keseimbangan tegangan antar sel. Dengan adanya sistem ini, baterai dapat bekerja lebih aman dan stabil.

Dari aspek kelistrikan, baterai Uwinfly M60 memiliki sistem tegangan 48 V dengan kapasitas 12 Ah. Baterai ini digunakan untuk mendukung motor listrik berdaya 500 W. Berdasarkan spesifikasi tersebut, sepeda motor mampu

menempuh jarak sekitar 40–45 km dalam satu kali pengisian daya penuh pada kondisi ideal. Kecepatan maksimal kendaraan mencapai sekitar 45 km/jam. Hal ini menunjukkan bahwa baterai memiliki kemampuan yang cukup untuk menunjang kebutuhan kendaraan listrik roda dua dengan daya menengah.

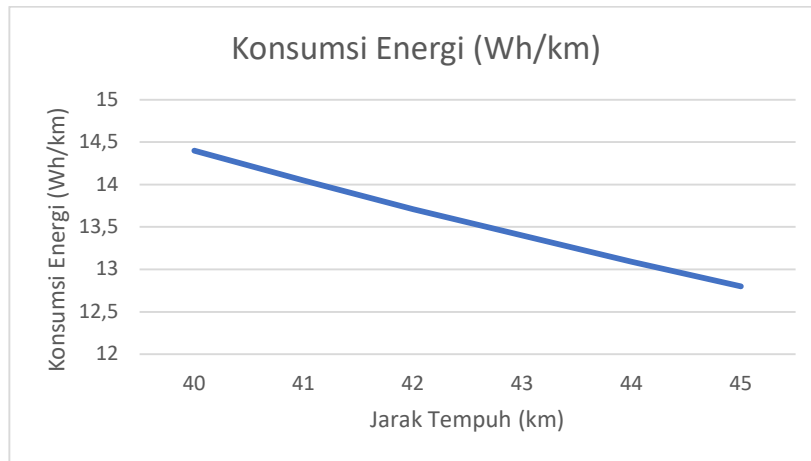
Alur kerja energi pada baterai mengikuti proses konversi energi. Energi kimia yang tersimpan dalam sel baterai berubah menjadi energi listrik saat proses *discharge*. Energi listrik tersebut kemudian dialirkan menuju *controller* motor, lalu diteruskan ke motor BLDC. Motor BLDC mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa torsi. Torsi tersebut menghasilkan gaya dorong pada roda sehingga kendaraan dapat bergerak. Proses ini sesuai dengan Hukum Newton II, yaitu gaya yang bekerja pada kendaraan akan menghasilkan percepatan sesuai massa kendaraan.

Selain itu, sistem baterai juga menerapkan prinsip Hukum Kekekalan Energi. Energi tidak hilang, tetapi berubah bentuk dari energi kimia menjadi energi listrik, kemudian menjadi energi mekanik dan energi gerak. Meskipun demikian, dalam proses nyata tetap terdapat sebagian energi yang berubah menjadi panas akibat hambatan listrik, kerja motor, dan gesekan mekanis. Oleh karena itu, pemilihan material *casing*, sistem pendinginan, dan perlindungan baterai menjadi faktor penting untuk menjaga efisiensi serta keamanan sistem.

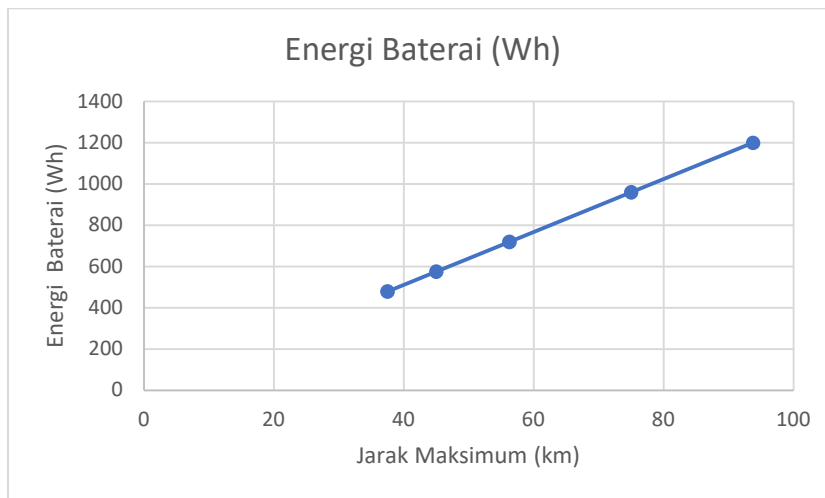
Secara keseluruhan, baterai Uwinfly M60 menunjukkan penerapan prinsip fisika, kelistrikan, dan rekayasa material yang saling terintegrasi. Desain baterai tidak hanya memperhatikan kapasitas energi, tetapi juga mempertimbangkan kekuatan mekanik, kestabilan sel, keamanan rangka, dan kemampuan pelepasan panas. Dengan struktur yang baik, baterai mampu bekerja lebih stabil, aman, dan efisien dalam mendukung performa sepeda motor listrik.

Tabel 1 Spesifikasi dan Hasil Analisis Baterai Uwinfly M60

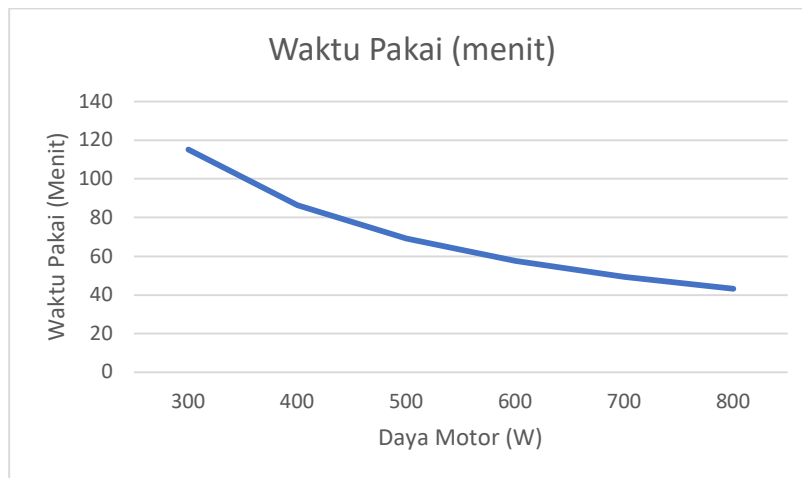
No.	Aspek yang Dianalisis	Hasil / Spesifikasi	Keterangan
1	Fungsi baterai	Sumber energi utama kendaraan	Mengubah energi kimia menjadi energi listrik untuk menggerakkan motor BLDC
2	Dimensi baterai	170 × 100 × 100 mm	Panjang 170 mm, lebar 100 mm, tinggi 100 mm
3	Rumus volume	$Length \times Width \times Height$	Digunakan untuk menghitung volume fisik baterai
4	Volume baterai	1.700 cm ³	Menjadi acuan dalam desain dudukan, <i>casing</i> , dan rangka baterai
5	Dudukan sel	ABS, PC, atau <i>nylon</i>	Material plastik teknik tahan panas
6	Bentuk dudukan sel	<i>Honeycomb / grid</i>	Menahan sel agar stabil, tidak bergeser, dan tahan getaran
7	<i>Casing</i> luar	<i>Aluminium alloy</i> 6061 / ABS	Melindungi baterai dari benturan, panas, dan getaran
8	Komposisi <i>aluminium alloy</i> 6061	Al + Mg + Si, Cu 0,15–0,40%, Cr 0,04–0,35%	Material ringan, kuat, dan membantu pelepasan panas
9	Rangka penopang	Baja atau aluminium	Menghubungkan baterai dengan rangka sepeda motor
10	Sistem proteksi	<i>Battery Management System (BMS)</i>	Melindungi dari <i>overcharge</i> , <i>overdischarge</i> , dan ketidakseimbangan tegangan sel
11	Tegangan baterai	48 V	Tegangan sistem keseluruhan
12	Kapasitas baterai	12 Ah	Kapasitas penyimpanan energi baterai
13	Daya motor	500 W	Daya motor listrik yang digunakan
14	Jarak tempuh	±40–45 km per <i>charge</i>	Dalam kondisi ideal
15	Kecepatan maksimal	±45 km/jam	Berdasarkan spesifikasi kendaraan
16	Prinsip fisika	Hukum Newton II	Energi listrik menghasilkan torsi, gaya dorong, dan percepatan kendaraan
17	Prinsip energi	Hukum Kekekalan Energi	Energi berubah dari kimia → listrik → mekanik → gerak
18	Hasil umum	Aman, stabil, dan efisien	Didukung oleh desain material, struktur rangka, dan sistem proteksi baterai



Gambar 1 Konsumsi Energi per Kilometer



Gambar 2 Jarak Tempuh dan Kapasitas Energi



Gambar 3 Waktu Pakai vs Daya Motor

Berdasarkan hasil analisis, baterai sepeda motor listrik Uwinfly M60 memiliki desain yang mendukung fungsi utama sebagai sumber energi kendaraan. Dimensi baterai sebesar $170 \times 100 \times 100$ mm dengan volume 1.700 cm^3 menunjukkan ukuran yang relatif kompak untuk kebutuhan kendaraan listrik roda dua. Penggunaan dudukan sel berbentuk *honeycomb*, casing berbahan *aluminium alloy 6061* atau ABS, serta sistem *BMS* menunjukkan bahwa baterai dirancang dengan memperhatikan keamanan, kestabilan, dan ketahanan terhadap getaran maupun panas [4].

Dari aspek kelistrikan, baterai 48 V 12 Ah mampu mendukung motor listrik 500 W dengan jarak tempuh sekitar 40–45 km per pengisian daya penuh. Proses kerja baterai menerapkan prinsip konversi energi dari energi kimia menjadi energi listrik, kemudian menjadi energi mekanik dan gaya gerak kendaraan. Dengan demikian, baterai Uwinfly M60 dapat dinilai cukup efektif untuk mendukung performa sepeda motor listrik dengan kebutuhan daya menengah. baterai sepeda motor listrik Uwinfly M60 dengan tegangan 48 V dan kapasitas 12 Ah memiliki energi total sebesar 576 Wh. Energi tersebut menjadi sumber utama untuk menggerakkan motor listrik berdaya 500 W. Dari hasil perhitungan, baterai ini mampu digunakan selama sekitar 1,15 jam atau 69,12 menit apabila motor bekerja pada daya 500 W secara konstan. Hal ini menunjukkan bahwa kapasitas baterai cukup mendukung kebutuhan operasional kendaraan listrik roda dua untuk penggunaan jarak pendek hingga menengah [5].

Konsumsi energi baterai per kilometer berada pada rentang 12,80–14,40 Wh/km. Pada jarak tempuh 40 km, konsumsi energi mencapai 14,40 Wh/km, sedangkan pada jarak tempuh 45 km konsumsi energi menurun menjadi 12,80 Wh/km. Perbedaan ini menunjukkan bahwa semakin jauh jarak tempuh yang dapat dicapai dengan energi baterai yang sama, maka penggunaan energi per kilometer menjadi lebih efisien. Dengan demikian, jarak tempuh kendaraan sangat dipengaruhi oleh efisiensi sistem baterai, motor, beban kendaraan, kondisi jalan, dan cara pengendalian [6].

Hasil simulasi kapasitas baterai menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas baterai berbanding lurus dengan peningkatan energi dan jarak tempuh. Pada kapasitas 10 Ah, energi yang dihasilkan sebesar 480 Wh dengan estimasi jarak tempuh sekitar 33,33–37,50 km. Sementara itu, pada kapasitas 25 Ah, energi meningkat menjadi 1.200 Wh dengan estimasi jarak tempuh sekitar 83,33–93,75 km. Hal ini membuktikan bahwa semakin besar kapasitas baterai, maka semakin besar pula energi yang tersedia untuk menggerakkan motor, sehingga kendaraan dapat menempuh jarak yang lebih jauh.

Selain kapasitas baterai, daya motor juga sangat memengaruhi lama waktu pemakaian baterai. Berdasarkan data, pada daya motor 300 W, baterai 576 Wh dapat digunakan selama 1,92 jam atau 115,20 menit. Namun, ketika daya motor dinaikkan menjadi 800 W, waktu pakai baterai menurun menjadi 0,72 jam atau 43,20 menit. Kondisi ini menunjukkan bahwa semakin besar daya motor yang digunakan, semakin cepat energi baterai terkuras. Oleh karena itu, pemilihan daya motor harus disesuaikan dengan kapasitas baterai agar performa kendaraan tetap seimbang antara kecepatan, jarak tempuh, dan durasi penggunaan.

Secara keseluruhan, data tersebut menunjukkan bahwa baterai Uwinfly M60 memiliki kinerja yang cukup rasional untuk kendaraan listrik roda dua dengan kebutuhan daya menengah. Sistem baterai 48 V 12 Ah mampu menghasilkan energi 576 Wh, mendukung motor 500 W, dan memberikan jarak tempuh ideal sekitar 40–45 km per pengisian penuh. Efisiensi penggunaan energi dapat ditingkatkan dengan menjaga beban kendaraan, mengoptimalkan kerja motor dan *controller*, serta menggunakan material baterai yang mampu menjaga kestabilan suhu dan keamanan sistem.

4.4 PEMBAHASAN

Baterai sepeda motor listrik Uwinfly M60 memiliki tegangan sebesar 48 V dan kapasitas 12 Ah. Dari kedua parameter tersebut diperoleh energi total baterai sebesar 576 Wh. Nilai energi ini menunjukkan jumlah energi listrik yang dapat disimpan dan digunakan oleh baterai untuk menggerakkan motor listrik. Dengan daya motor sebesar 500 W, baterai secara teoritis dapat digunakan selama kurang lebih 1,15 jam atau sekitar 69,12 menit apabila motor bekerja secara konstan pada daya tersebut [7].

Hasil perhitungan konsumsi energi menunjukkan bahwa baterai memiliki konsumsi energi sebesar 14,40 Wh/km pada jarak tempuh 40 km dan 12,80 Wh/km pada jarak tempuh 45 km. Nilai ini menunjukkan bahwa semakin jauh jarak tempuh yang dapat dicapai dengan kapasitas energi yang sama, maka konsumsi energi per kilometer menjadi semakin rendah. Dengan demikian, efisiensi penggunaan energi baterai sangat dipengaruhi oleh kemampuan kendaraan dalam memanfaatkan energi listrik secara optimal.

Perbedaan konsumsi energi per kilometer dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti beban pengendara, kondisi jalan, kecepatan kendaraan, gaya berkendara, tekanan ban, serta efisiensi kerja motor dan *controller*. Pada kondisi ideal, baterai dapat menghasilkan jarak tempuh yang lebih panjang karena energi yang terbuang akibat hambatan jalan, panas, dan gesekan relatif lebih kecil. Sebaliknya, pada kondisi jalan menanjak, beban berat, atau penggunaan kecepatan tinggi secara terus-menerus, konsumsi energi akan meningkat sehingga jarak tempuh menjadi lebih pendek [8].

Hasil simulasi kapasitas baterai menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas baterai berbanding lurus dengan peningkatan energi dan jarak tempuh. Pada kapasitas 10 Ah, energi baterai yang dihasilkan sebesar 480 Wh dengan

estimasi jarak tempuh 33,33–37,50 km. Sementara itu, pada kapasitas 25 Ah, energi baterai meningkat menjadi 1.200 Wh dengan estimasi jarak tempuh 83,33–93,75 km. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar kapasitas baterai, maka semakin besar pula energi yang tersedia untuk menggerakkan motor listrik, sehingga kendaraan mampu menempuh jarak yang lebih jauh [9].

Namun, peningkatan kapasitas baterai tidak hanya memberikan keuntungan pada jarak tempuh, tetapi juga perlu mempertimbangkan aspek desain dan material. Baterai dengan kapasitas lebih besar umumnya memiliki ukuran dan berat yang lebih besar pula. Oleh karena itu, desain *battery pack*, dudukan sel, *outer case*, dan rangka penyusun aki harus dirancang dengan baik agar tetap aman, kuat, dan tidak mengganggu keseimbangan kendaraan. Material seperti aluminium alloy 6061, ABS, PC, atau *nylon* menjadi penting karena berfungsi untuk melindungi baterai dari panas, getaran, dan benturan ringan selama kendaraan digunakan [2].

Selain kapasitas baterai, daya motor juga berpengaruh langsung terhadap waktu pemakaian baterai. Berdasarkan hasil simulasi, pada daya motor 300 W, baterai 576 Wh dapat digunakan selama 1,92 jam atau 115,20 menit. Ketika daya motor meningkat menjadi 500 W, waktu pemakaian turun menjadi 1,15 jam atau 69,12 menit. Selanjutnya, pada daya motor 800 W, waktu pemakaian baterai hanya sekitar 0,72 jam atau 43,20 menit. Data ini menunjukkan bahwa semakin besar daya motor yang digunakan, maka energi baterai akan lebih cepat habis.

Hubungan antara daya motor dan waktu pakai baterai menunjukkan adanya keseimbangan antara performa dan efisiensi. Motor dengan daya lebih besar dapat menghasilkan tenaga dan akselerasi yang lebih tinggi, tetapi membutuhkan konsumsi energi yang lebih besar. Sebaliknya, motor dengan daya lebih kecil dapat memperpanjang waktu pakai baterai, tetapi performa kendaraan menjadi lebih terbatas. Oleh karena itu, penggunaan motor 500 W pada Uwinfly M60 dapat dinilai sebagai pilihan yang cukup seimbang untuk kendaraan listrik roda dua dengan kebutuhan jarak pendek hingga menengah [10].

Dari aspek konversi energi, baterai bekerja dengan mengubah energi kimia menjadi energi listrik saat proses *discharge*. Energi listrik tersebut kemudian dialirkan melalui *controller* menuju motor BLDC. Motor BLDC mengubah energi listrik menjadi energi mekanik berupa torsi, kemudian torsi tersebut diteruskan menjadi gaya dorong pada roda. Proses ini menunjukkan penerapan Hukum Kekekalan Energi, yaitu energi tidak hilang, tetapi berubah bentuk dari energi kimia menjadi energi listrik, energi mekanik, dan energi Gerak [11].

Selain itu, sistem kerja baterai dan motor listrik juga berkaitan dengan Hukum Newton II. Energi listrik yang dikonversi menjadi torsi motor akan menghasilkan gaya dorong pada kendaraan. Gaya tersebut menyebabkan kendaraan mengalami percepatan sesuai hubungan $F = m \cdot a$, di mana gaya dipengaruhi oleh massa kendaraan dan percepatan yang dihasilkan. Dengan demikian, baterai tidak hanya berperan sebagai penyimpan energi, tetapi juga menjadi faktor utama yang memengaruhi kemampuan gerak sepeda motor Listrik [3].

Berdasarkan keseluruhan data, baterai Uwinfly M60 dengan spesifikasi 48 V 12 Ah dan daya motor 500 W memiliki performa yang cukup sesuai untuk kendaraan listrik roda dua. Energi total sebesar 576 Wh mampu mendukung jarak tempuh sekitar 40–45 km per pengisian penuh dengan konsumsi energi 12,80–14,40 Wh/km. Hasil ini menunjukkan bahwa baterai memiliki efisiensi yang cukup baik, terutama untuk penggunaan harian pada jarak pendek sampai menengah.

KESIMPULAN

Baterai sepeda motor listrik Uwinfly M60 memiliki tegangan 48 V dan kapasitas 12 Ah, menghasilkan energi total 576 Wh yang cukup untuk menggerakkan motor 500 W sehingga kendaraan dapat menempuh jarak sekitar 40–45 km per pengisian penuh dengan konsumsi energi 12,80–14,40 Wh/km. Struktur baterai dirancang dengan dudukan sel *honeycomb* dari ABS/Nylon, casing aluminium alloy 6061 atau ABS, dan rangka penopang yang menjaga stabilitas dan keamanan sel selama penggunaan. Konversi energi dari kimia ke listrik dan kemudian ke mekanik berjalan efisien sesuai prinsip Hukum Kekekalan Energi dan Hukum Newton II. Desain ini menyeimbangkan kapasitas, efisiensi energi, keamanan, dan performa motor, sehingga baterai Uwinfly M60 cocok untuk sepeda motor listrik roda dua dengan kebutuhan daya menengah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Bagian ini berisi ucapan terima kasih kepada pihak yang telah memberikan dukungan kegiatan penelitian. Bagian ini dapat diisi ataupun tidak.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. K. Grebtsov *et al.*, “Electric Vehicle Battery Technologies: Chemistry, Architectures, Safety, and Management Systems,” *World Electric Vehicle Journal*, vol. 15, no. 12. 2024. doi: 10.3390/wevj15120568.
- [2] S. Bhattacharyya, Q. T. Dinh, and A. McGordon, “Control-oriented spectral modelling of thermoelectric coolers based battery thermal management system,” *J. Energy Storage*, vol. 147, 2026, doi: 10.1016/j.est.2025.120297.
- [3] P. Rahmani *et al.*, “Driving the future: A comprehensive review of automotive battery management system technologies, and future trends,” *Journal of Power Sources*, vol. 629. 2025. doi:

- 10.1016/j.jpowsour.2024.235827.
- [4] T. Sutikno, W. Arsadiando, and H. S. Purnama, "Battery types and recent developments for energy storage in electric vehicles: technical criteria and battery management system," *Clean Energy*, vol. 9, no. 6. 2025. doi: 10.1093/ce/zkaf048.
- [5] Q. Zhang, Y. Shang, Y. Li, and R. Zhu, "A Concise Review of Power Batteries and Battery Management Systems for Electric and Hybrid Vehicles," *Energies*, vol. 18, no. 14. 2025. doi: 10.3390/en18143750.
- [6] K. Sudhapriya and S. Jaisiva, "Implementation of artificial intelligence techniques in electric vehicles for battery management system," *Int. J. Low-Carbon Technol.*, vol. 20, 2025, doi: 10.1093/ijlct/ctaf022.
- [7] A. Kurkin, A. Chivenkov, D. Aleshin, I. Trofimov, A. Shalukho, and D. Vilkov, "Battery Management System for Electric Vehicles: Comprehensive Review of Circuitry Configuration and Algorithms," *World Electric Vehicle Journal*, vol. 16, no. 8. 2025. doi: 10.3390/wevj16080451.
- [8] Y. Ren, B. Lv, and Z. Ran, "Application of Computational Fluid Dynamics - Optimized Biomimetic Microchannel Liquid-cooled Plates in Battery Thermal Management Systems," *J. Appl. Fluid Mech.*, vol. 19, no. 2, 2026, doi: 10.47176/jafm.19.2.3810.
- [9] A. M. Shaheen, A. R. Ellien, A. A. El-Ela, and A. M. El-Rifaie, "Electric vehicles with renewables integration in electrical power systems: A review of technologies, uncertainties and optimization allocations," *Unconventional Resources*, vol. 9. 2026. doi: 10.1016/j.uncre.2025.100252.
- [10] R. Ahmed *et al.*, "Role of deep learning in battery management system (BMS) for electric vehicles – A review," *Energy Reports*, vol. 15. 2026. doi: 10.1016/j.egy.2025.109028.
- [11] A. Helaleh, M. K. Khan, and Z. Sajid, "Integrating Chemical Engineering Principles Into Battery Management Systems for Enhanced Safety and Reliability in Energy Storage," *Battery Energy*, vol. 5, no. 1. 2026. doi: 10.1002/bte2.70067.