

Rancang Bangun Purwarupa Mobil Listrik 4 Penumpang 3000 Watt dengan Fokus pada Sistem Penggerak dan Suspensi

Abdul Tahir ^{1*}, Jasman ², dan Musakirawati ³,

¹ Abdul Tahir Politeknik Sorowako; email : abdultahir0101@gmail.com

² Jasman Politeknik Sorowako; email : jasman@politekniksorowako.ac.id

³ Musakirawati Politeknik Sorowako; email : musakirawati@politekniksorowako.ac.id

* Penulis Korespondensi : Abdul Tahir

Abstract: This study focuses on the development of a prototype four-passenger electric vehicle with a 3000 Watt power capacity, intended for limited mobility applications such as within campus environments. The core problem addressed is the lack of comprehensive studies integrating the design, fabrication, and testing of EV drive and suspension systems using affordable local resources and materials. The research aims to design, fabricate, and test the prototype's performance to demonstrate the feasibility of its technology and design. The methodology employed is a systematic engineering approach, encompassing needs analysis, conceptual design with weighted alternative evaluation, fabrication of the chassis and suspension from galvanized hollow steel via cutting, welding, and assembly processes, and integration of the drive system (a 3000W BLDC motor, 3-phase controller, and differential). Comprehensive performance testing evaluated control functions, traction capability, stability, ride comfort, and structural safety. Key findings indicate the prototype was successfully fabricated and operated effectively. The drive system performed optimally, while the chassis and suspension structures proved capable of stably and safely supporting loads up to 300 kg, consistent with analytical calculations and physical tests. The synthesis of core ideas affirms that a design-for-manufacturing approach utilizing local materials is an effective strategy. It is concluded that a functional 3000W electric car can be realized with straightforward technology, providing a tangible contribution to the development of applicable EVs and bridging the gap between conceptual design and experimental validation in national automotive engineering literature

Keywords: electric vehicle; drive system; suspension; fabrication, performance testing

Diterima: Oktober 20, 2025

Direvisi: Oktober 28, 2025

Diterima: Oktober 29, 2025

Diterbitkan: November 24, 2025

Versi sekarang: Januari 5, 2026



Hak cipta: © 2025 oleh penulis.
Diserahkan untuk kemungkinan
publikasi akses terbuka
berdasarkan syarat dan ketentuan
lisensi Creative Commons
Attribution (CC BY SA) (
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)

Abstrak: Penelitian ini berfokus pada pengembangan purwarupa mobil listrik empat penumpang berdaya 3000 Watt untuk aplikasi mobilitas terbatas seperti di lingkungan kampus. Permasalahan utama adalah kurangnya studi komprehensif yang mengintegrasikan perancangan, fabrikasi, dan pengujian sistem penggerak serta suspensi EV menggunakan sumber daya dan material lokal yang terjangkau. Tujuan penelitian adalah merancang, memfabrikasi, dan menguji kinerja prototipe tersebut guna membuktikan kelayakan teknologi dan desainnya. Metode yang diterapkan adalah metodologi rekayasa sistematis, meliputi: analisis kebutuhan, perancangan konseptual dengan evaluasi alternatif berbobot, fabrikasi *chassis* dan suspensi dari baja hollow galvanis melalui proses pemotongan, pengelasan, dan perakitan, serta integrasi sistem penggerak (motor BLDC 3000W, *controller* 3 fasa, diferensial). Pengujian kinerja dilakukan secara komprehensif terhadap fungsi kontrol, kemampuan traksi, stabilitas, kenyamanan, dan keamanan struktural. Hasil utama menunjukkan bahwa prototipe berhasil difabrikasi dan beroperasi dengan baik. Sistem penggerak bekerja optimal, sementara struktur *chassis* dan suspensi terbukti mampu menopang beban hingga 300 kg dengan stabil dan aman, sesuai hasil perhitungan analitis dan uji fisik. Sintesis gagasan utama menegaskan bahwa pendekatan *design-for-manufacturing* dengan pemanfaatan material lokal merupakan strategi yang efektif. Disimpulkan bahwa mobil listrik berdaya 3000 Watt dapat direalisasikan secara fungsional dengan teknologi sederhana,

memberikan kontribusi nyata bagi pengembangan EV aplikatif sekaligus mengisi *gap* antara desain konseptual dan validasi eksperimental dalam literatur teknik otomotif nasional.

Kata kunci: mobil listrik; sistem penggerak; suspensi; fabrikasi; pengujian kinerja

1. Pendahuluan

Perubahan iklim dan krisis energi fosil telah mendorong transformasi global menuju transportasi berkelanjutan. Kendaraan listrik (EV) muncul sebagai solusi utama, ditandai dengan efisiensi energi yang lebih tinggi, emisi lokal nol, dan biaya operasi yang lebih rendah dibandingkan kendaraan konvensional (IEA, 2023). Transisi ini tidak hanya terjadi di negara maju, tetapi juga menjadi agenda strategis di negara berkembang, termasuk Indonesia, yang berkomitmen menurunkan emisi gas rumah kaca dan mengurangi ketergantungan pada impor BBM.

Di Indonesia, pengembangan EV menghadapi tantangan multidimensi. Secara nasional, meski didukung oleh regulasi dan insentif, adopsi EV masih terhambat oleh infrastruktur pengisian daya yang belum merata, harga kendaraan yang relatif tinggi, dan kekhawatiran akan daya tahan baterai (Kementerian Perindustrian RI, 2024). Di tingkat aplikasi teknis, riset dan pengembangan EV seringkali masih bersifat teoritis, simulatif, atau terfokus pada komponen premium dengan ketergantungan impor yang tinggi. Padahal, potensi aplikasi EV untuk kebutuhan mobilitas terbatas, seperti di lingkungan kampus, kawasan industri, atau destinasi wisata, sangat besar dan membutuhkan solusi yang praktis, terjangkau, dan dapat diproduksi secara lokal.

Berdasarkan tinjauan literatur, penelitian sebelumnya banyak berfokus pada optimalisasi desain baterai, sistem manajemen energi, atau kontrol motor berdaya tinggi untuk kendaraan penumpang umum (Subagyo et al., 2020). Namun, terdapat *research gap* dalam pengembangan platform EV *low-speed* berkapasitas menengah yang dirancang secara integral—mulai dari desain, fabrikasi, hingga pengujian—dengan memanfaatkan material dan komponen lokal yang mudah diperoleh. Studi seperti Hakim et al. (2022) mendesain rangka untuk mobil kampus, namun masih bersifat konseptual. Sementara penelitian implementatif seringkali mengadopsi *chassis* atau sistem drive jadi, sehingga kurang memberikan kontribusi pada penguasaan teknologi mendasar dan proses manufakturnya.

Penelitian ini hadir untuk mengisi *gap* tersebut dengan menawarkan kebaruan (*novelty*) berupa implementasi komprehensif rancang bangun dan fabrikasi prototipe mobil listrik 4 penumpang berdaya 3000 Watt. Kebaruan ini termanifestasi dalam beberapa aspek: (1) Pendekatan *design-for-manufacturing* yang mengoptimalkan material baja *hollow* dan pipa galvanis yang tersedia lokal untuk konstruksi *chassis* dan sistem suspensi; (2) Integrasi dan pengujian sistem penggerak yang terdiri dari motor BLDC 3000W, *controller* 3 fasa, dan transmisi diferensial dalam satu platform fungsional; serta (3) Validasi kinerja melalui pengujian fisik menyeluruh yang tidak hanya menguji kinerja elektrik, tetapi juga kemampuan mekanik, kestabilan, dan kenyamanan berkendara dengan beban riil.

Oleh karena itu, tujuan penelitian ini adalah untuk merancang, memfabrikasi, dan menguji kinerja prototipe mobil listrik berkapasitas 3000 Watt dengan fokus pada konstruksi sistem suspensi dan penggeraknya. Penelitian ini berkontribusi secara nyata pada pengembangan teknologi EV di Indonesia, khususnya dalam hal: (1) Kontribusi praktis, dengan menyediakan prototipe dan dokumentasi proses yang dapat menjadi referensi bagi pengembangan EV skala terbatas untuk aplikasi spesifik seperti transportasi kampus; dan (2) Kontribusi akademis, dengan memperkaya literatur tentang proses integrasi sistem, seleksi material, dan metodologi pengujian untuk EV rakitan dalam negeri, sekaligus membuktikan bahwa penguasaan teknologi dasar otomotif listrik dapat dicapai melalui pendekatan rekayasa yang tepat guna.

2. Tinjauan Literatur

Perkembangan kendaraan listrik (EV) secara global telah menjadi tulang punggung transisi energi di sektor transportasi, didorong oleh keprihatinan akan perubahan iklim dan ketergantungan pada bahan bakar fosil. EV menawarkan efisiensi energi yang lebih tinggi, emisi lokal nol, dan potensi integrasi dengan jaringan listrik terbarukan (IEA, 2023). Dalam konteks Indonesia, meski didukung oleh kerangka kebijakan seperti Perpres No. 55 Tahun 2019, adopsi EV masih menghadapi tantangan signifikan, antara lain infrastruktur pengisian yang terbatas, harga kendaraan yang relatif tinggi, dan rantai pasok komponen dalam negeri yang belum matang (Kemenperin RI, 2024). Situasi ini menciptakan peluang sekaligus kebutuhan mendesak untuk penelitian dan pengembangan yang berfokus pada solusi praktis, terjangkau, dan berbasis sumber daya lokal, khususnya untuk aplikasi mobilitas terbatas seperti di kampus atau kawasan wisata.

2.1 Sistem Penggerak EV: Motor, Kontroler, dan Transmisi

Inti dari performa EV terletak pada sistem penggeraknya. Motor BLDC (Brushless Direct Current) sering dipilih untuk aplikasi daya menengah seperti dalam penelitian ini karena efisiensinya yang tinggi, torsi awal yang besar, dan perawatan yang minimal akibat tidak adanya sikat (brush) (Ahmad Dwi, 2024). Daya dan torsi dari motor ini diatur oleh sebuah kontroler (controller), yang berfungsi sebagai otak sistem. Kontroler menerjemahkan input dari pengemudi (seperti pedal gas) menjadi sinyal daya yang tepat untuk motor, sekaligus mengelola fungsi keselamatan seperti proteksi arus berlebih dan sistem pengereman regeneratif (Abu Daud Termudi, 2019). Komponen krusial lain adalah sistem transmisi. Berbeda dengan kendaraan konvensional, banyak EV menggunakan transmisi reduksi tunggal. Namun, **diferensial** tetap menjadi komponen kritis. Diferensial memungkinkan roda kiri dan kanan berputar dengan kecepatan berbeda saat kendaraan berbelok, mencegah selip ban dan memastikan stabilitas. Penelitian oleh Subagyo (2011) telah mengkaji pentingnya sistem transmisi yang disederhanakan untuk EV, menekankan pada keandalan dan efisiensi. Namun, literatur yang mendokumentasikan integrasi, fabrikasi, dan pengujian ketiga komponen ini (motor, kontroler, diferensial) dalam satu purwarupa lengkap dengan menggunakan komponen yang tersedia di pasar lokal masih terbatas.

2.2 Struktur dan Kenyamanan: Peran Chassis dan Suspensi

Kinerja EV tidak hanya bergantung pada sistem penggerak, tetapi juga pada integritas struktural dan kenyamanannya. *Chassis* atau rangka berfungsi sebagai fondasi yang menopang seluruh beban kendaraan, termasuk sistem kelistrikan yang berat seperti paket baterai. Pemilihan material yang tepat sangat krusial. Baja hollow galvanis dan pipa galvanis menjadi pilihan populer dalam penelitian lokal karena kombinasi kekuatan, ketahanan korosi, ketersediaan, dan kemudahan fabrikasi (Subagyo et al., 2020). Penelitian Hakim et al. (2022) tentang rancang bangun rangka mobil kampus memberikan dasar penting, namun seringkali berfokus pada aspek desain konseptual tanpa dilanjutkan dengan fabrikasi dan pengujian beban penuh. Sistem suspensi berperan sebagai peredam kejutan antara roda dan *chassis*, yang secara langsung mempengaruhi kenyamanan berkendara, traksi, dan keselamatan. Suspensi yang efektif akan menyerap guncangan dari permukaan jalan yang tidak rata, menjaga roda tetap menapak, dan meningkatkan kestabilan kendaraan. Performa suspensi sangat bergantung pada desain geometri, pemilihan pegas/peredam, dan kekuatan titik pengikatannya (baut). Perhitungan kekuatan baut penahan suspensi, seperti yang dilakukan dalam laporan tugas akhir ini, merupakan langkah penting dalam memastikan keamanan struktural namun sering kali kurang mendapat perhatian dalam penelitian eksperimen skala kecil.

2.3 Proses Manufaktur dan Validasi Kinerja

Keberhasilan realisasi purwarupa sangat bergantung pada proses manufaktur yang tepat. Proses-proses dasar seperti pemotongan (cutting), pengelasan (welding), pengeboran (drilling), dan penggerindaan (grinding) merupakan keterampilan kunci dalam fabrikasi *chassis* dan komponen suspensi (Bella, 2016; Wikipedia, 2025). Pengelasan *arc welding*, khususnya, harus menghasilkan sambungan yang kuat dan bebas cacat untuk menjamin keutuhan struktur di

bawah beban dinamis (Dlm, 2021). Setelah fabrikasi, tahap pengujian dan validasi menjadi penentu kelayakan desain. Pengujian harus komprehensif, meliputi tidak hanya kinerja listrik (seperti respon kontroler dan konsumsi daya), tetapi juga kinerja mekanis seperti kemampuan traksi, stabilitas berkendara, kenyamanan, dan ketahanan struktural. Metodologi pengujian yang sistematis, seperti yang diuraikan dalam bab metodologi laporan ini, masih belum banyak dibahas secara mendetail dalam publikasi sejenis.

2.4 Mengidentifikasi Research Gap dan Menetapkan Posisi Penelitian

Berdasarkan tinjauan di atas, dapat diidentifikasi beberapa kesenjangan penelitian (*research gap*):

1. Gap antara Desain dan Realisasi: Banyak studi (contoh: Hakim et al., 2022) berfokus pada desain simulasi atau konseptual tanpa dilanjutkan dengan dokumentasi menyeluruh tentang fabrikasi, perakitan, dan tantangan teknis di lapangan.
2. Gap dalam Pendekatan Berbasis Sumber Daya Lokal: Riset yang secara holistik mengintegrasikan pemilihan material dan komponen lokal yang mudah diperoleh (baja galvanis, motor BLDC komersial, baterai timbal-asam/lithium) ke dalam satu platform EV fungsional, dengan pertimbangan biaya dan kemudahan replikasi, masih jarang.
3. Gap pada Metodologi Pengujian Terpadu: Literatur yang menyajikan prosedur dan hasil pengujian kinerja menyeluruh mulai dari sistem kontrol, manuver, transmisi, hingga kenyamanan suspensi dan kekuatan *chassis* pada sebuah purwarupa EV rakitan lengkap masih terbatas.

Penelitian yang dilaporkan dalam dokumen ini secara eksplisit bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut. Kebaruan (*novelty*) utamanya terletak pada demonstrasi lengkap siklus rekayasa (*engineering cycle*) berupa rancang bangun, fabrikasi, dan pengujian eksperimental sebuah purwarupa mobil listrik 4-penumpang berdaya 3000W. Kontribusi spesifiknya adalah: (1) Menyajikan contoh konkret integrasi sistem penggerak (diferensial) dengan motor BLDC dan kontroler komersial pada sebuah *chassis* custom; (2) Membuktikan kelayakan material struktur lokal (baja hollow galvanis) melalui fabrikasi dan pengujian beban; serta (3) Menyediakan data empiris dari rangkaian pengujian kinerja yang dapat menjadi acuan bagi pengembangan EV skala terbatas di Indonesia, sekaligus memperkaya literatur teknik otomotif nasional yang bersifat aplikatif.

3. Metode

Penelitian ini mengadopsi metodologi rekayasa (*engineering design methodology*) yang sistematis dan iteratif, mengikuti alur standar perancangan produk dari identifikasi kebutuhan hingga validasi prototipe. Pendekatan ini dipilih untuk memastikan bahwa produk akhir—sebuah prototipe mobil listrik 4-penumpang berdaya 3000 Watt—memenuhi spesifikasi fungsional, dapat difabrikasi dengan sumber daya terbatas, dan aman untuk dioperasikan. Secara garis besar, penelitian dilaksanakan dalam tiga fase utama: (1) Perancangan Konseptual dan Analisis, (2) Fabrikasi dan Integrasi Sistem, dan (3) Pengujian Kinerja dan Evaluasi.

3.1 Pengumpulan Data dan Analisis Kebutuhan

Tahap awal dimulai dengan pengumpulan data untuk merumuskan kebutuhan (*design requirements*) dan spesifikasi produk. Dua metode utama yang digunakan adalah:

1. Studi Literatur: Dilakukan dengan menelaah jurnal, buku teks, prosiding, dan sumber online terpercaya yang membahas komponen mobil listrik, seperti motor BLDC, sistem kontrol, karakteristik *chassis*, dan proses manufaktur. Literatur ini menjadi dasar teoritis untuk pemilihan komponen dan perhitungan engineering.
2. Observasi dan Wawancara: Dilakukan dengan melibatkan alumni dan praktisi di bidang teknik untuk mendapatkan masukan praktis mengenai kebutuhan, kendala umum, dan harapan terhadap sebuah kendaraan listrik utilitas kampus.

Dari hasil pengumpulan data tersebut, dirumuskan Daftar Tuntutan (*Design Requirements*) yang terstruktur ke dalam lima aspek utama: (1) Rancangan (kesederhanaan, ketersediaan komponen), (2) Proses Manufaktur (kesesuaian dengan fasilitas kampus), (3) Perakitan

(kemudahan), (4) Keamanan Operasi, dan (5) Kemudahan Perawatan. Tuntutan ini menjadi acuan utama dalam setiap pengambilan keputusan desain.

3.2 Perancangan Konseptual dan Pemilihan Komponen

Tahap perancangan dilakukan secara sistematis dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Pembagian Fungsi Sistem: Sistem mobil listrik diuraikan menjadi fungsi-fungsi utama, yaitu: *Chassis/Rangka*, Sistem Penggerak/Transmisi, Suspensi, Motor Penggerak, Baterai, Kontroler, Sistem Kontrol, Roda, dan Diferensial. Setiap fungsi didefinisikan dengan jelas.
2. Generasi Alternatif Solusi: Untuk setiap fungsi utama, dikembangkan beberapa alternatif solusi berdasarkan studi pasar dan literatur. Sebagai contoh, untuk *chassis* dipertimbangkan alternatif *chassis* golf, monocoque, dan ladder frame. Untuk motor, dipertimbangkan motor BLDC, PMSM, dan motor induksi AC.
3. Evaluasi dan Pemilihan Alternatif Terbaik: Pemilihan alternatif dilakukan melalui metode evaluasi berbobot (*weighted decision matrix*). Setiap alternatif dinilai berdasarkan kriteria yang diturunkan dari Daftar Tuntutan, seperti desain, kemudahan manufaktur, perakitan, keamanan, dan perawatan. Berdasarkan analisis ini, dipilih kombinasi optimal: Rangka tipe ladder frame dari baja hollow galvanis, Motor BLDC 3000W, Roda dengan ban on-road, dan Diferensial belakang standar.
4. Perancangan Rinci dan Perhitungan Engineering: Setelah komponen utama dipilih, dilakukan perancangan rinci menggunakan perangkat lunak desain (mengacu pada "analisis virtual inventor" yang disebutkan dalam rumusan masalah). Dilakukan pula perhitungan engineering untuk memastikan kinerja dan keamanan, antara lain:
 1. Kebutuhan Baterai: Dihitung berdasarkan spesifikasi motor 3000W/72V, diperoleh kebutuhan arus 41,67A. Dipilih konfigurasi 6 baterai 12V 42Ah disusun seri untuk mencapai 72V.
 2. Gaya Dorong Minimal: Dihitung untuk memastikan motor dapat menggerakkan mobil. Dengan asumsi beban 300 kg dan koefisien gesek ban-aspal 1.0, gaya dorong minimal yang dibutuhkan adalah 735,75 N.
 3. Kekuatan Baut Suspensi: Dianalisis menggunakan prinsip kesetimbangan statis untuk mengevaluasi tegangan geser pada baut M14. Hasil perhitungan menunjukkan tegangan kerja ($1,85 \text{ N/mm}^2$) jauh di bawah tegangan izin material (144 N/mm^2), sehingga dinyatakan aman.

3.3 Fabrikasi dan Integrasi Sistem

Proses pembuatan prototipe mengikuti prosedur manufaktur standar yang disesuaikan dengan fasilitas yang tersedia. Material utama (baja hollow galvanis dan pipa galvanis) disiapkan terlebih dahulu. Proses fabrikasi utama meliputi:

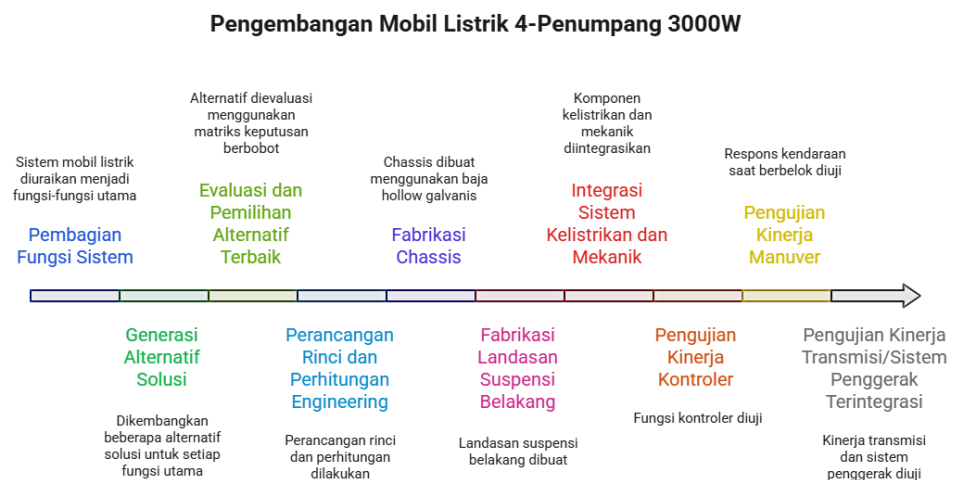
1. Pembuatan Chassis: Melibatkan proses marking (penandaan), cutting (pemotongan) sesuai ukuran desain, assembly (penyusunan komponen), dan pengelasan (arc welding) untuk menyambungkan seluruh elemen rangka. Tahap ini dilengkapi dengan quality control visual dan pemeriksaan kesikuan.
2. Pembuatan Landasan Suspensi Belakang: Proses serupa diterapkan, dengan penambahan proses pengeboran (drilling) yang presisi untuk titik pemasangan shock absorber dan komponen suspensi.
3. Penggerindaan (Grinding): Dilakukan pada semua bagian yang tajam atau tidak rata hasil pengelasan dan pemotongan untuk keamanan dan estetika.
4. Integrasi Sistem Kelistrikan dan Mekanik: Komponen yang dibeli seperti motor BLDC, diferensial, kontroler 3 fasa, rangkaian kendali (switch, pedal gas), dan paket baterai dirakit ke dalam chassis. Sistem kabel dirangkai secara seri dan paralel sesuai diagram yang telah dirancang, dengan memperhatikan polaritas dan proteksi.

3.4 Pengujian Kinerja dan Evaluasi

Prototipe yang telah selesai dirakit kemudian menjalani serangkaian pengujian fungsional untuk memvalidasi kinerjanya. Pengujian dilakukan di lingkungan kampus dan terbagi atas:

1. Pengujian Kinerja Kontroler: Menguji seluruh fungsi kontroler meliputi *On/Off* sistem, pergerakan maju (*forward*), mundur (*reverse*), serta pemilihan kecepatan rendah (*low speed*) dan tinggi (*high speed*). Setiap fungsi diuji dan dicatat hasilnya (berhasil/gagal).
2. Pengujian Kinerja Manuver: Menguji respons kendaraan saat berbelok ke kiri dan kanan untuk memastikan sistem kemudi dan diferensial bekerja dengan baik.
3. Pengujian Kinerja Transmisi/Sistem Penggerak Terintegrasi: Merupakan pengujian komprehensif dengan kriteria:
 1. Kemampuan Traksi: Kemampuan mobil bergerak dan berakselerasi di permukaan rata.
 2. Kinerja Transmisi: Kelancaran perpindahan daya dari motor ke roda tanpa abnormal noise.
 3. Kestabilan dan Keseimbangan: Perilaku kendaraan saat pengereman dan saat berbelok.
 4. Kenyamanan Berkendara: Kemampuan suspensi meredam guncangan di permukaan tidak rata.

Secara grafis berikut gambar langkah – langkah Penelitian yang dilakukan dalam penyelesaian produk ini



Gambar 1. langkah langkah Penyelesaian Mobil Lisrik

4. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan metodologi rekayasa yang telah dijelaskan, penelitian ini berhasil merealisasikan sebuah purwarupa mobil listrik 4-penumpang berdaya 3000 Watt. Bagian ini menyajikan capaian utama yang meliputi proses fabrikasi, integrasi sistem, hasil akhir prototipe, serta pembahasan komprehensif terhadap hasil pengujian kinerja. Data dan observasi yang diperoleh membuktikan kehandalan desain dan kelayakan teknologi yang diterapkan.

4.1 Hasil Fabrikasi dan Proses Manufaktur *Chassis* serta Sistem Suspensi

Proses transformasi material baja hollow galvanis dan pipa galvanis menjadi struktur utama kendaraan dilakukan melalui serangkaian tahapan manufaktur standar. Seperti terlihat pada Gambar 1 (Proses Fabrikasi), tahap awal meliputi *marking* dan *cutting* material sesuai dengan dimensi yang telah ditentukan dalam gambar kerja. Presisi pada tahap ini sangat krusial untuk memastikan kompatibilitas semua komponen pada tahap perakitan.

Proses inti adalah pengelasan (*arc welding*) untuk menyambungkan seluruh komponen rangka (*chassis*) dan landasan suspensi belakang. Hasil pengelasan menunjukkan kontinuitas dan penetrasi yang baik, menghasilkan sambungan yang kokoh. Setelah pengelasan, dilakukan *grinding* pada seluruh sambungan untuk menghaluskan permukaan dan menghilangkan slag, sehingga meningkatkan keamanan dan estetika. Tahap *quality control* secara visual dan pengukuran mengonfirmasi bahwa struktur yang dihasilkan memiliki kesikuan dan dimensi yang sesuai dengan desain, yang menjadi fondasi bagi integritas mekanik keseluruhan kendaraan.



Gambar 1. Proses Fabrikasi (*Cutting, Welding, dan Grinding*)

4.2 Integrasi Sistem dan Tahap Perakitan Akhir

Setelah struktur utama selesai, tahap perakitan dilakukan untuk mengintegrasikan seluruh sub-sistem menjadi satu unit fungsional. Gambar 2 (Proses Perakitan) mengilustrasikan momen integrasi komponen-komponen utama. Motor BLDC 3000 Watt dan unit diferensial dipasang pada posisi yang telah ditentukan di bagian belakang *chassis*. Pemasangan ini memerlukan perhatian pada keselarasan (*alignment*) poros motor dengan input diferensial untuk menghindari getaran dan kehilangan daya.

Secara paralel, sistem kelistrikan dirangkai. Paket baterai yang terdiri dari 6 unit 12V 42Ah disusun secara seri dan diamankan pada tempatnya. *Controller* 3 fasa, yang menjadi otak sistem, dipasang dan dihubungkan ke motor, baterai, pedal akselerator, dan *switch* maju/mundur. Seluruh kabel diorganisir dengan menggunakan *cable tie* dan *conduit* untuk keamanan dan kerapian. Pemasangan sistem suspensi independen di keempat roda, beserta roda dan ban, menandai penyelesaian perakitan mekanik. Proses ini menegaskan bahwa desain yang dibuat memang mudah dirakit dengan peralatan *hand tool* standar, sesuai dengan salah satu tuntutan perancangan awal.



Gambar 2. Proses Perakitan Akhir dan Integrasi Sistem Motor, Diferensial

4.3 Hasil Akhir Prototipe dan Uji Fungsi Dasar

Gambar 3 (Prototipe Hasil Akhir) menunjukkan produk jadi dari penelitian ini. Purwarupa

mobil listrik telah terbentuk utuh dengan dimensi yang kompak. Visualisasi mengkonfirmasi bahwa konsep bentuk yang dirancang telah terwujud secara fisik. Prototipe siap untuk menjalani serangkaian pengujian fungsional.

Sebelum pengujian performa dinamis, dilakukan terlebih dahulu uji fungsi dasar semua sistem. Uji coba ini mencakup:

1. Sistem Kelistrikan: Memastikan seluruh *switch*, lampu, dan indikator berfungsi. Tegangan baterai terukur stabil pada 72V.
2. Sistem Kontrol Dasar: Fungsi *on/off*, seleksi maju (*forward*), dan mundur (*reverse*) dapat dioperasikan dengan normal melalui *controller*. Respon pedal akselerator juga terasa linear.
3. Sistem Kemudi dan Rem: Kemudi responsif dan sistem rem mekanik berfungsi dengan baik untuk menghentikan kendaraan.

Keberhasilan uji fungsi dasar ini menjadi prasyarat penting untuk melanjutkan ke pengujian kinerja yang lebih menantang di bawah kondisi berpengemudi dan berbeban.



Gambar 3. Prototipe Akhir Mobil Listrik 4-Penumpang

4.4 Pembahasan Hasil Pengujian Kinerja dan Analisis

Setelah uji fungsi dasar berhasil, prototipe menjalani pengujian kinerja menyeluruh. Hasil pengujian, seperti yang dirangkum dalam Tabel 4.1 hingga 4.3 pada laporan lengkap, memberikan data empiris untuk dianalisis.

4.4.1 Kinerja Sistem Penggerak dan Transmisi

Pengujian kemampuan traksi dan kinerja transmisi memberikan hasil yang Sangat Baik. Motor BLDC 3000 Watt bersama *controller*-nya berhasil menggerakkan mobil dengan mulus, baik pada kecepatan rendah (*low speed*) maupun tinggi (*high speed*). Akselerasi terasa memadai untuk kebutuhan operasional di dalam kampus. Tidak ada suara atau getaran abnormal yang mengindikasikan misalignment atau gangguan pada sistem transmisi diferensial. Hal ini membuktikan bahwa pemilihan motor BLDC dan konfigurasi transmisi tunggal dengan diferensial merupakan solusi yang efektif dan sesuai untuk aplikasi ini. Perhitungan gaya dorong minimal sebelumnya (735,75 N) telah divalidasi oleh kemampuan mobil untuk bergerak bahkan dengan beban mendekati 300 kg.

4.4.2 Stabilitas, Kenyamanan, dan Keamanan Struktural

Pada aspek kestabilan dan keseimbangan, sistem mendapat penilaian Baik. Mobil dapat berbelok dengan stabil tanpa menunjukkan gejala *oversteer* atau *understeer* yang berbahaya, berkat

fungsi diferensial yang optimal. Suspensi yang menggunakan pegas dan shock absorber standar berhasil meredam guncangan dengan memadai saat melalui jalan bergelombang, memberikan kenyamanan yang Baik. Yang paling krusial, evaluasi keamanan secara keseluruhan juga memperoleh nilai Baik. Struktur *chassis* dari baja hollow galvanis terbukti mampu menahan beban statis dan dinamis selama pengujian tanpa terjadinya deformasi permanen atau kegagalan las. Analisis perhitungan kekuatan baut suspensi M14 yang menunjukkan tegangan kerja ($1,85 \text{ N/mm}^2$) jauh di bawah batas izin material (144 N/mm^2) memberikan justifikasi teoritis yang kuat bagi keamanan sambungan kritis ini. Hasil ini sejalan dengan temuan Subagyo et al. (2020) mengenai kelayakan material baja untuk aplikasi *chassis* EV rakitan.

4.4.3 Efisiensi Sistem dan Kinerja *Controller*

Pengujian kinerja *controller* mencatat bahwa semua fungsi operasional maju, mundur, *low/high speed* berjalan dengan sempurna (100% berhasil). *Controller* menunjukkan respons yang cepat dan stabil terhadap input pengemudi. Dari sisi efisiensi energi, penggunaan baterai 72V 42Ah ($\approx 3 \text{ kWh}$) memberikan jarak tempuh yang memadai untuk rute terbatas di dalam area kampus. Namun, pengujian lebih lanjut mengenai jarak tempuh spesifik dan pengaruh beban terhadap konsumsi daya dapat menjadi topik penelitian mendatang.

4.4.5 Rekonsiliasi Hasil dengan Tujuan Penelitian dan *Research Gap*

Temuan-temuan di atas secara langsung menjawab tujuan penelitian. *Pertama*, sistem penggerak (motor, *controller*, diferensial) telah berhasil diwujudkan dan terbukti mampu menggerakkan mobil secara aman dan andal. *Kedua*, *chassis* yang ringan dan kuat berhasil dikonstruksi dari material lokal, sesuai tujuan perancangan struktural. *Ketiga*, seluruh proses yang dilakukan mulai dari seleksi material, perhitungan konvensional, fabrikasi, hingga pengujian telah membuktikan keefektifan metode yang dipilih.

Dengan demikian, penelitian ini berhasil mengisi *research gap* yang diidentifikasi sebelumnya, khususnya mengenai: (1) Dari konsep ke realisasi, dengan menyajikan dokumentasi lengkap proses fabrikasi dan integrasi; (2) Pemanfaatan sumber daya lokal, melalui penggunaan material dan komponen yang tersedia di pasaran Indonesia; dan (3) Validasi kinerja terpadu, dengan menyajikan hasil pengujian yang komprehensif bukan hanya pada komponen tunggal, tetapi pada sistem yang beroperasi utuh. Prototipe yang dihasilkan bukan hanya membuktikan konsep (*proof-of-concept*), tetapi juga berfungsi sebagai platform edukasi dan pengembangan lebih lanjut yang sangat berharga bagi sivitas akademika.

6. Kesimpulan

Berdasarkan seluruh proses penelitian yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan bahwa tujuan utama dari penelitian ini, yaitu merancang, memfabrikasi, dan menguji kinerja purwarupa mobil listrik 4 penumpang berdaya 3000 Watt dengan fokus pada konstruksi sistem suspensi dan penggerak, telah berhasil tercapai. Implementasi metodologi rekayasa yang sistematis mulai dari analisis kebutuhan, perancangan konseptual, evaluasi alternatif, hingga fabrikasi dan validasi eksperimental telah menghasilkan sebuah prototipe fungsional yang membuktikan kelayakan desain dan teknologi yang diterapkan.

Secara spesifik, penelitian ini menghasilkan tiga temuan utama. *Pertama*, sistem penggerak yang terintegrasi, terdiri dari motor BLDC 3000W, *controller* 3 fasa, dan transmisi diferensial, telah dibuktikan kinerjanya. Hasil pengujian menunjukkan sistem ini mampu menggerakkan kendaraan dengan stabil, responsif, dan aman di bawah beban operasional, sehingga menjawab tantangan dalam mentransfer daya secara efektif dari sumber listrik ke penggerak roda. *Kedua*, konstruksi *chassis* dan sistem suspensi yang menggunakan material baja *hollow* dan pipa galvanis terbukti memenuhi kriteria kekuatan dan keamanan. Analisis perhitungan dan pengujian fisik mengonfirmasi bahwa struktur dapat menopang beban hingga 300 kg tanpa mengalami deformasi, sekaligus memberikan kestabilan dan kenyamanan berkendara yang memadai melalui sistem suspensi yang dipasang. *Ketiga*, seluruh proses pembuatan membuktikan bahwa pendekatan *design-for-manufacturing* dengan memanfaatkan komponen dan material yang tersedia secara lokal, serta proses fabrikasi dasar seperti pengelasan dan perakitan,

adalah strategi yang efektif dan dapat direplikasi untuk pengembangan kendaraan listrik skala terbatas di Indonesia.

Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi nyata, baik secara praktis maupun akademis. Kontribusi praktisnya berupa prototipe dan dokumentasi proses yang dapat menjadi rujukan untuk pengembangan EV aplikatif di lingkungan kampus atau kawasan terbatas. Secara akademis, penelitian ini memperkaya khazanah literatur teknik otomotif nasional dengan menyajikan studi kasus komprehensif dari desain hingga validasi, sekaligus mengisi *research gap* terkait integrasi sistem dan pengujian kinerja terpadu pada platform EV rakitan dalam negeri. Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan untuk melakukan optimasi pada sistem manajemen baterai, pengujian ketahanan (*endurance test*) dalam jangka waktu panjang, serta eksplorasi penggunaan material komposit yang lebih ringan guna meningkatkan efisiensi energi secara keseluruhan.

Referensi

1. Abu Daud Termudi. (2019). Teknologi dasar otomotif. Penerbit Andi.
2. Ahmad Dwi. (2024, 15 Februari). Mengapa komponen controller sangat vital dalam mobil listrik? Listrik Indonesia. <https://listrikindonesia.com/detail/14517/mengapa-komponen-controller-sangat-vital-dalam-mobil-listrik>
3. Aldhi, M. (2023). Rancang bangun prototype mobil listrik sistem Universitas Medan Area. Jurnal Teknik Mesin, 12(1), 45-56.
4. Bella. (2016, 16 November). Proses permesinan gerinda. Bella's Engineering Notes. <https://bellarukmana.wordpress.com/2016/11/16/gerinda-alat/>
5. Dlm. (2021, Oktober). Definisi dan proses welding pada manufaktur logam. Majalah DLM. <https://dml.co.id/id/magazine/21/definisi-dan-proses-welding-pada-manufaktur-logam>
6. Hakim, M. A., Heriana, E., & Ekoprianto, A. (2022). Rancang bangun rangka (chasis) mobil kampus. Jurnal Teknologi dan Rekayasa, 1(2), 4-11.
7. International Energy Agency. (2023). Global EV outlook 2023. <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2023>
8. Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. (2024). Roadmap pengembangan kendaraan listrik nasional.
9. Muhaimin, A. (2024). Al Jazari rancang bangun poros back wheel pada prototipe mobil listrik Heulang Galunggung. Jurnal Al Jazari, 9(1), 71-77.
10. Subagyo, D. G. (2011). Rancang bangun sistem transmisi untuk mobil listrik dan mobil hybrid. Jurnal Teknologi Bahan dan Barang Teknik, 1(1), 31-40. <https://doi.org/10.37209/jtbtt.v1i1.15>
11. Subagyo, R., Ghofur, A., Cahyono, G. R., Isworo, H., & Saputra, M. R. P. (2020). Rancang bangun dan pembuatan mobil listrik bertenaga solar cell. Buletin Profesi Insinyur, 3(1), 1-10. <https://doi.org/10.20527/bpi.v3i1.58>