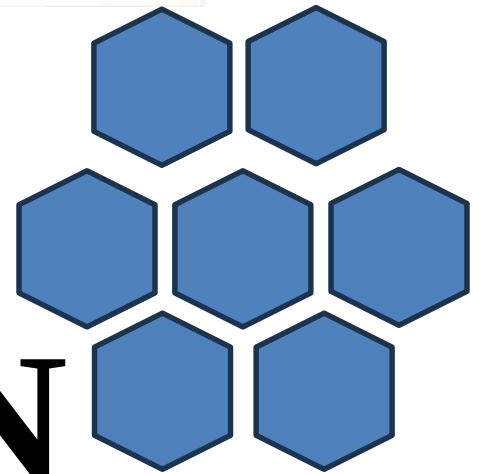


BUKU PEDOMAN



KILAT-EV (Koper Inovasi Listrik Automotive Trainer-Electric Vehicle In The Light Vehicle Engineering Department SMK Negeri 3 Tuban)

Inovasi Rancang Bangun Koper Mobil Listrik Mini Berbasis Motor BLDC untuk edukasi basic system Electric Vehicle siswa SMK Negeri 3 Tuban



Farich Wajdi Noorhadi S.T

**BUKU PANDUAN INOVASI
INOVASI RANCANG BANGUN
KOPER MOBIL LISTRIK MINI
BERBASIS MOTOR BLDC
UNTUK EDUKASI BASIC SISTEM ELECTRIC VEHICLE
SISWA SMK NEGERI 3 TUBAN**

Panduan teknis pembuatan prototype, pengujian,
pengoperasian, keselamatan, dan perawatan

**SMK NEGERI 3 TUBAN
KOMPETENSI KEAHLIAN TEKNIK KENDARAAN RINGAN**

Tuban, 2026

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga Buku Panduan Inovasi “Rancang Bangun Koper Mobil Listrik Mini Berbasis Motor BLDC untuk Edukasi Basic Sistem Electric Vehicle Siswa SMK Negeri 3 Tuban” dapat disusun.

Buku panduan ini disusun sebagai pedoman teknis dan pembelajaran untuk membantu guru dan siswa memahami konsep dasar kendaraan listrik melalui sebuah prototype trainer yang ringkas, mudah dipindahkan, dan dapat digunakan sebagai media praktik. Struktur buku ini mengikuti pola buku panduan inovasi pada dokumen contoh yang menjadi acuan, yaitu pendahuluan, dasar teori dan tinjauan pustaka, prosedur pembuatan prototype, proses pengujian, standar pengoperasian, perawatan, dan daftar pustaka.

Prototype koper mobil listrik mini dirancang sebagai media demonstrasi dan praktik dasar sistem Electric Vehicle (EV). Sistem pembelajaran diarahkan agar siswa dapat mengenali hubungan antara baterai, pengaman listrik, controller, motor BLDC, throttle, sistem transmisi, serta indikator/alat ukur. Dengan pendekatan learning by doing dan project based learning, siswa diharapkan tidak hanya memahami teori, tetapi juga mampu melakukan pemeriksaan, pengukuran, pengoperasian, dan perawatan dasar secara aman.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang mendukung pengembangan inovasi ini di lingkungan SMK Negeri 3 Tuban. Buku ini masih dapat disempurnakan sesuai hasil pengujian prototype, perkembangan teknologi kendaraan listrik, dan kebutuhan pembelajaran. Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan.

Semoga buku panduan ini memberikan manfaat bagi sekolah, guru, siswa, serta menjadi dokumentasi pengembangan inovasi pembelajaran kendaraan listrik di SMK Negeri 3 Tuban.

Tuban, 14 Agustus 2026
Penyusun

Farich Wajdi Noorhadi, S.T.

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pendidikan kejuruan memiliki peranan penting dalam menyiapkan sumber daya manusia yang memiliki kompetensi teknis, keterampilan kerja, kemampuan memecahkan masalah, serta sikap profesional. Pada pembelajaran Teknik Kendaraan Ringan, perkembangan teknologi kendaraan listrik menuntut adanya media praktik yang memungkinkan peserta didik mempelajari prinsip dasar Electric Vehicle secara nyata.

Dokumen contoh yang menjadi acuan buku ini menggunakan pendekatan prototype sebagai media pembelajaran berbasis praktik. Pola tersebut diadaptasi untuk konteks kendaraan listrik: materi tidak hanya disampaikan melalui teori, tetapi divisualisasikan melalui hubungan antarkomponen dan pengukuran langsung pada prototype.

Koper Mobil Listrik Mini berbasis motor Brushless DC (BLDC) merupakan media trainer yang dirancang dalam bentuk kompak seperti koper sehingga komponen utama sistem kendaraan listrik dapat ditata secara terstruktur dan mudah dibawa ke ruang kelas maupun bengkel.

Prototype dapat digunakan untuk mengenalkan alur energi listrik dari baterai menuju controller dan motor, serta fungsi throttle, pengaman, konektor, indikator, dan sistem mekanik.

Pemilihan motor BLDC didasarkan pada penggunaannya yang luas pada kendaraan listrik ringan karena konstruksinya tidak menggunakan sikat mekanis pada bagian rotor, memiliki efisiensi dan karakteristik kendali yang sesuai untuk aplikasi kendaraan listrik, serta memungkinkan siswa mempelajari hubungan antara sistem kelistrikan dan mekanik.

Sebagai media pembelajaran, koper trainer ini diarahkan bukan untuk menggantikan kendaraan listrik sebenarnya, tetapi sebagai alat bantu untuk memahami basic system EV secara aman. Pembelajaran dapat mencakup identifikasi komponen, membaca diagram, pemeriksaan kabel dan konektor, pengukuran tegangan, simulasi pengendalian motor, pengamatan perubahan putaran, serta diagnosis gangguan dasar.

Inovasi ini juga mendukung pembelajaran berbasis proyek. Siswa dapat terlibat dalam perancangan, fabrikasi rangka/koper, instalasi kelistrikan, pengujian, dokumentasi, dan evaluasi. Dengan demikian, prototype dapat menjadi sarana integrasi kompetensi teknik kendaraan ringan, kelistrikan otomotif, keselamatan kerja, pengukuran, dan pemecahan masalah.

B. Tujuan

1. Memberikan panduan teknis pembuatan dan pengoperasian Koper Mobil Listrik Mini berbasis motor BLDC.
2. Memperkenalkan basic system Electric Vehicle kepada siswa melalui media praktik yang ringkas dan mudah dipindahkan.
3. Melatih siswa melakukan identifikasi komponen, pembacaan diagram, pemeriksaan, pengukuran, dan pengujian sistem EV dasar.

4. Mendorong pembelajaran berbasis proyek dan pengembangan budaya inovasi di lingkungan SMK Negeri 3 Tuban.
5. Menjadi referensi pengembangan trainer kendaraan listrik yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan pembelajaran.

C. Manfaat

Bagi Sekolah: Menambah media praktik inovatif untuk pembelajaran kendaraan listrik dan memperkuat budaya pengembangan teknologi di sekolah.

Bagi Guru: Membantu guru menyediakan media demonstrasi yang terstruktur untuk menjelaskan hubungan sistem kelistrikan, kendali, dan mekanik pada EV.

Bagi Siswa: Memberikan pengalaman langsung dalam identifikasi, pengukuran, pengoperasian, perawatan, dan diagnosis dasar sistem EV.

Bagi Dunia Industri: Menjadi media awal untuk memperkenalkan kompetensi dasar yang relevan dengan perkembangan kendaraan listrik.

Bagi Pengembangan Inovasi: Menjadi prototype yang dapat dikembangkan menjadi trainer dengan data akuisisi, display parameter, dan modul diagnosis yang lebih lengkap.

BAB II

DASAR TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

A. Konsep Dasar Electric Vehicle

Electric Vehicle (EV) adalah kendaraan yang menggunakan energi listrik untuk menghasilkan gaya gerak. Pada sistem kendaraan listrik sederhana, energi listrik disimpan pada baterai, kemudian dialirkan melalui rangkaian pengaman dan pengendali daya menuju motor listrik. Motor mengubah energi listrik menjadi energi mekanik untuk menghasilkan putaran yang diteruskan ke roda melalui sistem transmisi.

Secara umum aliran energi pada trainer dapat digambarkan sebagai: Baterai → Fuse/MCB atau pengaman → Main Switch → Controller → Motor BLDC → Transmisi/Roda. Throttle memberikan perintah kepada controller untuk mengatur keluaran daya motor. Diagram tersebut menjadi konsep utama yang dipelajari siswa.

B. Motor BLDC

Brushless DC (BLDC) motor merupakan motor listrik yang menggunakan komutasi elektronik sebagai pengganti komutator dan sikat mekanis. Pada aplikasi trainer, controller menerima sinyal posisi rotor dan mengatur arus ke kumparan stator sehingga terbentuk medan magnet berputar yang menghasilkan torsi.

Komponen penting yang perlu dikenali siswa meliputi kabel fase motor, kabel sensor Hall apabila motor menggunakannya, konektor, rumah motor, dan poros. Nilai tegangan, arus, daya, dan putaran harus mengikuti spesifikasi motor dan controller yang benar-benar digunakan pada prototype.

C. Baterai dan Sistem Manajemen/Pengamanan

Baterai merupakan sumber energi utama trainer. Kapasitas baterai biasanya dinyatakan dalam Ah, sedangkan energi secara sederhana dapat diperkirakan dari hasil kali tegangan nominal dan kapasitas dalam Ah. Pada prototype pembelajaran, baterai harus dilengkapi pengaman yang sesuai, koneksi yang kuat, serta perangkat manajemen baterai/BMS apabila menggunakan paket baterai yang memerlukannya.

Siswa perlu memahami bahwa baterai bukan sekadar sumber tegangan, tetapi merupakan komponen yang memerlukan prosedur penyimpanan, pengisian, pemeriksaan konektor, dan perlindungan terhadap hubung singkat. Spesifikasi pengisian wajib mengikuti jenis baterai dan charger yang digunakan.

D. Controller, Throttle, dan Sistem Kendali

Controller berfungsi mengatur energi listrik yang diberikan kepada motor sesuai perintah sistem kendali. Throttle pada trainer menjadi antarmuka input yang memungkinkan siswa melihat hubungan antara perubahan perintah dan respons motor.

Pada praktik, siswa dapat mempelajari fungsi kabel supply, kabel fase motor, input throttle, koneksi Hall sensor jika tersedia, serta terminal pengaman dan indikator. Identifikasi pin harus mengacu pada

wiring diagram dan manual controller yang dipakai, karena konfigurasi warna kabel tidak selalu sama antarprodusen.

E. Sistem Transmisi dan Roda

Energi mekanik dari motor disalurkan ke roda melalui sistem transmisi yang dapat berupa sprocket-rantai, pulley-belt, gearbox, atau konfigurasi lain sesuai rancangan. Sistem transmisi mempengaruhi kecepatan dan torsi pada roda. Untuk media pembelajaran, bagian transmisi sebaiknya diberi pelindung agar siswa tidak kontak dengan komponen yang berputar.

Pemeriksaan meliputi kekencangan pengikat, kelurusan, kondisi rantai/belt, pelumasan jika diperlukan, dan kebebasan putaran roda.

F. Keselamatan Kerja Tegangan Rendah DC

Walaupun trainer pembelajaran dapat menggunakan sistem tegangan DC yang relatif rendah dibanding kendaraan listrik bertegangan tinggi, energi listrik yang tersimpan pada baterai tetap dapat menyebabkan arus besar dan pemanasan pada kabel atau konektor saat terjadi hubung singkat. Karena itu, pengaman, fuse, konektor, isolasi, dan prosedur kerja tetap harus diperhatikan.

Prinsip utama keselamatan adalah mematikan sumber energi sebelum melakukan pekerjaan instalasi/perawatan, menggunakan alat ukur yang sesuai, tidak melakukan short circuit, menjaga bagian berputar tetap terlindungi, serta memastikan hanya pengguna yang telah mendapatkan pengarahan yang mengoperasikan prototype.

G. Tinjauan Pengembangan Media Trainer EV

Buku contoh yang menjadi acuan menunjukkan bahwa prototype inovasi sekolah dapat dikembangkan sebagai media edukasi dengan alur deskripsi, alat-bahan, pembuatan, skema, pengujian, SOP, dan perawatan. Pola tersebut diterapkan pada trainer EV ini agar dokumentasi inovasi sekaligus berfungsi sebagai pedoman praktik siswa.

Pengembangan lanjutan dapat diarahkan pada penambahan display tegangan/arus, pencatatan data, simulasi gangguan, indikator status sistem, modul sensor, serta jobsheet terstruktur. Bagian tersebut merupakan peluang pengembangan dan bukan klaim bahwa fitur telah tersedia pada prototype awal.

BAB III

PROSEDUR PEMBUATAN PROTOTYPE

A. Deskripsi Prototype

Koper Mobil Listrik Mini berbasis motor BLDC merupakan trainer pembelajaran yang menempatkan komponen basic EV pada satu unit koper/rangka portabel. Tata letak dibuat terbuka dan teridentifikasi agar siswa dapat melihat hubungan antarbagian. Prototype terdiri atas subsistem sumber energi, pengaman, pengendali, aktuator/motor, input kendali, dan bagian mekanik.

B. Alat dan Bahan

1. Alat

- Multimeter/avometer
- Tang crimping dan wire stripper
- Obeng dan kunci set
- Bor dan mata bor sesuai kebutuhan
- Gerinda/pemotong sesuai kebutuhan fabrikasi
- Solder dan perlengkapan penyambungan (bila diperlukan)
- Alat ukur mekanik sederhana
- APD: kacamata keselamatan, sarung tangan kerja sesuai aktivitas, dan sepatu keselamatan

2. Komponen/bahan utama

- Panel/koper/rangka trainer dan dudukan komponen
- Paket baterai sesuai spesifikasi desain
- Motor BLDC sesuai tegangan dan daya desain
- Controller BLDC yang kompatibel dengan motor dan baterai
- Throttle/hand grip atau input throttle yang sesuai
- Fuse/MCB/pengaman arus dan main switch
- Kabel dan konektor dengan ukuran sesuai arus kerja
- Terminal block/connector dan heat-shrink/isolasi
- Roda, poros, bearing, serta sistem transmisi sesuai rancangan
- Indikator tegangan/status dan monitor display
- Baut, mur, bracket, cable ties, pelindung kabel dan komponen mekanik

Catatan: spesifikasi nominal setiap komponen harus diisi berdasarkan datasheet/label komponen yang benar-benar dipasang pada prototype. Jangan menggunakan rating contoh sebagai pengganti spesifikasi aktual.

C. Desain dan Arsitektur Sistem

Arsitektur dasar yang digunakan sebagai acuan pembelajaran:

BATERAI → PENGAMAN/FUSE → MAIN SWITCH → CONTROLLER



Keterangan: jalur aktual harus disesuaikan dengan wiring diagram controller dan komponen yang digunakan. Sebelum diberi energi, lakukan verifikasi polaritas, kontinuitas, kekencangan terminal, serta potensi hubung singkat.

D. Langkah-Langkah Pembuatan

- 1. Perencanaan dan desain** — Tentukan tujuan pembelajaran, tegangan sistem, daya motor, kapasitas baterai, dimensi koper, posisi komponen, jalur kabel, pengaman, dan metode transmisi. Buat layout sebelum fabrikasi.
- 2. Pembuatan panel/rangka** — Potong dan bentuk panel/rangka sesuai desain. Buat dudukan baterai, controller, motor, switch, fuse, throttle, serta komponen mekanik. Pastikan tepi panel tidak tajam.
- 3. Pemasangan komponen mekanik** — Pasang motor, poros, bearing, roda, dan transmisi. Atur kelurusan serta kekencangan transmisi. Pastikan roda dapat berputar tanpa gesekan berlebihan.
- 4. Pemasangan komponen kelistrikan** — Pasang baterai, fuse/pengaman, main switch, controller, konektor motor, throttle, dan indikator. Gunakan kabel yang sesuai kemampuan arus dan tata jalur kabel agar tidak dekat bagian bergerak.
- 5. Pembuatan dan penandaan wiring** — Beri label pada terminal positif, negatif, input throttle, koneksi motor, dan jalur pengaman. Buat diagram wiring aktual berdasarkan komponen yang terpasang.
- 6. Integrasi sistem** — Hubungkan subsistem secara bertahap. Pemeriksaan dilakukan tanpa sumber energi terlebih dahulu. Setelah seluruh koneksi terverifikasi, lakukan energisasi awal dengan roda tidak menyentuh lantai/beban.
- 7. Finishing** — Rapihan kabel, pasang pelindung bagian bergerak, beri label keselamatan, dan dokumentasikan kondisi akhir prototype.

E. Integrasi dan Pengkabelan

Urutan pemeriksaan sebelum energisasi:

6. Verifikasi polaritas baterai dan jalur positif/negatif.
7. Pastikan fuse/pengaman berada pada jalur yang direncanakan.
8. Pastikan main switch dapat memutus sumber energi.
9. Pastikan konektor motor dan controller terpasang kuat.
10. Pastikan koneksi throttle sesuai diagram controller.
11. Pastikan tidak ada konduktor terbuka yang berpotensi menyentuh rangka.
12. Pastikan kabel tidak terjepit, tidak dekat komponen panas, dan tidak berada pada lintasan komponen berputar.
13. Pastikan roda/motor berada pada kondisi aman saat uji putar awal.

F. Aspek Keamanan

- Gunakan APD sesuai pekerjaan.

- Jangan mengubah wiring ketika baterai masih terhubung.
- Gunakan fuse/pengaman sesuai desain dan jangan menggantinya dengan rating sembarangan.
- Jangan menghubungkan terminal baterai secara langsung.
- Lakukan pengisian baterai menggunakan charger yang sesuai dengan jenis dan spesifikasi baterai.
- Pasang pelindung pada bagian transmisi/roda yang berputar.
- Pengoperasian siswa dilakukan di bawah supervisi guru/instruktur.

BAB IV

PROSES PENGUJIAN

A. Tujuan Pengujian

Pengujian dilakukan untuk memastikan prototype aman, berfungsi sesuai rancangan, dan dapat digunakan sebagai media pembelajaran. Pengujian mencakup pemeriksaan mekanik, kelistrikan, respons kendali, fungsi motor, serta pengujian operasional dasar.

B. Persiapan Pengujian

14. Periksa kondisi fisik koper/rangka, baut, bracket, roda, dan transmisi.
15. Periksa kondisi kabel, konektor, fuse, main switch, dan indikator.
16. Ukur tegangan baterai menggunakan alat ukur yang sesuai.
17. Pastikan controller dan motor kompatibel sesuai datasheet.
18. Pastikan area uji bebas dari benda yang dapat tersangkut pada bagian berputar.
19. Siapkan lembar pencatatan hasil pengujian.

C. Pengujian Kelistrikan

20. Ukur tegangan baterai sebelum pengoperasian dan catat hasilnya.
21. Periksa kontinuitas jalur sesuai diagram saat sistem tidak diberi energi.
22. Periksa fungsi main switch dan pengaman.
23. Periksa adanya panas berlebih pada kabel/konektor setelah uji.
24. Ukur tegangan pada titik yang relevan sesuai prosedur controller.

D. Pengujian Motor dan Kendali

25. Pastikan roda dalam kondisi aman untuk uji awal.
26. Aktifkan main switch sesuai SOP.
27. Berikan input throttle secara perlahan.
28. Amati arah putaran, suara, getaran, dan respons motor.
29. Catat tegangan, arus, dan/atau putaran jika instrumen tersedia.
30. Ulangi pengujian pada beberapa kondisi input yang aman.

E. Pengujian Fungsional

No.	Parameter	Metode	Hasil Aktual	Status
1	Tegangan baterai	Ukur dengan multimeter	_____ V	☐ Lulus ☐ Tidak
2	Fungsi main switch	ON/OFF dan observasi	_____	☐ Lulus ☐ Tidak
3	Fungsi fuse/pengaman	Pemeriksaan visual & fungsi	_____	☐ Lulus ☐ Tidak
4	Respons throttle	Input bertahap	_____	☐ Lulus ☐

				Tidak
5	Putaran motor BLDC	Observasi/pengukuran rpm	_____ rpm	☐ Lulus ☐ Tidak
6	Arus motor	Ukur sesuai alat	_____ A	☐ Lulus ☐ Tidak
7	Transmisi/roda	Observasi mekanik	_____	☐ Lulus ☐ Tidak
8	Suhu kabel/konektor	Observasi setelah uji	_____ °C / kondisi	☐ Lulus ☐ Tidak

Catatan penting: tabel di atas adalah format pencatatan hasil pengujian. Nilai harus diisi berdasarkan pengukuran prototype yang sebenarnya dan tidak boleh dianggap sebagai data hasil uji sebelum pengukuran dilakukan.

F. Format Pencatatan Hasil

No.	Kondisi Uji	Tegangan (V)	Arus (A)	RPM	Keterangan
1	_____	_____	_____	_____	_____
2	_____	_____	_____	_____	_____
3	_____	_____	_____	_____	_____
4	_____	_____	_____	_____	_____
5	_____	_____	_____	_____	_____

BAB V

STANDAR PENGOPERASIAN, PERAWATAN DAN KESELAMATAN

A. Tujuan SOP

SOP disusun untuk memastikan penggunaan Koper Mobil Listrik Mini berlangsung aman, terkontrol, dan konsisten serta untuk meminimalkan kesalahan pengoperasian dan memperpanjang umur komponen.

B. Ruang Lingkup

SOP berlaku untuk kegiatan pembelajaran, demonstrasi, pengujian, pemeriksaan, dan perawatan prototype di lingkungan SMK Negeri 3 Tuban. Siswa menggunakan prototype setelah mendapatkan pengarahan guru/instruktur.

C. Pemeriksaan Sebelum Operasi

31. Pastikan area kerja bersih, kering, dan bebas benda yang dapat tersangkut.
32. Periksa kondisi fisik koper/rangka dan pelindung bagian bergerak.
33. Periksa baut, bracket, roda, poros, bearing, dan transmisi.
34. Periksa kabel dan konektor; pastikan tidak longgar atau terkelupas.
35. Pastikan fuse/pengaman dan main switch terpasang.
36. Periksa tegangan baterai dan kondisi fisik baterai.
37. Pastikan controller, motor, dan throttle terhubung sesuai wiring diagram.
38. Pastikan tidak ada modifikasi wiring tanpa persetujuan guru/instruktur.

D. Prosedur Pengoperasian

39. Posisikan prototype pada area yang aman dan stabil.
40. Pastikan throttle berada pada posisi minimum.
41. Pastikan tidak ada orang menyentuh roda/transmisi.
42. Aktifkan main switch.
43. Amati indikator dan kondisi sistem.
44. Berikan input throttle secara perlahan.
45. Amati respons motor, suara, getaran, dan kondisi kabel.
46. Jangan melebihi batas tegangan, arus, dan putaran yang ditetapkan pada spesifikasi komponen.
47. Untuk pembelajaran, lakukan pengukuran hanya pada titik ukur yang ditentukan guru.

E. Prosedur Penghentian

48. Lepaskan throttle ke posisi minimum.
49. Pastikan motor berhenti sepenuhnya.
50. Matikan main switch.
51. Jika diperlukan, lepaskan koneksi baterai sesuai prosedur.
52. Catat kondisi tidak normal yang ditemukan selama pengoperasian.
53. Rapihkan alat dan area kerja.

F. Perawatan

Komponen	Pemeriksaan	Interval	Tindakan
Baterai	Tegangan, fisik, terminal	Sebelum penggunaan	Bersihkan terminal dan tindak lanjuti anomali
Kabel/konektor	Kekencangan dan isolasi	Setiap penggunaan	Kencangkan/ganti jika rusak
Fuse/pengaman	Kondisi dan rating	Berkala	Ganti sesuai spesifikasi
Motor BLDC	Suara, getaran, panas	Berkala	Hentikan jika abnormal; periksa
Controller	Koneksi dan panas	Berkala	Pastikan ventilasi baik
Throttle	Respons dan posisi kembali	Setiap penggunaan	Periksa/ganti jika tidak normal
Transmisi	Kelurusan, kekencangan, keausan	Berkala	Setel atau ganti sesuai jenis
Koper/rangka	Baut, bracket, pelindung	Berkala	Kencangkan dan perbaiki

G. Troubleshooting Dasar

Gejala	Kemungkinan penyebab	Pemeriksaan awal	Tindakan
Motor tidak berputar	Baterai/main switch/throttle/koneksi motor	Ukur tegangan dan cek konektor	Matikan sumber, periksa sesuai wiring diagram
Motor berputar tersendat	Koneksi Hall/fase/controller tidak sesuai	Periksa konektor dan wiring	Hentikan uji dan verifikasi manual controller
Fuse sering putus	Hubung singkat/beban berlebih	Periksa kabel dan beban	Jangan mengganti fuse dengan rating lebih besar sembarangan
Kabel/konektor panas	Kontak longgar/arus tinggi/kabel tidak sesuai	Inspeksi dan ukur sesuai prosedur	Matikan sistem dan perbaiki penyebab
Roda/transmisi berisik	Kelurusan/ketegangan/keausan	Inspeksi mekanik	Setel atau ganti komponen

H. Catatan Keselamatan

- Jangan menyentuh bagian berputar ketika sistem aktif.
- Jangan melakukan pekerjaan kelistrikan dengan baterai masih terhubung.
- Gunakan multimeter sesuai kategori dan batas ukur alat.
- Jangan membuat hubungan singkat pada terminal baterai.
- Gunakan charger yang sesuai dengan jenis dan spesifikasi baterai.

- Jauhkan bahan mudah terbakar dari area pengisian baterai.
- Segera hentikan pengoperasian bila tercium bau terbakar, muncul asap, panas berlebihan, percikan, suara abnormal, atau perilaku sistem yang tidak wajar.
- Siswa wajib berada di bawah supervisi guru/instruktur saat melakukan praktik.

DAFTAR PUSTAKA

Bosch. (2022). Bosch Automotive Handbook (11th ed.). Wiley.

Chan, C. C. (2007). The State of the Art of Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles. *Proceedings of the IEEE*, 95(4), 704–718.

Fitzgerald, A. E., Kingsley, C., & Umans, S. D. (2003). *Electric Machinery* (6th ed.). McGraw-Hill.

Hughes, A., & Drury, B. (2019). *Electric Motors and Drives: Fundamentals, Types and Applications* (5th ed.). Elsevier.

Larminie, J., & Lowry, J. (2012). *Electric Vehicle Technology Explained* (2nd ed.). Wiley.

Rao, S. S. (2019). *Engineering Mechanics and Electric Vehicle Fundamentals*. Referensi teknis pembelajaran disesuaikan dengan kebutuhan trainer.

Percepatan program kendaraan listrik (*Electric Vehicle / EV*) di Indonesia diatur dalam **Peraturan Presiden (Perpres) Nomor 55 Tahun 2019**

Dokumentasi teknis, datasheet, dan manual penggunaan komponen prototype yang terpasang pada Koper Mobil Listrik Mini berbasis motor BLDC.

LAMPIRAN – CHECKLIST PRAKTIK SISWA

- Mengidentifikasi baterai, fuse/pengaman, main switch, controller, throttle, motor BLDC, dan transmisi.
- Menggambar ulang diagram blok sistem EV trainer.
- Mengukur tegangan baterai sebelum pengoperasian.
- Memeriksa kontinuitas dan konektor sesuai arahan guru.
- Mengoperasikan trainer mengikuti SOP.
- Mencatat hasil pengujian tegangan, arus, dan putaran jika alat tersedia.
- Mengidentifikasi minimal satu kondisi gangguan/simulasi diagnosis yang aman.
- Menyusun laporan hasil praktik.