
**TRANSFORMASI KURIKULUM PENDIDIKAN VOKASIONAL
TEKNOLOGI OTOMOTIF: STRATEGI MENGHADAPI
PERUBAHAN DARI TEKNOLOGI KONVENSIONAL
MENUJU KENDARAAN LISTRIK**

Fajar Maulana¹, Waskito², Hasan Maksum³

¹**Universitas Lancang Kuning, Pekanbaru**

^{2,3}**Universitas Negeri Padang, Padang**

Email: ¹fajarm13@unilak.ac.id, ²waskito@ft.unp.ac.id, ³hasan@ft.unp.ac.id

Abstract: *This study examines the transformation of automotive technology vocational education curricula in response to the global shift from conventional internal combustion engines to electric vehicles (EVs). Methodology: The research analyzes the strategies required to bridge the gap between traditional mechanical education and the emerging demands of electric mobility. Findings: The results indicate that while the transition is inevitable, significant disparities exist in implementation. Developed regions are moving rapidly, whereas vocational institutions in other areas face challenges such as high costs of EV technology and limited facilities. The study identifies that the shift requires not only technical updates but also a comprehensive integration of electrical engineering, battery management systems, and safety protocols into the existing framework. Conclusion: To remain relevant, vocational education must adopt strategic curriculum reforms, foster industry-academic partnerships, and enhance instructor competencies. This transformation is crucial to ensuring that graduates are equipped with the skills necessary to compete in the sustainable automotive industry of the future.*

Keywords: *Automotive Vocational Education, Curriculum Transformation, Electric Vehicles, Conventional Technology, Transition Strategies.*

Abstrak: Penelitian ini menganalisis transformasi kurikulum pendidikan vokasi teknologi otomotif sebagai respons terhadap pergeseran global dari kendaraan konvensional berbasis mesin pembakaran dalam menuju kendaraan listrik (*Electric Vehicles*). Metodologi: Kajian ini mengevaluasi strategi yang diperlukan untuk menjembatani kesenjangan antara pendidikan mekanik tradisional dengan tuntutan baru di era mobilitas listrik. Hasil: Temuan menunjukkan bahwa transisi ini menuntut peningkatan kompetensi teknis dan manajerial yang signifikan. Namun, terdapat kesenjangan implementasi di mana institusi pendidikan masih menghadapi kendala biaya investasi dan kompleksitas fasilitas praktik. Studi ini mengidentifikasi bahwa pergeseran kurikulum tidak hanya memerlukan pembaruan teknis, tetapi juga integrasi komprehensif mengenai sistem manajemen baterai dan protokol keselamatan kerja elektrik ke dalam kerangka pembelajaran. Kesimpulan: Agar tetap relevan, pendidikan vokasi harus mengadopsi reformasi kurikulum yang strategis, memperkuat kolaborasi dengan dunia industri, dan meningkatkan kompetensi instruktur. Transformasi ini menjadi kunci utama dalam mencetak lulusan yang kompetitif di industri otomotif berkelanjutan masa depan.

Kata Kunci: Pendidikan Vokasi Otomotif, Transformasi Kurikulum, Kendaraan Listrik, Teknologi Konvensional, Strategi Transisi

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi otomotif global dalam dua dekade terakhir telah

mencapai fase yang sangat menentukan bagi arah industri transportasi dunia. Setelah lebih dari satu abad bergantung pada teknologi mesin pembakaran dalam

(*internal combustion engine/ICE*), berbagai inovasi baru mulai menggoyahkan dominasi tersebut [1]. Kenaikan suhu global, tuntutan pengurangan emisi karbon, dan komitmen internasional terhadap keberlanjutan telah membuat banyak negara mempercepat adopsi teknologi kendaraan ramah lingkungan [2]. Kendaraan listrik (*electric vehicle/EV*) dan kendaraan hybrid kini tidak lagi dipandang sebagai teknologi alternatif, melainkan sebagai masa depan industri otomotif modern yang terus berkembang secara agresif [3]. Perubahan ini diperkuat oleh kemajuan teknologi baterai, efisiensi sistem propulsi listrik, serta biaya produksi yang semakin kompetitif dibandingkan kendaraan berbahan bakar fosil [4].

Transisi ini tidak hanya digerakkan oleh dinamika pasar, tetapi juga oleh konsumen yang semakin sadar lingkungan dan menginginkan kendaraan yang hemat energi serta rendah emisi [5]. Pemerintah di berbagai belahan dunia merespons perkembangan ini dengan merumuskan kebijakan strategis yang menargetkan dekarbonisasi sektor transportasi sebagai bagian dari upaya menekan emisi global [6]. Uni Eropa, misalnya, telah menetapkan target penghentian penjualan kendaraan bermesin bensin dan diesel mulai tahun 2035. Di Amerika Serikat dan Tiongkok, insentif besar-besaran diberikan kepada produsen maupun konsumen untuk mempercepat transisi menuju kendaraan listrik [7]. Kebijakan-kebijakan ini menciptakan kompetisi baru antarprodusen sekaligus mendorong inovasi teknologi yang semakin cepat.

Indonesia sebagai negara berkembang dengan pasar otomotif terbesar di Asia Tenggara juga ikut terdorong oleh arus elektrifikasi global tersebut. Selama bertahun-tahun, sektor otomotif Indonesia didominasi oleh kendaraan konvensional berbahan bakar fosil, namun dalam beberapa tahun terakhir pemerintah mulai menunjukkan komitmen kuat untuk mempercepat transformasi tersebut [8]. Hal ini ditandai dengan lahirnya Peraturan Presiden No.

55 Tahun 2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai, yang menjadi payung kebijakan pengembangan ekosistem kendaraan listrik nasional. Pemerintah memberikan insentif fiskal, pembebasan pajak, hingga dukungan infrastruktur untuk menarik minat produsen global agar berinvestasi di Indonesia [9].

Keberadaan pabrik besar seperti Hyundai, Wuling, dan yang terbaru BYD, turut memperkuat posisi Indonesia sebagai salah satu basis produksi dan pengembangan kendaraan listrik di kawasan Asia Tenggara. Investasi berskala besar tersebut bukan hanya membangun fasilitas produksi, tetapi juga menuntut penyiapan ekosistem industri yang matang, mulai dari rantai pasok komponen, infrastruktur pengisian daya, hingga penyediaan tenaga kerja terampil [10]. Kehadiran industri baterai nasional yang tengah dikembangkan pun memperlihatkan peluang besar bagi Indonesia untuk berperan lebih jauh dalam rantai nilai kendaraan listrik dunia, terutama dengan ketersediaan sumber daya nikel yang melimpah sebagai bahan baku baterai lithium-ion.

Namun di balik optimisme tersebut, terdapat tantangan besar yang perlu dihadapi, khususnya dalam bidang pendidikan vokasional teknik otomotif. Transisi teknologi yang berlangsung dengan cepat tidak sebanding dengan kemampuan sistem pendidikan untuk beradaptasi. Banyak institusi pendidikan, terutama Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) dan program studi vokasi tingkat perguruan tinggi, masih mengandalkan kurikulum lama yang berorientasi pada perawatan dan perbaikan kendaraan bermesin konvensional. Mayoritas materi pembelajaran masih berfokus pada kompetensi tune-up mesin, sistem bahan bakar injeksi, transmisi konvensional, dan teknik kelistrikan dasar yang hanya menggunakan sistem tegangan rendah 12 volt

Padahal, teknologi kendaraan listrik menuntut penguasaan seperangkat kompetensi baru yang jauh berbeda dan lebih kompleks. Sistem propulsi

kendaraan listrik melibatkan teknologi tegangan tinggi (high voltage) yang memerlukan pemahaman mendalam mengenai keselamatan kerja, risiko kejutan listrik, dan prosedur penanganan baterai. Selain itu, sistem baterai modern menggunakan battery management system (BMS) yang dirancang untuk memantau kondisi sel, mengatur suhu, mengontrol pengisian daya, serta memastikan keamanan operasional kendaraan [11]. Komponen seperti inverter, motor controller, dan permanent magnet motor menjadi elemen inti teknologi yang tidak ditemukan pada kurikulum otomotif berbasis ICE.

Selain aspek teknis, dunia pendidikan vokasi juga dihadapkan pada persoalan keterbatasan sumber daya pendukung, seperti kurangnya fasilitas laboratorium yang sesuai dengan standar industri kendaraan listrik, minimnya jumlah instruktur yang memiliki sertifikasi high-voltage technician, serta akses yang terbatas terhadap perangkat pembelajaran berbasis digital dan simulasi [12]. Kondisi ini menyebabkan kesenjangan kompetensi antara lulusan pendidikan vokasi dengan kebutuhan nyata industri semakin melebar. Tanpa upaya modernisasi kurikulum dan peningkatan kualitas sumber daya manusia pendidikan, institusi vokasi berisiko tertinggal jauh dari perkembangan industri otomotif modern.

Lebih jauh lagi, perubahan kurikulum bukan hanya berkaitan dengan penambahan materi baru, tetapi juga melibatkan perubahan paradigma pembelajaran. Pembelajaran teknik otomotif masa depan tidak bisa lagi sepenuhnya mengandalkan metode konvensional berbasis praktik mekanis, tetapi membutuhkan pendekatan yang memadukan teori kelistrikan lanjutan, pemrograman dasar, pemodelan sistem, serta pemahaman mengenai konsep ekosistem energi terbarukan [13]. Dengan kata lain, pendidikan vokasi otomotif perlu bergerak menuju model pembelajaran multidisiplin yang mencakup elektrifikasi, digitalisasi, otomasi, dan keselamatan kerja tingkat

tinggi.

Perubahan tersebut tidak dapat dilakukan secara parsial, melainkan memerlukan strategi komprehensif yang melibatkan pemerintah, institusi pendidikan, industri otomotif, dan lembaga sertifikasi. Sinkronisasi antara kebutuhan industri dan capaian pembelajaran menjadi kunci agar lulusan vokasi mampu bersaing di era transisi kendaraan listrik. Oleh karena itu, pembaruan kurikulum berbasis kompetensi, peningkatan kapasitas guru dan instruktur, investasi fasilitas praktik, serta kolaborasi dengan industri menjadi elemen strategis yang harus diprioritaskan dalam mengantisipasi transformasi teknologi otomotif masa depan. Maka dari itu penting bagi peneliti untuk membahas mengenai kurikulum vokasi dalam menghadapi masa transisi ke kendaraan listrik (EV) dan hybrid ini.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode tinjauan literatur (literature review) untuk menganalisis berbagai penelitian yang relevan dengan topik *penguatan kurikulum pendidikan vokasional otomotif dalam menghadapi transisi teknologi kendaraan listrik dan hybrid*. Metode ini dipilih karena memberikan kesempatan bagi peneliti untuk menghimpun, membandingkan, dan menelaah hasil-hasil penelitian terdahulu tanpa melakukan pengumpulan data secara langsung di lapangan. Pendekatan ini sangat sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu menggali berbagai temuan ilmiah yang berkaitan dengan perkembangan teknologi otomotif elektrifikasi, kebutuhan kompetensi baru di industri, serta upaya pembaruan kurikulum pendidikan vokasional agar adaptif terhadap perubahan teknologi.

Proses penelusuran literatur dilakukan secara sistematis dengan memilih sumber-sumber ilmiah yang kredibel dan relevan. Artikel, prosiding, dan laporan penelitian diambil dari berbagai basis data akademik seperti

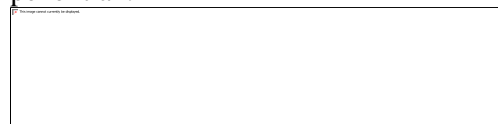
Google Scholar, Scopus, dan SINTA. Pemilihan literatur mempertimbangkan relevansi topik, kualitas publikasi, serta tahun terbit dalam kurun waktu lima tahun terakhir agar informasi yang diperoleh bersifat mutakhir dan menggambarkan perkembangan terbaru dalam teknologi EV/hybrid maupun kebijakan pendidikan vokasional.

Sumber literatur yang dikaji mencakup penelitian yang membahas transformasi industri otomotif menuju elektrifikasi, kebutuhan kompetensi teknisi kendaraan listrik, kesiapan pendidikan vokasi dalam menghadapi perubahan teknologi, kurikulum berbasis industri (*industry-driven curriculum*), serta praktik kolaborasi antara lembaga pendidikan vokasi dan sektor industri otomotif modern. Pemilihan ini sejalan dengan fokus artikel yang ingin menganalisis tantangan dan strategi adaptasi kurikulum otomotif terhadap teknologi kendaraan listrik dan hybrid.

Selanjutnya, kajian literatur dianalisis menggunakan pendekatan analisis tematik (*thematic analysis*) [14]. Setiap artikel yang relevan dibaca secara menyeluruh, kemudian bagian-bagian penting diberi kode untuk memudahkan identifikasi pola dan gagasan yang saling berkaitan. Kode-kode tersebut dikelompokkan ke dalam beberapa kategori tematik, seperti kesenjangan kompetensi lulusan, keterbatasan fasilitas praktik, kompetensi instruktur, dan

kolaborasi dengan industri otomotif. Literatur yang tidak sesuai atau tidak mendukung fokus penelitian dieliminasi dari proses analisis untuk menjaga kualitas temuan.

Tahap akhir analisis dilakukan dengan mensintesis seluruh temuan yang telah dikategorikan untuk menghasilkan pemahaman komprehensif mengenai kondisi aktual dan arah pengembangan kurikulum pendidikan vokasional otomotif di era transisi teknologi EV/hybrid. Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan mampu memberikan gambaran yang jelas tentang kebutuhan pembaruan kurikulum serta strategi-strategi yang dapat diadopsi agar pendidikan vokasional lebih responsif terhadap perkembangan industri otomotif modern. Gambar 1 menunjukkan alur penelitian.



Gambar 1 Alur Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Hasil studi literature dengan mengkaji berbagai artikel yang relevan tentang kurikulum pendidikan vokasional otomotif di era transisi teknologi EV dan hybrid dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1 Hasil Studi Literatur

No.	Artikel Pendukung	Temuan	Refleksi
1.	<i>A potential electric vehicle curriculum development argument in Malaysia based on database analysis</i> [15]	Pengembangan mata kuliah khusus EV dapat menghemat sumber daya dan memperkuat otoritas institusi akademik dalam bidang teknologi EV, sehingga mendorong munculnya sistem pendidikan baru yang sangat bergantung pada teknologi di negara-negara maju. Negara maju, termasuk di kawasan Asia, berinvestasi lebih besar dalam penelitian dan pengembangan	Temuan ini menunjukkan bahwa pengembangan mata kuliah khusus kendaraan listrik (EV) berpotensi meningkatkan efisiensi sumber daya dan memperkuat posisi institusi akademik sebagai pusat keahlian teknologi masa depan. Negara maju mampu memanfaatkan peluang ini melalui investasi besar dalam R&D kurikulum

No.	Artikel Pendukung	Temuan	Refleksi
		(R&D) kurikulum EV, sementara negara berkembang menghadapi kendala biaya dan kompleksitas dalam pengoperasian EV sebagai media pembelajaran.	EV, sehingga pendidikan mereka semakin berbasis teknologi. Sebaliknya, negara berkembang masih menghadapi keterbatasan biaya dan kompleksitas penggunaan EV sebagai media pembelajaran, yang menciptakan kesenjangan dalam kesiapan tenaga kerja dan inovasi pendidikan.
2.	<i>Learning Outcomes in Electric Vehicle Technology : Competency-Based Learning Management According to the TVET Curriculum</i> [16]	Proses pembelajaran teknologi kendaraan listrik mencakup komponen penting seperti instruktur, peserta didik, konten kejuruan, rencana pembelajaran, metode pengajaran khusus, kesiapan media dan peralatan, serta evaluasi hasil belajar. Penyelarasan instrumen penilaian dengan standar profesi serta peningkatan berkelanjutan dalam pengajaran mampu menghasilkan lulusan yang lebih siap kerja dan memiliki kompetensi nyata untuk memenuhi kebutuhan industri kendaraan listrik yang berkembang pesat.	Pendekatan pembelajaran berbasis capaian dalam teknologi kendaraan listrik tidak hanya relevan, tetapi juga sangat mendesak untuk diterapkan pada pendidikan vokasi. Keberhasilan model ini menegaskan bahwa kesiapan instruktur, perencanaan kurikulum yang matang, serta evaluasi kompetensi yang selaras dengan standar industri merupakan fondasi penting untuk menghasilkan lulusan yang benar-benar kompeten.
3.	<i>Development of The Automotive Technology Vocational Education Curriculum Based on Current Needs of The Automotive Industry</i> [17]	Perkembangan pesat industri otomotif kini mulai beralih ke teknologi kendaraan listrik (EV) dan hybrid, sehingga lulusan dituntut menguasai kompetensi baru terkait sistem kelistrikan tinggi, desain dan pemeliharaan EV-hybrid, serta keselamatan kerja pada teknologi baterai dan motor listrik. Industri mengharapkan SDM yang kompeten, inovatif, kreatif, mampu memberikan layanan prima, serta memenuhi standar pendidikan sesuai kebutuhan jabatan. Pengetahuan dan keterampilan penting meliputi diagnosis kerusakan, perawatan sasis dan bodi kendaraan, pengelolaan bengkel, pelayanan pelanggan, hingga kemampuan	Temuan penelitian ini menegaskan bahwa kompetensi lulusan tidak lagi cukup berhenti pada kemampuan teknis konvensional, tetapi harus diperluas ke penguasaan teknologi EV, manajemen bengkel modern, serta soft skills yang dibutuhkan industri. Kesenjangan antara kebutuhan industri dan kurikulum menjadi pengingat bahwa kolaborasi yang kuat antara kampus dan dunia usaha-dunia industri merupakan kunci untuk menciptakan SDM yang benar-benar siap kerja. Refleksi ini menegaskan bahwa pendidikan vokasi

No.	Artikel Pendukung	Temuan	Refleksi
		digital serta kompetensi khusus EV seperti troubleshooting sistem penggerak listrik dan teknologi kontrol modern.	harus bergerak dinamis, responsif, dan visioner agar mampu menghasilkan lulusan yang relevan, adaptif, dan berdaya saing di tengah transformasi besar industri otomotif.
4.	<i>Automobile and Technical and Vocational Education and Training (TVET): A Promising Prospect</i> [18]	Integrasi kurikulum TVET dengan perkembangan industri otomotif sangat menjanjikan, terutama karena industri ini berada di garis depan inovasi teknologi dan pembangunan ekonomi. Kekurangan tenaga kerja terampil menjadi masalah kritis yang harus diatasi melalui pendidikan dan pelatihan berbasis kebutuhan industri. Selain itu, transisi industri menuju kendaraan berkelanjutan menuntut peningkatan kompetensi baru seperti <i>green skills</i> , diagnostik lanjutan, analisis data, dan pengembangan perangkat lunak. Untuk menjawab tuntutan global ini, diperlukan penguatan standar internasional, sinergi antara institusi TVET dan industri, serta dorongan pemerintah dan masyarakat untuk mendukung pendidikan STEM dan keterampilan vokasional.	Perkembangan industri otomotif, terutama peralihan menuju kendaraan listrik dan teknologi hijau, menegaskan bahwa TVET harus terus beradaptasi. Dunia pendidikan dan industri perlu bergerak bersama agar lulusan memiliki keterampilan yang relevan dengan kebutuhan masa depan. Kunci keberhasilan ada pada kolaborasi, pembaruan kurikulum, dan kesiapan SDM untuk menghadapi perubahan teknologi yang cepat.
5.	<i>Development of an Integrated Electric Vehicle Learning Simulator (EVLIS) with Industry-Based Learning to Accelerate Work Readiness of Vocational</i>	Dengan menggunakan <i>Electric Vehicle Learning Simulator</i> (EVLIS), mahasiswa dapat lebih mudah memahami konsep teknis dan proses produksi kendaraan listrik melalui penerapan metode pembelajaran berbasis industri. Dengan memperoleh pemahaman yang lebih baik mengenai aspek praktis dan industrial dari kendaraan listrik, mahasiswa dapat lebih siap menghadapi tantangan di industri otomotif yang semakin berfokus pada keberlanjutan.	Penerapan EVLIS menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran yang terintegrasi dengan dunia industri mampu memberikan dampak nyata terhadap pemahaman mahasiswa. Ketika mahasiswa belajar langsung melalui konteks dan proses yang relevan dengan kebutuhan industri kendaraan listrik, mereka tidak hanya menguasai konsep teknis, tetapi juga memahami realitas kerja yang sesungguhnya. Hal ini menegaskan bahwa pendidikan vokasi perlu terus

No.	Artikel Pendukung	Temuan	Refleksi
	<i>School Students</i> [19]		berinovasi dengan menghadirkan pengalaman belajar berbasis industri agar lulusan benar-benar siap menghadapi perubahan, terutama dalam transisi menuju teknologi otomotif berkelanjutan.

Berdasarkan temuan dari tinjauan literatur mengenai kurikulum pendidikan vokasional otomotif di era transisi teknologi EV dan hybrid, dapat dilihat bahwa kemitraan antara industri dan pendidikan vokasi, dukungan dari pemerintahan memiliki dampak yang signifikan terhadap peralihan teknologi ini. Berbagai model kemitraan dan pendekatan yang telah diidentifikasi dalam penelitian ini menunjukkan bahwa kurikulum yang disusun dengan melibatkan industri secara langsung memberikan banyak manfaat, baik bagi mahasiswa maupun bagi dunia usaha.

Pembahasan

Hasil penelitian dari berbagai literatur menunjukkan bahwa perkembangan industri otomotif, khususnya pergeseran menuju kendaraan listrik (EV) dan hybrid, membawa implikasi besar terhadap arah pendidikan vokasi di bidang teknologi otomotif. Temuan pertama menegaskan bahwa pengembangan mata kuliah khusus EV merupakan langkah strategis untuk memperkuat otoritas institusi pendidikan dalam teknologi masa depan. Negara maju sudah lebih siap karena memiliki dukungan investasi yang besar dalam riset dan pengembangan kurikulum EV, sementara negara berkembang masih menghadapi tantangan pembiayaan dan kompleksitas penggunaan EV sebagai sarana praktik [20]. Hal ini menciptakan kesenjangan yang perlu dijembatani melalui inovasi pembelajaran dan kolaborasi industry dan pendidikan.

Temuan ini sejalan dengan hasil

penelitian yang dilakukan oleh beberapa studi internasional yang menunjukkan bahwa integrasi teknologi kendaraan listrik dalam pendidikan vokasi kini menjadi kebutuhan mendesak. Penelitian oleh International Labour Organization dan laporan teknis dari European Training Foundation menegaskan bahwa negara-negara dengan ekosistem industri otomotif maju berhasil mempercepat adaptasi kurikulum EV melalui dukungan investasi riset, kemitraan dengan pabrikan otomotif, serta penyediaan laboratorium berteknologi tinggi [21]. Sebaliknya, studi yang dilakukan di negara berkembang seperti Indonesia, India, dan Thailand menunjukkan hambatan serupa, yaitu terbatasnya pendanaan, kurangnya akses terhadap unit EV untuk praktik, dan minimnya tenaga pendidik yang memiliki sertifikasi kompetensi kendaraan listrik [22]. Institusi vokasi di negara berkembang cenderung tertinggal karena belum memiliki infrastruktur pembelajaran yang memadai serta masih mengandalkan model kurikulum konvensional berbasis mesin pembakaran dalam [23]. Namun, artikel lain menunjukkan bahwa kolaborasi antara perguruan tinggi vokasi dan industri otomotif mampu menjadi solusi efektif untuk menjembatani kesenjangan tersebut, terutama melalui program magang berbasis proyek, hibah alat praktik EV, serta pelatihan instruktur bersama teknisi industri [24].

Selanjutnya, temuan kedua memperlihatkan bahwa implementasi pembelajaran berbasis capaian (*competency-based learning*) dalam teknologi EV hanya dapat berjalan efektif

jika ditopang oleh kesiapan instruktur, perencanaan kurikulum yang komprehensif, serta instrumen evaluasi yang selaras dengan standar profesi. Penyelarasan ini penting untuk memastikan bahwa lulusan tidak hanya memahami teori, tetapi juga mampu menunjukkan kompetensi teknis yang dibutuhkan industri yang terus berkembang pesat [25].

Temuan ketiga memperkuat urgensi transformasi kurikulum pendidikan vokasi. Industri otomotif modern tidak lagi sekadar membutuhkan teknisi konvensional, melainkan SDM yang memahami teknologi tinggi seperti sistem kelistrikan tegangan tinggi, manajemen baterai, sistem penggerak listrik, dan teknologi kontrol modern. Selain kemampuan teknis, soft skills seperti kreativitas, pelayanan pelanggan, dan pemecahan masalah juga menjadi kebutuhan utama. Kesenjangan kompetensi ini menunjukkan bahwa kolaborasi berkelanjutan antara institusi pendidikan dan dunia industri adalah hal yang tidak dapat ditawar lagi [26].

Temuan keempat menunjukkan bahwa integrasi antara TVET dan industri otomotif memiliki potensi besar dalam membentuk angkatan kerja masa depan. Dengan meningkatnya kebutuhan akan green skills dan kompetensi digital, pendidikan vokasi harus mulai membekali siswa dengan keterampilan seperti advanced diagnostics, data analysis, dan software-related skills. Peran pemerintah, institusi pendidikan, dan orang tua juga dibutuhkan untuk memperkuat budaya STEM dan mendukung peningkatan kualitas tenaga kerja.

Terakhir, hasil penelitian terkait penggunaan Electric Vehicle Learning Simulator (EVLIS) menegaskan bahwa pendekatan pembelajaran berbasis industri sangat efektif dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap teknologi EV. Simulasi berbasis konteks industri memberikan kesempatan bagi mahasiswa untuk terlibat dalam pengalaman belajar yang mendekati kondisi nyata, sehingga kesiapan kerja mereka meningkat secara signifikan.

Pendekatan seperti ini membuktikan bahwa inovasi pembelajaran praktis merupakan kunci dalam menghasilkan lulusan yang kompeten dan responsif terhadap perubahan teknologi.

Secara keseluruhan, kelima temuan tersebut menunjukkan bahwa pendidikan vokasi teknologi otomotif harus terus berkembang mengikuti dinamika industri. Penguatan kurikulum, peningkatan kompetensi instruktur, kolaborasi intensif dengan industri, serta adopsi teknologi pembelajaran modern seperti EVLIS menjadi faktor kunci untuk memastikan bahwa lulusan dapat bersaing dan berkontribusi di era transisi menuju kendaraan listrik yang berkelanjutan.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil telaah literatur, dapat disimpulkan bahwa perkembangan industri otomotif menuju teknologi kendaraan listrik (EV) dan hybrid memberikan dampak signifikan terhadap arah dan strategi pendidikan vokasi di bidang teknologi otomotif. Institusi pendidikan di negara maju cenderung lebih siap karena didukung oleh investasi riset, ketersediaan infrastruktur praktik, serta kemitraan kuat dengan industri. Sebaliknya, negara berkembang menghadapi berbagai hambatan seperti keterbatasan pendanaan, minimnya fasilitas praktik EV, dan kurangnya tenaga pendidik bersertifikasi. Kesenjangan ini menunjukkan bahwa transformasi kurikulum vokasi tidak hanya bergantung pada aspek teknis pembelajaran, tetapi juga pada kesiapan ekosistem pendidikan-industri secara keseluruhan. Oleh karena itu, pengembangan mata kuliah EV merupakan langkah strategis yang perlu dilakukan secara bertahap, terukur, dan kolaboratif untuk memastikan lulusan memiliki kompetensi yang relevan dengan tuntutan industri otomotif masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

- R. Kurniawan, A. Jaedun, F. Mutohari, and W. M. Kusuma, "The absorption of vocational education graduates in the automotive sector in the industrial world," *J. Educ. Technol.*, vol. 5, no. 3, pp. 482–490, 2021.
- J. Markowitsch and G. Hefler, "Future developments in Vocational Education and Training in Europe: Report on reskilling and upskilling through formal and vocational education training," JRC Working Papers Series on Labour, Education and Technology, 2019.
- A. G. Tangkudung, "JEJAK SEJARAH MOBIL LISTRIK DI INDONESIA: PERKEMBANGAN DAN TANTANGAN.," *Syntax Idea*, vol. 6, no. 9, 2024.
- D. Ardiyanti, F. Kurniawan, U. Raokter, and R. Wikansari, "Analisis penjualan mobil listrik di Indonesia dalam rentang waktu 2020-2023," *J. Econ. Manag.*, vol. 1, no. 3, pp. 114–122, 2023.
- H. Parulian, "Upaya Pemerintah Dalam Mendorong Industri Kendaraan Berbasis Listrik Sebagai Bentuk Penerapan Kebijakan Ekonomi Hijau Di Indonesia," *J. Batavia*, vol. 2, no. 2, pp. 98–109, 2025.
- T. Shah and M. Shah, "Electrifying the future: Understanding the consumer trends of adoption of electric vehicles in developing nations," *Green Technol. Sustain.*, vol. 2, no. 3, p. 100101, 2024.
- S. Z. Rajper and J. Albrecht, "Prospects of electric vehicles in the developing countries: A literature review," *Sustainability*, vol. 12, no. 5, p. 1906, 2020.
- A. I. Nur and A. D. Kurniawan, "Proyeksi masa depan kendaraan listrik di Indonesia: analisis perspektif regulasi dan pengendalian dampak perubahan iklim yang berkelanjutan," *J. Huk. Lingkung. Indones.*, vol. 7, no. 2, pp. 197–220, 2021.
- R. N. Fatimah, "Percepatan program kendaraan bermotor listrik berdasarkan Peraturan Presiden Nomor 55 Tahun 2019 dalam upaya Net Zero Emissions perspektif Green Constitution dan Fiqh Bi'ah (Studi Indonesia–Tiongkok)," 2024.
- Y. S. Kuswardani, "DINAMIKA PERSAINGAN DAN PROSPEK INDUSTRI MOBIL LISTRIK DI INDONESIA: ANALISIS TREN DAN IMPLIKASI.," *Syntax Idea*, vol. 6, no. 10, 2024.
- M. Lelie *et al.*, "Battery management system hardware concepts: An overview," *Appl. Sci.*, vol. 8, no. 4, p. 534, 2018.
- M. I. Anshori, "Pengaruh kesiapan pedagogik dan self-efficacy terhadap kesiapan mengajar kendaraan listrik pada calon guru pendidikan teknik otomotif/MOHAMAD ISA ANSHORI," 2025.
- M. R. A. Putra *et al.*, "PENGUATAN KAPASITAS BENGKEL KONVERSI UNTUK Mendukung PROGRAM KENDARAAN RAMAH LINGKUNGAN," *SEMAR J. Sos. Dan Pengabd. Masy.*, vol. 3, no. 3, pp. 10–18, 2025.
- J. W. Knopf, "Doing a literature review," *PS Polit. Sci. Polit.*, vol. 39, no. 1, pp. 127–132, 2006.
- A. Q. Basri *et al.*, "A potential electric vehicle curriculum development argument in Malaysia based on database analysis: a review," *Cogent Educ.*, vol. 12, no. 1, p. 2453268, 2025.
- A. Poolkrajang and R. Papanai, "Learning Outcomes in Electric Vehicle Technology: Competency-Based Learning Management According to the TVET Curriculum," *J. Eng. Educ. Transform.*, pp. 162–175, 2025.
- R. A. P. Hardiyanta, H. Hermanto, A. Kurniawan, P. Purnawan, and I. E. Prakoso, "Development of The Automotive Technology Vocational Education Curriculum Based on Current Needs of The Automotive Industry," *J. Pendidik. Vokasi Otomotif*, vol. 6, no. 2, pp. 39–48, 2024.

- C. J. Orié, “Chapter Six Automobile and Technical and Vocational Education and Training (TVET): A Promising Prospect,” *Vocat. Educ. Niger. Chall. REALITIES PROSPECTS*, p. 44, 2025.
- B. Sudarsono *et al.*, “Development of an Integrated Electric Vehicle Learning Simulator (EVLIS) with Industry-Based Learning to Accelerate Work Readiness of Vocational School Students,” *Bull. Pedagog. Res.*, vol. 4, no. 1, pp. 67
- M. O. Dioha, J. Lukuyu, E. Virgüez, and K. Caldeira, “Guiding the deployment of electric vehicles in the developing world,” *Env. Res Lett*, vol. 17, no. 7, p. 071001, 2022.
- I. Utami, D. Yoesgiantoro, and N. A. Sasongko, “Implementasi Kebijakan Kendaraan Listrik Indonesia Untuk Mendukung Ketahanan Energi Nasional Implementation Of Battery-Based Electric Motor Vehicle Policies To Support National Energy Security,” *J. Ketahanan Energi*, vol. 8, no. 1, pp. 49–65, 2022.
- B. Mali, A. Shrestha, A. Chapagain, R. Bishwokarma, P. Kumar, and F. Gonzalez-Longatt, “Challenges in the penetration of electric vehicles in developing countries with a focus on Nepal,” *Renew. Energy Focus*, vol. 40, pp. 1–12, 2022.
- Y. Arnov, F. Azizah, N. Jalinus, and J. Mardizal, “Perspektif Komprehensif Pendidikan Kejuruan (TVET) pada Negara Berkembang di Era Perkembangan Teknologi,” *JPGI J. Penelit. Guru Indones.*, vol. 9, no. 2, pp. 37–42, 2024.
- I. I. Astuti, L. Agustino, and A. Budiati, “KOLABORASI PELAKSANAAN PROGRAM LINK AND MATCH ANTARA POLITEKNIK INDUSTRI PETROKIMIA BANTEN DENGAN INDUSTRI PETROKIMIA,” *Din. Gov. J. Ilmu Adm. Negara*, vol. 14, no. 4, 2025.
- T. Sugiarto, N. Zalinus, R. Refdinal, W. Purwanto, and A. Arif, “Kompetensi Lulusan SMK Program Studi Teknik Otomotif Sesuai Dengan Tuntutan Revolusi Industri 4.0: Kajian Literatur,” *AEEJ J. Automot. Eng. Vocat. Educ.*, vol. 3, no. 2, pp. 131–138, 2022.
- C. N. Karimah, D. D. Suranto, D. A. Tyagita, A. T. Zain, and A. W. Pratama, “Pelatihan Perancangan Dan Monitoring Battery Pack Lithium Ion 18650 Untuk Membentuk Ekosistem Kendaraan Listrik Di Lingkungan Sekolah Menengah Kejuruan Kabupaten Jember,” 2023.