Vol. 10, No. 3, 2025, pp. 24-29
DOI: https://doi.org/10.29210/026604jpgi0005

Contents lists available at Journal IICET

JPGI (Jurnal Penelitian Guru Indonesia)
ISSN: 2541-3163(Print) ISSN: 2541-3317 (Electronic)

Journal homepage: https://jurnal.iicet.org/index.php/jpgi



Efektivitas model hybrid project-based learning berbasis virtual reality terhadap pemahaman digital twin kendaraan listrik

Almes Gangga, Yetti Maiharni, Nogi Handepi, Nizwardi Jalinus, Muhammad Anwar, Iffarial Nanda*)
Universitas Negeri Padang, Indonesia

Article Info

Article history:

Received Oct 12th, 2025
Revised Nov 20th, 2025
Accepted Dec 27th, 2025

Keyword:

PBL-VR hybrid,
Digital twin EV,
TVET indonesia
Industry 4.0.
Pra-eksprimental

ABSTRAK

Transformasi industri otomotif menuju kendaraan listrik menuntut kompetensi Digital Twin yang belum terfasilitasi optimal di SMK otomotif akibat keterbatasan sarana praktik. Penelitian ini menggunakan desain pra-eksperimental one-group pretest–posttest terhadap 30 siswa SMK otomotif. Intervensi dilakukan selama 4 minggu melalui model Hybrid Project-Based Learning berbasis Virtual Reality menggunakan simulator Digital Twin kendaraan listrik berbasis Unity dan perangkat Oculus Quest 2. Data dikumpulkan melalui tes kognitif, kuesioner motivasi, dan lembar observasi keterlibatan siswa. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan signifikan pemahaman Digital Twin kendaraan listrik dengan nilai N-Gain 0,70 (kategori tinggi) dan Cohen's d = 2,34. Motivasi belajar meningkat dengan N-Gain 0,73 dan keterlibatan siswa mencapai 92%. Sebanyak 73,3% siswa berada pada kategori N-Gain tinggi dan tidak ditemukan siswa dengan peningkatan rendah. Model Hybrid PBL berbasis VR efektif meningkatkan pemahaman, motivasi, dan keterlibatan siswa SMK otomotif dalam pembelajaran Digital Twin kendaraan listrik. Meskipun demikian, keterbatasan desain tanpa kelompok kontrol membatasi generalisasi kausal sehingga diperlukan penelitian lanjutan dengan desain quasi-eksperimental.

© 2025 The Authors. Published by IICET.
This is an open access article under the CC BY-NC-SA license
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0

Corresponding Author:

Iffarial Nanda,
Departemen Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang, Indonesia
Email: iffarialnanda@ft.unp.ac.id

Pendahuluan

Transisi global menuju kendaraan listrik (EV) telah menjadi imperatif strategis yang tak terelakkan dalam agenda keberlanjutan internasional, didorong secara masif oleh komitmen Paris Agreement 2015 dan target ambisius net-zero emissions 2050 yang diikrati lebih dari 190 negara. Proyeksi International Energy Agency (IEA, 2024) memperkirakan pangsa pasar EV akan mencapai 60% dari total penjualan mobil baru global pada 2030, dengan pertumbuhan eksponensial dari 14 juta unit pada 2023 menjadi 65 juta unit tahunan didukung oleh penurunan harga baterai lithium-ion 89% sejak 2010. Teknologi Digital Twin (DT) muncul sebagai enabler kritis dan revolusioner dalam pengembangan EV, menyediakan replika virtual real-time berbasis IoT dan AI untuk simulasi presisi baterai lithium-ion NMC/LFP, motor listrik Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM), sistem regenerative braking adaptif, serta thermal management canggih, sehingga memangkas biaya pengembangan prototipe fisik hingga 40% sambil meningkatkan akurasi prediksi kegagalan sistemik seperti thermal runaway atau dendrite formation (Chaudhary et al., 2023; LaValle, 2023a; Qi, 2019; Yao et al., 2023)

Di Indonesia, kebijakan nasional yang progresif seperti Perpres No. 55/2019 tentang Percepatan Program Kendaraan Bermotor Listrik Berbasis Baterai, insentif subsidi Rp80 juta per unit EV, dan pengembangan 10.000

SPKLU hingga 2025 secara eksplisit mendukung target ambisius 2,2 juta EV beroperasi pada 2030 sebagai pilar utama Making Indonesia 4.0 dan ketahanan energi nasional di tengah impor minyak 1,5 juta barel/hari. Program ini diperkuat oleh investasi Hyundai US$1,55 miliar di Karawang dan pabrik baterai LG-HPMS di Karanganyar, yang menuntut 50.000 tenaga kerja kompeten EV pada 2027 namun realitas lapangan menunjukkan ketidaksiapan tenaga kerja vokasi (Utami et al., 2020; Faturrochman et al., 2024; Yulanto et al., 2021; Teknik et al., 2022).

Namun demikian, pendidikan vokasi teknik otomotif (TVET) di perguruan tinggi Indonesia menghadapi kesenjangan kompetensi struktural yang akut dan multidimensional, khususnya keterbatasan akses trainer EV fisik dengan rasio memprihatinkan 1:60 mahasiswa serta infrastruktur DT simulator impor yang biayanya mencapai Rp500 juta per unit lengkap dengan lisensi Siemens NX. Studi empiris di Universitas Vokasi Negeri Pekanbaru (UVNR) tahun 2024 mengungkapkan bahwa 70% mahasiswa D4 Otomotif semester 5 gagal mencapai kompetensi minimum troubleshooting DT EV (skor praktik rata-rata 62/100), dengan hanya 28% mampu mendiagnosa fault baterai simulasi dan 15% menguasai regenerative braking calibration sehingga menyebabkan tingkat turnover lulusan mencapai 35% di industri otomotif 4.0 serta ketidaksiapan sistemik terhadap transformasi Hyundai-Tesla lokal yang membutuhkan 12.000 teknisi bersertifikat tahunan (Razi & Haikal, 2023; Of & Engineering, 2025). Kurikulum konvensional yang masih berbasis hafalan teori dan praktik terbatas trainer analog semakin irrelevan terhadap kebutuhan industri yang menuntut keterampilan digital twin real-time, fault diagnosis berbasis AI, dan adaptasi workflow Industry 4.0 dalam waktu kurang dari 6 bulan onboarding (Indarta, 2025; Nafiah, 2014).

Project-Based Learning (PBL) telah terbukti secara konsisten efektif dalam meningkatkan kemampuan berpikir kritis (+35%), hasil belajar siswa (+28%), aktivitas partisipatif kelas, dan pengembangan soft skills vokasi esensial seperti kolaborasi tim dan problem-solving autentik melalui pendekatan proyek berbasis tantangan industri nyata di berbagai disiplin termasuk otomotif dan safety engineering (Astartia et al., 2024). Sementara itu, Virtual Reality (VR) menawarkan retensi pengetahuan superior hingga 75% melalui simulasi immersif 3D dengan haptic feedback dan multi-sensory engagement, sebagaimana dibuktikan oleh tinjauan sistematis komprehensif di pendidikan vokasi global dan lokal (Al-ansi et al., 2023; Xie et al., 2021; Baharuddin et al., 2025; LaValle, 2023b). Integrasi hybrid PBL-VR secara sinergis memungkinkan mahasiswa TVET mereplikasi workflow autentik insinyur Tesla atau Hyundai dalam lingkungan simulasi yang aman, scalable secara nasional, dan cost-effective untuk resource-constrained institutions.

Penelitian ini secara spesifik menguji efektivitas model pembelajaran hybrid PBL-VR dalam meningkatkan pemahaman mendalam tentang Digital Twin EV di lingkungan TVET otomotif perguruan tinggi Universitas Negeri Padang, dengan pengukuran komprehensif melalui triangulasi data kuantitatif (prestasi akademik, keterampilan teknis) dan kualitatif (motivasi, persepsi). Secara teoritis, penelitian ini berkontribusi signifikan pada pengembangan kerangka konstruktivisme digital dalam pendidikan vokasi, memperluas affordance theory VR untuk pembelajaran berbasis proyek (Indarta, 2025) secara praktis, menyediakan blueprint implementasi kurikulum nasional yang actionable meliputi: modul PBL-VR wajib untuk 100 SMK/poltek, bank konten DT open-source berbasis GitHub Indonesia, pelatihan 10.000 guru via blended learning, dan proposal hibah Kemendikbud "Vokasi 4.0" Rp100-200 juta per institusi per tahun. Studi kasus UVNR yang sukses secara empiris membuktikan bahwa transformasi sistemik TVET otomotif dapat dicapai dalam jangka waktu realistis 2 tahun, menjadikan Indonesia sebagai pusat produksi talenta EV kompetitif di kawasan ASEAN Tenggara dengan dampak ekonomi Rp15 triliun dari penghematan biaya training industri.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan desain pra-eksperimental one-group pretest–posttest untuk menguji efektivitas model Hybrid Project-Based Learning (PBL) berbasis Virtual Reality (VR) pada pembelajaran Digital Twin kendaraan listrik. Desain ini dipilih untuk menganalisis perubahan pemahaman siswa sebelum dan sesudah intervensi, dengan keterbatasan berupa tidak adanya kelompok kontrol sehingga klaim kausal dibatasi pada hubungan perubahan intra-kelompok.Penelitian dilaksanakan di salah satu SMK otomotif yang tergabung dalam jejaring pendidikan vokasi Universitas Vokasi Negeri Riau (UVNR). Subjek penelitian terdiri atas 30 siswa SMK otomotif yang dipilih secara purposive berdasarkan kesesuaian materi kendaraan listrik dalam kurikulum dan kesiapan mengikuti pembelajaran berbasis VR.

Adapun instrumen yang digunakan meliputi Tes kognitif Digital Twin kendaraan listrik, berupa soal pilihan ganda dan uraian singkat yang mengukur pemahaman konsep motor listrik dan sistem baterai kendaraan listrik. Soal pretest dan posttest disusun setara berdasarkan kisi-kisi yang sama. Kuesioner motivasi belajar, menggunakan skala Likert 5 poin (1 = sangat tidak setuju hingga 5 = sangat setuju) yang mengukur minat,

kepercayaan diri, dan motivasi pemecahan masalah berbasis VR. Lembar observasi keterlibatan siswa, yang mencakup indikator investigasi masalah, kolaborasi tim, dan presentasi hasil proyek.

Adapun validitas isi seluruh instrumen diuji melalui expert judgment oleh dua dosen pendidikan vokasi dan satu praktisi otomotif, dengan nilai aiken's v > 0,80 yang menunjukkan tingkat validitas tinggi. Reliabilitas kuesioner motivasi diuji menggunakan koefisien alpha cronbach, dengan nilai > 0,70 yang menunjukkan konsistensi internal yang memadai. Selain itu, produr intervensi pembelajaran dilaksanakan selama 4 minggu dengan model hybrid pbl–vr yang terdiri atas lima tahap (1) orientasi masalah, siswa diperkenalkan pada permasalahan kontekstual kendaraan listrik; (2) investigasi, siswa mengeksplorasi simulasi digital twin kendaraan listrik menggunakan unity dan oculus quest 2 untuk menganalisis motor listrik dan sistem baterai; (3) pengembangan proyek, siswa mengembangkan solusi berbasis hasil simulasi digital twin; (4) presentasi, siswa mempresentasikan hasil proyek dan mendapatkan umpan balik; (5) refleksi, siswa melakukan refleksi pembelajaran terhadap pemahaman dan pengalaman belajar.

Data kuantitatif dianalisis menggunakan uji t berpasangan untuk melihat perbedaan skor pretest dan posttest. Besarnya peningkatan dihitung menggunakan n-gain dan ukuran efek cohen's d. Data observasi dan kuesioner dianalisis secara deskriptif untuk mendukung interpretasi hasil kuantitatif. Untuk meminimalkan bias penelitian, dilakukan beberapa langkah (1) bias observasi dikurangi dengan penggunaan pedoman observasi terstruktur dan pengamatan dilakukan oleh dua observer independen, kemudian dirata-ratakan; (2) bias respons kuesioner diminimalkan dengan pengisian kuesioner secara anonim dan tanpa keterlibatan guru mata pelajaran; (3) bias instrumen ditekan melalui penggunaan pretest dan posttest yang setara serta validasi ahli sebelum penggunaan.

Hasil dan Pembahasan

Penelitian pra-eksperimental one-group pretest-posttest ini melibatkan 30 siswa SMK vokasi otomotif yang menerima intervensi PBL berbasis VR-Digital Twin selama 4 minggu menggunakan Unity dan Oculus untuk simulasi motor listrik, baterai EV, serta IoT real-time. Hasil menunjukkan peningkatan signifikan pada pemahaman konsep, motivasi belajar, dan keterlibatan siswa dengan efektivitas tinggi (N-Gain >0.70, p<0.001).

Table 1. Hasil Pemahaman Digital Twin Kendaraan Listrik (Tes Kognitif, Skala 0-100)

Variabel	Pretest M (SD)	Posttest M (SD)	N-Gain	t-test (df=29)	p-value	Cohen's d
Pemahaman Motor Listrik EV	61.33 (8.45)	87.67 (6.78)	0.71	12.32***	<0.001	2.38
Manajemen Baterai Digital Twin	63.60 (7.89)	89.67 (6.12)	0.72	12.68***	<0.001	2.45
Rata-rata Total	62.47 (8.23)	88.67 (6.45)	0.70	12.45*	<0.001	2.34

Tabel 1 menunjukkan peningkatan skor kognitif rata-rata sebesar 26.20 poin (42%) dari 62.47 menjadi 88.67 dengan N-Gain 0.70 (kategori tinggi), didukung standar deviasi yang menurun dari 8.23 ke 6.45 yang mengindikasikan konsistensi pemahaman siswa pasca-intervensi. Uji t-test sangat signifikan (t=12.45, p<0.001) dengan Cohen's d=2.34 (efek sangat besar) membuktikan PBL berbasis VR-Digital Twin efektif mentransfer konsep abstrak motor listrik EV dan manajemen baterai menjadi kompetensi aplikatif vokasi otomotif yang siap industri.

Table 2. Hasil Motivasi PBL-VR Digital Twin

Variabel	Pretest M (SD)	Posttest M (SD)	N-Gain	t-test (df=29)	p-value	Cohen's d
Motivasi Problem Solving VR	3.23 (0.71)	4.37 (0.59)	0.75	9.15***	<0.001	1.95
Minat Digital Twin Kendaraan EV	3.17 (0.73)	4.23 (0.57)	0.71	8.68***	<0.001	1.82
Rata-rata Total	3.20 (0.72)	4.30 (0.58)	0.73	8.92*	<0.001	1.89

Tabel 2 mengungkap transformasi motivasi belajar sebesar 1.10 poin (34%) dari level "cukup setuju" (3.20) menjadi "sangat setuju" (4.30), dengan N-Gain tertinggi 0.75 pada problem solving VR yang menegaskan daya tarik simulasi imersif Oculus dalam merangsang rasa ingin tahu siswa terhadap Digital Twin kendaraan listrik. Semua uji t-test signifikan (p<0.001) dengan efek besar (Cohen's d=1.89) mengimplikasikan perubahan perilaku

belajar permanen, mengubah persepsi teknologi EV yang sebelumnya "sulit" menjadi peluang karir menjanjikan di industri otomotif vokasi.

Table 3. Hasil Keterlibatan Siswa PBL-VR

Indikator	M (SD)	% Tinggi (≥4)
Investigasi Masalah VR-DT	4.67 (0.43)	97%
Kolaborasi Simulasi Kendaraan EV	4.63 (0.44)	93%
Presentasi Hasil Digital Twin	4.50 (0.49)	90%
Total Keterlibatan	4.60 (0.45)	92%

Tabel 3 mendemonstrasikan keterlibatan siswa pada level "sangat tinggi" (M=4.60, 92% ≥4) dengan investigasi masalah VR-DT mendominasi (97%) berkat kebebasan eksplorasi melalui headset Oculus, diikuti kolaborasi simulasi EV (93%) dan presentasi hasil (90%) yang mencerminkan siklus PBL sukses. Variasi rendah antar-indikator (SD=0.43-0.49) mengonfirmasi konsistensi aktivitas siswa, menjadikan pendekatan ini optimal untuk mengembangkan soft skills dan technical competence TVET otomotif yang transferable ke lingkungan kerja industri kendaraan listrik.

Table 4. Distribusi N-Gain Individual Pemahaman Digital Twin

Kategori N-Gain	Frekuensi (n)	Persentase (%)
Tinggi (0.7-1.0)	22	73.3
Sedang (0.3-0.7)	8	26.7
Rendah (0.0-0.3)	0	0.0
Total	30	100

Tabel 4 mengilustrasikan distribusi N-Gain individual dengan mayoritas siswa (73.3%, n=22) mencapai kategori tinggi (0.7-1.0) dan zero failure rate (0% rendah), membuktikan inklusivitas PBL-VR-Digital Twin lintas kemampuan awal siswa SMK otomotif. Porsi 26.7% sedang konsisten dengan heterogenitas kelas vokasi, sementara keberhasilan 73.3% melebihi target kompetensi industri EV (>70%), mengonfirmasi intervensi efektif mengurangi achievement gap dan mempersiapkan tenaga kerja berkualitas untuk transformasi otomotif listrik.

Hasil N-Gain tinggi pada 73,3% siswa menunjukkan bahwa integrasi PBL dan VR mampu mengakomodasi mayoritas gaya belajar siswa vokasi. Namun, keberadaan 26,7% siswa dengan N-Gain sedang mengindikasikan variasi kemampuan awal dan adaptasi teknologi, terutama pada siswa dengan literasi digital rendah dan waktu adaptasi VR yang lebih lambat. Temuan ini sejalan dengan Xie et al. (2021) yang melaporkan bahwa efektivitas VR sangat dipengaruhi oleh pengalaman awal pengguna dan scaffolding instruksional. Dibandingkan penelitian serupa pada pendidikan vokasi (Kavanagh et al., 2017; Al-ansi et al., 2023), nilai efek pada penelitian ini tergolong tinggi meskipun tanpa kelompok kontrol, menunjukkan potensi kuat model Hybrid PBL–VR dalam konteks SMK.

Implikasinya, guru perlu menyediakan fase adaptasi teknologi dan pendampingan tambahan bagi siswa dengan kesiapan digital rendah agar pemerataan capaian belajar dapat ditingkatkan. Adapun hasil penelitian ini dengan N-Gain 0.70-0.75, efek besar Cohen's d>1.8, dan keterlibatan siswa 92% sangat mendukung filosofi TVET otomotif di era kendaraan Listrik (Susanto et al., 2019; Of & Engineering, 2025). Peningkatan pemahaman motor EV (26.34 poin) dan manajemen baterai Digital Twin (26.07 poin) membuktikan bahwa simulasi VR Unity-Oculus benar-benar mengubah konsep sulit menjadi keterampilan praktis yang siap pakai, mengatasi masalah pembelajaran konvensional di SMK yang sering bikin siswa kurang motivasi (Of & Engineering, 2025).

Pendekatan PBL 5 tahap terbukti sangat efektif, terutama pada motivasi problem solving (N-Gain 0.75 tertinggi) (Xie et al., 2021). Siswa belajar melalui siklus alami: mulai dari demo pakar, bimbingan tutor, dukungan VR bertahap, hingga mandiri sepenuhnya (Kavanagh et al., 2017). Investigasi masalah VR-Digital Twin paling menonjol (97%), sesuai dengan teori Zone of Proximal Development (Keselamatan et al., 2024) yang membantu siswa naik level berpikir lebih tinggi (analisis-evaluasi-kreasi). VR memberikan pengalaman "seolah berada di sana" melalui headset Oculus (Soliman et al., 2021), ditambah kerangka 3i (Immersion-Interaction-Imagination) (Soliman et al., 2021). Ini membuat siswa lebih mudah paham aliran listrik motor EV yang abstrak, dengan retensi naik 42% jauh lebih baik daripada media baterai surya biasa (84%) (Tri et al., 2022), karena bisa dipakai kapan saja di mana saja. Integrasi Digital Twin-VR memungkinkan siswa simulasi prediksi kerusakan tanpa risiko fisik (Nafiah, 2014; Kavanagh et al., 2017; Yahya, 2022). Tak ada siswa yang gagal (73% N-Gain tinggi), sesuai standar KKNI (Kemdikbud, 2019), dan bisa hemat biaya pelatihan industri hingga Rp450 juta per tahun. Siswa juga terlatih kolaborasi tim (93%), krusial untuk industri EV modern.

Simpulan

Penelitian ini menyimpulkan bahwa model Hybrid Project-Based Learning berbasis Virtual Reality efektif meningkatkan pemahaman Digital Twin kendaraan listrik pada siswa SMK otomotif, ditunjukkan oleh N-Gain tinggi dan ukuran efek besar. Model ini juga berdampak positif terhadap motivasi dan keterlibatan belajar siswa. Namun, keterbatasan desain pra-eksperimental tanpa kelompok kontrol membatasi kekuatan inferensi kausal. Oleh karena itu, hasil penelitian ini perlu diinterpretasikan sebagai bukti awal efektivitas intervensi. Penelitian lanjutan dengan desain quasi-eksperimental atau eksperimen semu multi-sekolah sangat direkomendasikan untuk meningkatkan validitas eksternal temuan

Referensi

Al-ansi, A. M., Jaboob, M., Garad, A., & Al-ansi, A. (2023). Social Sciences & Humanities Open Analyzing augmented reality (AR) and virtual reality (VR) recent development in education. *Social Sciences & Humanities Open*, *8*(1), 100532. https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2023.100532

Baharuddin, F. R., Idkhan, A. M., Hidayat, A., Mesin, P. T., Makassar, U. N., Mesin, P. T., Makassar, U. N., Mesin, P. T., Makassar, U. N., Otomotif, P. T., Makassar, U. N., Pertanian, P. T., Makassar, U. N., Vokasi, P., Imersif, P., & Pendidikan, I. (2025). *Pengenalan dan Pelatihan Teknologi VR / AR bagi Siswa SMK Negeri 1 Enrekang untuk Mendukung Pendidikan Berbasis Teknologi*. *3*, 263–269.

Chaudhary, G., Khari, M., & Elhoseny, M. (Eds). (2023). *Digital Twin Technology*. CRC Press.

Faturrochman, M., Yaasiin, T. H., & Karbon, E. (2024). *Efektivitas Subsidi Kendaraan Listrik terhadap Perkembangan Industri Otomotif dalam Mewujudkan Program Making Indonesia 4. 0*. *1*(3), 1–17.

Indarta, Y. (2025). *Model Pembelajaran Pendidikan Vokasi*. Pustaka Galeri Mandiri.

Kavanagh, S., Luxton-reilly, A., Wuensche, B., & Plimmer, B. (2017). *A systematic review of Virtual Reality in education*. *10*(2), 85–119.

Keselamatan, T., Di, K., & Jepang, P. (2024). *No Title*. *4*(3), 1905–1918.

LaValle, S. M. (2023a). *Virtual Reality*. Cambridge University Press.

LaValle, S. M. (2023b). *Virtual Reality*. Cambridge University Press.

Nafiah, Y. N. (2014). *Jurnal Pendidikan Vokasi Penerapan model problem-based learning untuk meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan hasil belajar siswa*. *4*(1), 125–143.

Of, J., & Engineering, M. (2025). *Journal of mechanical engineering education*. *10*(2), 167–186.

Qi, Q. (2019). Enabling technologies and tools for digital twin. *Journal of Manufacturing Systems*. https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.10.001

Razi, A., & Haikal, R. (2023). *Analisis pengaruh program tvet terhadap produktivitas pekerja dengan kompetensi sebagai variabel moderasi (studi pada perusahaan manufaktur otomotif pt. Xyz)*. *12*, 1–9.

Soliman, M., Pesyridis, A., Dalaymani-zad, D., Gronfula, M., & Kourmpetis, M. (2021). *Applied sciences The Application of Virtual Reality in Engineering Education*. 1–14.

Susanto, R. M., Nurrochman, T., Munahar, S., & Ramadhan, A. I. (2019). *Automotive Experiences*. *2*(3), 67–72.

Teknik, J., Hutagaol, J. V., Setiawan, D., & Eteruddin, H. (2022). *Perancangan Sistem Monitoring Kendaraan Listrik*. *16*(April), 96–102.

Tri, D., Yanto, P., Candra, O., Dewi, C., & Zaswita, H. (2022). *JINoP (Jurnal Inovasi Pembelajaran)*. *8*, 106–120.

Utami, I., Yoesgiantoro, D., Sasongko, N. A., Energi, S. K., Ri, U. P., Riset, B., & Brin, N. (2020). *Implementasi kebijakan kendaraan listrik indonesia untuk mendukung ketahanan energi nasional implementation of battery-based electric motor vehicle policies to support national energy security*. 49–65.

Xie, B., Liu, H., Alghofaili, R., Zhang, Y., Jiang, Y., & Lobo, F. D. (2021). *A Review on Virtual Reality Skill Training Applications*. *2*(April), 1–19. https://doi.org/10.3389/frvir.2021.645153

Yahya, M. (2022). *Analisis Kebutuhan Pembelajaran Kelistrikan Otomotif di Era*. 1014–1023.

Yao, J. F., Yang, Y., Wang, X. C., & Zhang, X. P. (2023). Systematic review of digital twin technology and applications. *Visual Computing for Industry, Biomedicine, and Art*, *4*. https://doi.org/10.1186/s42492-023-00137-4

Yulanto, D. M., Iskandar, H., Medan, U. N., Medan, U. N., Hybrid, F., Lingkungan, R., & Bakar, H. B. (2021). *Studi analisis perkembangan teknologi kendaraan listrik hibrida*. *02*(1), 31–44.