

RANCANG BANGUN ALAT PERAGA SISTEM PENERANGAN SEPEDA MOTOR SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN PENDIDIKAN VOKASI

**Komang Widhi Widantha¹⁾, I Putu Gede Sopan Rahtika²⁾, I Wayan Erna Priawan³⁾ dan
Ida Ayu Anom Arsani⁴⁾**

^{1, 2, 3, 4)} Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali
Kampus Politeknik Negeri Bali, Bukit Jimbaran, Kuta Selatan, Badung

e-mail: komangwidhi@pnb.ac.id¹⁾, putugedesopanrahtika@pnb.ac.id²⁾,
iwayanernapriawan1234@gmail.com³⁾, ayuanomarsani@pnb.ac.id⁴⁾

ABSTRAK

Penelitian rancang bangun ini difokuskan pada pengembangan media pembelajaran interaktif berupa alat peraga sistem penerangan dan sinyal sepeda motor Honda guna meningkatkan kompetensi kognitif serta psikomotorik mahasiswa. Inovasi utama pada alat peraga ini terletak pada penggunaan panel akrilik transparan yang memungkinkan mahasiswa melakukan visualisasi alur rangkaian kelistrikan secara langsung dan terstruktur. Metode penelitian yang diterapkan adalah rekayasa teknologi, mencakup tahapan perancangan menggunakan perangkat lunak CAD, fabrikasi rangka baja hollow, serta instalasi komponen kelistrikan standar industri. Alat peraga ini mengintegrasikan power supply 12V, 30A sebagai unit substitusi baterai untuk menjamin stabilitas distribusi arus selama penggunaan kontinu di laboratorium. Hasil pengujian fungsional menunjukkan bahwa seluruh sistem, termasuk lampu utama, sein, rem, dan klakson, beroperasi secara optimal sesuai standar teknis. Uji keandalan operasional selama 60 menit mengonfirmasi stabilitas tegangan pada 12,2V dengan suhu terminal maksimal 35,0°C, yang menjamin keamanan perangkat dari risiko panas berlebih. Analisis efektivitas melalui desain eksperimen pre-test dan post-test terhadap sepuluh mahasiswa menunjukkan peningkatan skor rata-rata sebesar 24,59%, dari nilai awal 61,0 menjadi 76,0. Evaluasi melalui kuesioner persepsi pengguna menghasilkan skor rata-rata 4,22 dari skala 5,00, menempatkan alat ini dalam kategori sangat baik. Secara keseluruhan, alat peraga ini terbukti efektif sebagai media pembelajaran praktikum otomotif yang mampu menjembatani celah antara pemahaman teoritis dan aplikasi praktis di lapangan bagi mahasiswa teknik. Keberhasilan penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam pengembangan sarana laboratorium mandiri yang adaptif terhadap kebutuhan kurikulum pendidikan vokasi yang dinamis.

Kata Kunci: alat peraga, kelistrikan otomotif, sepeda motor, sistem penerangan, pendidikan vokasi

ABSTRACT

This design-and-development study focuses on the creation of an interactive learning medium in the form of a motorcycle lighting and signaling system teaching aid for Honda motorcycles, aimed at enhancing students' cognitive and psychomotor competencies. The key innovation of this device lies in the use of a transparent acrylic panel that enables direct and structured visualization of the electrical circuit pathways. The research employed a technological engineering approach, encompassing CAD-based design, hollow steel frame fabrication, and the installation of industry-standard electrical components. A 12V, 30A power supply was integrated as a battery substitute to ensure stable current distribution during continuous laboratory operation. Functional testing demonstrated that all subsystems, including the headlamp, turn signals, brake lights, and horn, operated optimally in accordance with technical standards. Operational reliability testing over 60 minutes confirmed voltage stability at 12.2 V with a maximum terminal temperature of 35.0°C, indicating safe thermal performance. Effectiveness analysis using a pre-test and post-test design involving ten students revealed an average score improvement of 24.59%, increasing from 61.0 to 76.0. Furthermore, user perception evaluation yielded a mean score of 4.22 out of 5.00, categorizing the device as very good. Overall, the developed teaching aid proved effective as an automotive practicum learning medium that bridges the gap between theoretical understanding and practical application. This study is expected to contribute as a reference for the development of adaptive and independent laboratory facilities in vocational education.

Keywords: Teaching aid, automotive electrical system, motorcycle, lighting system, vocational education

I. PENDAHULUAN

Sepeada motor merupakan moda transportasi utama yang harus memenuhi standar keselamatan sesuai dengan regulasi lalu lintas, terutama terkait ketersediaan sistem penerangan yang memadai. Sistem penerangan tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu penglihatan bagi pengemudi, tetapi juga berperan vital dalam menekan angka kecelakaan dengan meningkatkan kewaspadaan kendaraan di sekitarnya [1]. Sesuai mandat Undang-Undang

Nomor 22 Tahun 2009, kewajiban menyalakan lampu utama pada siang dan malam hari bertujuan untuk meminimalkan risiko kelalaian manusia di jalan raya. Oleh karena itu, penguasaan materi dasar kelistrikan menjadi fondasi penting bagi mahasiswa, karena pemahaman konseptual yang kuat pada tingkat dasar sangat menentukan keberhasilan dalam memahami materi lanjutan yang lebih kompleks dan membutuhkan ketelitian teknis yang tinggi [2].

Memasuki era revolusi industri 5.0, dunia kerja menuntut lulusan pendidikan vokasi memiliki kompetensi literasi dan keterampilan digital yang relevan dengan perkembangan otomatisasi [3], [4]. Perkembangan teknologi yang cepat dan globalisasi menciptakan tantangan baru terhadap kualitas tenaga kerja, sehingga menuntut penguatan metodologi pelatihan profesional yang lebih sistematis [5]. Namun, mutu lulusan pendidikan vokasi di Indonesia saat ini masih menghadapi kendala besar dalam memenuhi ekspektasi dunia kerja, yang terlihat dari masih tingginya tingkat pengangguran lulusan vokasi [6]. Salah satu penyebab utama masalah ini adalah proses pembelajaran teknis yang sering kali dilakukan dengan metode ceramah tanpa dukungan media pembelajaran yang memadai, sehingga menyulitkan mahasiswa dalam membangun pemahaman konseptual yang kuat [2], [7].

Penggunaan media pembelajaran berupa alat peraga menjadi solusi krusial karena mampu membantu peserta didik memahami konsep yang abstrak secara lebih mudah [8]. Media visual tidak hanya membangkitkan minat dan motivasi belajar, tetapi juga memberikan rangsangan kegiatan belajar yang lebih bervariasi dalam proses pembelajaran [7]. Dalam pendidikan vokasi abad ke-21, pemenuhan instrumen praktikum dan pemutakhiran kurikulum yang adaptif terhadap kebutuhan industri merupakan prioritas utama pemerintah untuk menciptakan sumber daya manusia yang kompeten [4]. Efektivitas penggunaan alat peraga ini dapat diuji melalui metode eksperimen pre-test dan post-test untuk mengukur peningkatan hasil belajar secara empiris [9]. Selain itu, pendekatan Research and Development (R&D) dalam pengembangan alat peraga terbukti efektif meningkatkan pemahaman konsep peserta didik dengan kriteria yang tinggi [8].

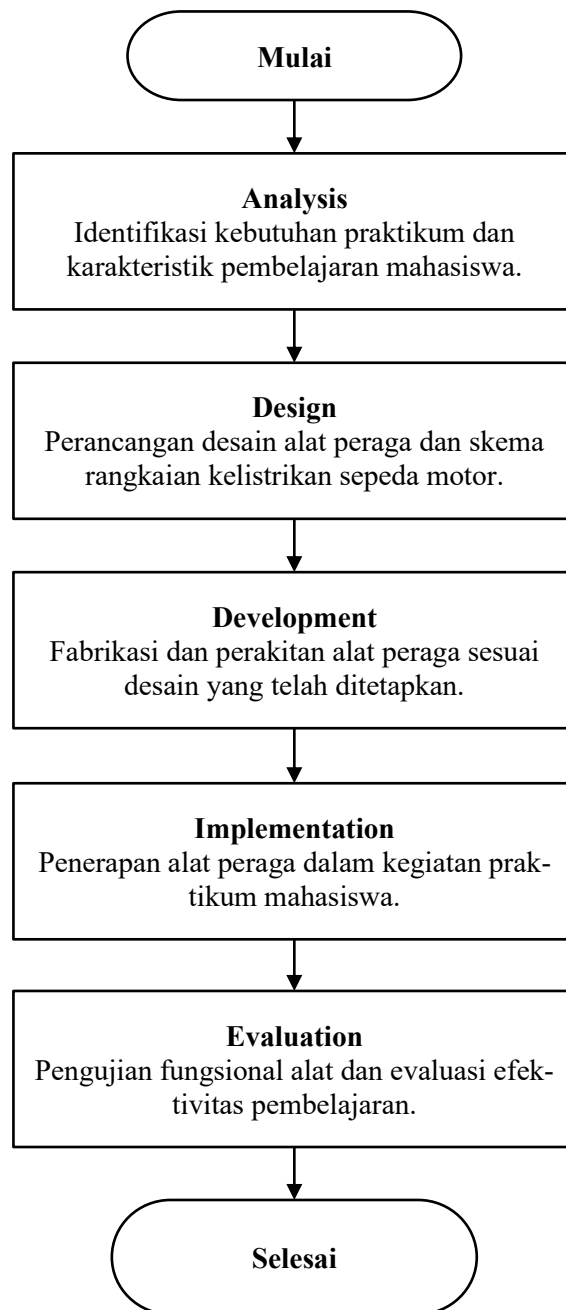
Fasilitas alat peraga kelistrikan yang tersedia di Laboratorium Otomotif Politeknik Negeri Bali saat ini masih didominasi oleh unit kendaraan roda empat. Sementara itu, media pembelajaran khusus untuk sistem penerangan sepeda motor masih sangat terbatas dan sering kali bersifat tertutup, sehingga menyulitkan mahasiswa dalam memvisualisasikan alur rangkaian secara transparan. Guna mengatasi kesenjangan tersebut, dikembangkan sebuah alat peraga sistem penerangan dan sinyal sepeda motor Honda menggunakan panel akrilik transparan dan soket banana untuk mendukung pembelajaran interaktif. Penggunaan *power supply* 12V DC berkapasitas 30A diimplementasikan untuk menjamin stabilitas arus selama praktikum. Melalui kehadiran alat peraga ini, diharapkan kualitas proses belajar mengajar dapat meningkat, sekaligus menghasilkan lulusan yang memiliki kesiapan teknis lebih baik dalam menghadapi dinamika industri otomotif masa depan.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian rancang bangun atau rekayasa teknologi yang bertujuan menghasilkan produk berupa alat peraga pendidikan. Metode yang digunakan adalah penelitian dan pengembangan (Research and Development). Proses pengembangan mengacu pada model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, and Evaluation) yang secara luas digunakan dalam pengembangan media dan instrumen pembelajaran [10].

Tahap analisis dilakukan melalui identifikasi kebutuhan praktikum serta analisis karakteristik pembelajaran mahasiswa. Tahap *design* meliputi perancangan struktur alat peraga dan skema rangkaian kelistrikan. Tahap *development* mencakup proses fabrikasi dan perakitan alat peraga sesuai desain yang telah ditetapkan. Selanjutnya, tahap *implementation* dilakukan dengan menerapkan alat peraga dalam kegiatan praktikum mahasiswa. Tahap *evaluation* dilaksanakan melalui pengujian fungsional alat serta uji efektivitas pembelajaran untuk menilai kelayakan penggunaan alat peraga. Seluruh proses penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kontrol Pneumatik dan Hidrolik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bali.

Secara visual, tahapan sistematis dalam pelaksanaan penelitian ini dari awal hingga akhir disajikan pada alur penelitian yang ditunjukkan oleh Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Alur Penelitian Rancang Bangun

A. Prosedur Pengembangan Alat

Berdasarkan alur penelitian pada Gambar 1, prosedur pengembangan alat peraga ini difokuskan pada tiga tahap utama. Tahap pertama adalah studi literatur dan identifikasi komponen untuk menentukan spesifikasi teknis yang sesuai dengan standar sistem kelistrikan sepeda motor Honda. Tahap kedua adalah perancangan struktur menggunakan baja hollow (33 mm x 33 mm) sebagai rangka utama dan akrilik ketebalan 2 mm sebagai panel media komponen. Tahap ketiga adalah perakitan sistem kelistrikan yang mengintegrasikan berbagai komponen utama seperti *power supply* 12V 30A, flasher, sakelar, klakson, serta berbagai jenis bohlam lampu.

B. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui tiga pendekatan utama untuk memastikan validitas teknis dan efektivitas pedagogis dari alat peraga yang dikembangkan:

- 1) Uji Fungsional dan Keandalan Teknis: Data dikumpulkan melalui observasi langsung terhadap kinerja setiap komponen sistem penerangan dan sinyal. Parameter yang diukur meliputi stabilitas tegangan output menggunakan multimeter digital serta pemantauan suhu pada terminal dan konektor menggunakan termometer inframerah untuk memastikan keamanan operasional selama penggunaan kontinu.
- 2) Uji Efektivitas Kognitif: Pengujian ini melibatkan 10 mahasiswa semester 2 Program Studi D3 Teknik Mesin

sebagai responden. Data dikumpulkan melalui instrumen tes tertulis berupa pre-test (sebelum penggunaan alat) dan post-test (sesudah praktikum). Instrumen ini bertujuan untuk mengukur tingkat peningkatan pemahaman mahasiswa terhadap skema rangkaian dan prinsip kerja kelistrikan otomotif. Pemilihan jumlah responden sebanyak 10 mahasiswa didasarkan pada metode uji coba kelompok kecil dalam penelitian pengembangan. Uji coba kelompok kecil dengan 5-10 subjek sudah memadai untuk mengidentifikasi kelemahan produk dan mengukur efektivitas awal sebelum dilakukan uji lapangan berskala besar. Validitas instrumen tes diuji melalui *expert judgment* oleh dua orang dosen ahli kelistrikan otomotif untuk memastikan kesesuaian materi dengan kurikulum.

- 3) Evaluasi Persepsi Pengguna (Angket): Data afektif dikumpulkan melalui kuesioner persepsi yang disebarakan kepada 10 responden setelah sesi praktikum berakhir. Instrumen ini terdiri dari 10 butir pernyataan terstruktur yang diukur menggunakan skala Likert (1-5), mulai dari "Sangat Tidak Setuju" hingga "Sangat Setuju". Butir pernyataan tersebut dikelompokkan ke dalam tiga indikator capaian, yaitu: pemahaman materi (3 butir) untuk mengukur kemudahan identifikasi komponen; kualitas alat peraga (3 butir) untuk menilai ergonomi dan desain visual panel transparan; serta efektivitas pembelajaran (4 butir) untuk mengevaluasi keterlibatan mahasiswa dan efisiensi waktu praktikum.

C. Metode Analisis Data

Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Untuk mengukur efektivitas pembelajaran terhadap peningkatan pemahaman mahasiswa, dilakukan penghitungan persentase peningkatan skor rata-rata menggunakan persamaan (1) sebagai berikut:

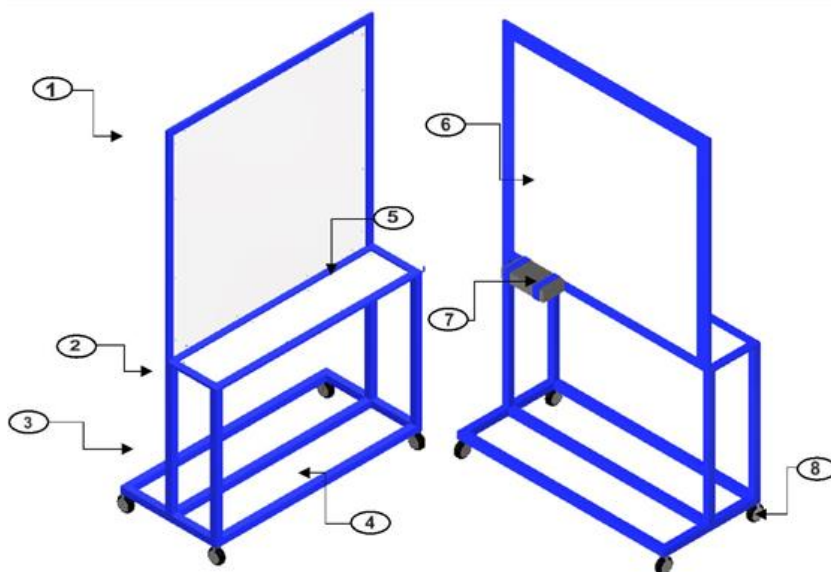
$$\text{Peningkatan} = \frac{\text{Skor post test} - \text{Skor pre test}}{\text{Skor pre test}} \times 100\% \quad (1)$$

Selain itu, data dari angket penilaian dianalisis menggunakan skala Likert untuk menentukan kategori kelayakan alat peraga (Sangat Baik, Baik, Cukup, atau Kurang). Hasil analisis ini kemudian digunakan sebagai dasar untuk mengevaluasi apakah alat peraga yang dikembangkan telah mencapai tujuan pembelajaran yang diharapkan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Rancang Bangun

Tahap awal dari realisasi alat peraga ini adalah penerjemahan konsep ke dalam desain teknis menggunakan perangkat lunak CAD. Perancangan ini bertujuan untuk memastikan aspek ergonomis dan kekuatan struktur dalam menopang komponen-komponen kelistrikan yang cukup berat, terutama unit *power supply*. Visualisasi desain struktur rangka beserta keterangan bagian-bagian utamanya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain CAD Rancang Bangun Alat Peraga (Keterangan: 1. Rangka atas dudukan akrilik; 2. Rangka akrilik; 3. Rangka penyambung; 4. Rangka penopang beban; 5. Akrilik bawah (*wiring diagram*); 6. Akrilik atas (komponen utama); 7. *Power supply*; 8. Roda troli)

Pemilihan baja hollow sebagai material utama didasarkan pada karakteristiknya yang memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang baik. Penggunaan roda troli berdiameter 1,5 inci pada bagian dasar rangka memberikan aspek mobilitas tinggi, sehingga alat peraga dapat dipindahkan dengan mudah antar ruang praktikum sesuai kebutuhan instruksional.

B. Proses Fabrikasi dan Integrasi Komponen

Proses pembuatan alat peraga dilakukan melalui beberapa tahapan manufaktur. Proses fabrikasi dimulai dengan pemotongan material baja hollow sesuai dimensi desain CAD, dilanjutkan dengan proses pengelasan untuk membentuk struktur rangka yang kokoh. Tahap estetika dan perlindungan korosi dilakukan melalui pengecatan dua lapis untuk menjamin ketahanan alat dalam jangka panjang. Dokumentasi mengenai proses fabrikasi rangka hingga tahap instalasi komponen pada panel akrilik disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Dokumentasi Fabrikasi Rangka dan Instalasi Komponen Kelistrikan

Pada tahap instalasi kelistrikan, dilakukan penyolderan pada setiap sambungan terminal soket banana. Hal ini dilakukan untuk menghindari terjadinya *voltage drop* akibat koneksi yang longgar. Panel akrilik transparan setebal 2 mm dipilih sebagai media utama karena sifatnya yang isolator serta memungkinkan mahasiswa melihat jalur *wiring* di balik panel secara jelas. Hasil akhir rancang bangun alat peraga secara utuh ditampilkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Unit Final Alat Peraga Sistem Penerangan dan Sinyal Sepeda Motor

Komponen-komponen utama yang terpasang dipilih berdasarkan spesifikasi standar sepeda motor Honda untuk menjamin kemiripan dengan kondisi nyata di lapangan. Spesifikasi teknis unit alat peraga disajikan secara detail pada Tabel I berikut.

TABEL I.

SPESIFIKASI TEKNIS UNIT ALAT PERAGA

No	Komponen	Spesifikasi / Dimensi	Fungsi Utama
1	power supply	12V, 30A, 360W	sumber daya pengganti baterai
2	rangka	baja hollow 33 × 33 mm	struktur penopang utama
3	panel	akrilik 2 mm	media pemasangan komponen
4	lampu utama	bohlam 12V, 25W	simulasi penerangan jarak dekat/jauh
5	klakson	12V DC, 1,5A	sinyal peringatan suara
6	flasher	12V, 2 terminal	pengatur kedipan lampu sein

C. Hasil Pengujian Fungsional dan Analisis Teknis

Pengujian fungsional merupakan tahap verifikasi untuk memastikan bahwa setiap sirkuit yang dirakit pada panel akrilik bekerja sesuai dengan hukum kelistrikan dasar dan standar manual servis sepeda motor. Pengujian dilakukan dengan memberikan input pada sakelar kendali dan mengobservasi respon komponen output.

TABEL II.
ANALISIS HASIL PENGUJIAN FUNGSIONAL KOMPONEN

No	Parameter Uji	Komponen Input	Observasi Output Teknis	Hasil
1	sistem penerangan utama	saklar dimmer	perpindahan fokus cahaya antara filament high dan low beam bekerja instan.	ok
2	sistem sinyal belok	saklar sein	flasher mampu memutus dan menghubungkan arus dengan frekuensi kedipan stabil (85–90 bpm).	ok
3	sistem pengereman	switch rem depan/belakang	lampu rem menyala dengan intensitas cahaya lebih tinggi dibanding lampu kota (dual filament).	ok
4	sistem akustik	tombol klakson	klakson menghasilkan bunyi yang stabil tanpa penurunan tegangan pada sistem lampu.	ok
5	proteksi kelistrikan	sekring (fuse)	mampu memutus arus saat dilakukan simulasi hubungan arus pendek buatan.	ok

D. Hasil Pengujian Keandalan

Uji keandalan dilakukan untuk memastikan alat peraga aman digunakan dalam lingkungan laboratorium yang bersifat kontinu. Parameter yang diukur meliputi stabilitas suhu pada sambungan terminal dan kestabilan tegangan output dari *power supply* saat diberikan beban puncak.

TABEL III.
DATA HASIL PENGUJIAN KEANDALAN OPERASIONAL

Menit Ke-	Tegangan Output (Volt)	Suhu Kabel/Konektor (°C)	Kondisi Komponen
0	12,4 V	28,5 °C	sistem mulai beroperasi
15	12,3 V	30,2 °C	lampu utama aktif kontinu
30	12,3 V	32,1 °C	beban penuh (sein + rem + utama)
45	12,2 V	34,5 °C	suhu stabil di bawah batas kritis
60	12,2 V	35,0 °C	tidak ada deformasi pada akrilik

E. Analisis Efektivitas Mediasi Pembelajaran Terhadap Capaian Kognitif

Keberhasilan sebuah alat peraga diukur melalui kemampuannya dalam mentransformasi pengetahuan teoritis menjadi pemahaman fungsional. Untuk membuktikan hal tersebut, penelitian ini menerapkan pengujian efektivitas berbasis *One-Group Pretest-Posttest Design*. Data perbandingan skor capaian mahasiswa sebelum dan sesudah penggunaan alat peraga disajikan pada Tabel IV.s

TABEL IV.
ANALISIS KOMPARASI SKOR PRE-TEST DAN POST-TEST MAHASISWA

No	Subjek	Skor Pre-Test	Skor Post-Test	Peningkatan (%)
1	Mhs A	30	60	100,00%
2	Mhs B	75	85	13,33%

No	Subjek	Skor Pre-Test	Skor Post-Test	Peningkatan (%)
3	Mhs C	65	90	38,46%
4	Mhs D	35	50	42,86%
5	Mhs E	60	70	16,67%
6	Mhs F	50	70	40,00%
7	Mhs G	65	80	23,08%
8	Mhs H	80	90	12,50%
9	Mhs I	80	90	12,50%
10	Mhs J	70	75	7,14%
	Rata-rata	61,0	76,0	24,59%

Berdasarkan data pada Tabel IV terjadi peningkatan skor kognitif rata-rata sebesar 24,59% berdasarkan perbandingan skor pre-test dan post-test. Secara teoritis, fenomena ini dapat dijelaskan melalui konsep visual scaffolding, di mana penggunaan akrilik transparan pada alat peraga berfungsi sebagai penyangga visual yang membantu mahasiswa mengenali struktur logika rangkaian kelistrikan yang sebelumnya bersifat abstrak. Simulasi langsung menggunakan alat peraga memberikan pengalaman praktis kepada mahasiswa dalam mempelajari sistem penerangan. Representasi sistem pada alat membantu mahasiswa menghubungkan teori dasar kelistrikan dengan penerapannya pada komponen sepeda motor. Kegiatan ini juga membantu mahasiswa memahami cara kerja sirkuit dan melakukan pemeriksaan terhadap gangguan kelistrikan.

F. Evaluasi Persepsi Pengguna Berdasarkan Kriteria Kuesioner

Selain parameter kognitif, evaluasi aspek afektif dan psikomotorik diukur melalui penyebaran kuesioner kepada 10 responden mahasiswa. Instrumen ini dirancang untuk menilai tiga variabel utama: tingkat pemahaman materi, kualitas fisik alat, dan efektivitas proses pembelajaran. Analisis deskriptif terhadap data kuesioner menunjukkan skor rata-rata keseluruhan sebesar 4,22 dari skala 5,00.

Hasil ini mengklasifikasikan alat peraga ke dalam kategori “Sangat Baik”. Skor tinggi pada variabel kualitas visual mengonfirmasi bahwa transparansi panel akrilik membantu mahasiswa membangun peta mental yang lebih terstruktur mengenai sistem sinyal dan penerangan. Penggunaan model fisik dan representasi visual diketahui dapat membantu peserta didik membangun pemahaman konseptual melalui pembentukan *mental model* terhadap sistem yang dipelajari [11]. Secara psikologis, kemudahan penggunaan alat dengan sistem soket *plug-and-play* juga meningkatkan antusiasme dan keterlibatan aktif mahasiswa. Hal ini sejalan dengan temuan bahwa pembelajaran aktif dapat meningkatkan performa mahasiswa pada bidang sains, teknologi, teknik, dan matematika dibandingkan dengan pembelajaran berbasis ceramah tradisional [12]. Media pembelajaran interaktif dengan tampilan dan fitur yang mudah digunakan juga dilaporkan dapat membantu pemahaman materi sekaligus meningkatkan interaksi dan motivasi belajar peserta didik [13].

Dalam konteks pembelajaran kelistrikan otomotif, penggunaan media pembelajaran dan motivasi belajar juga diketahui memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil belajar praktik [14]. Temuan tersebut diperkuat oleh penelitian yang menunjukkan bahwa integrasi media pembelajaran interaktif dengan *Discovery Learning* dapat meningkatkan partisipasi peserta didik dalam memahami konsep, menerapkan pengetahuan, dan mengembangkan keterampilan praktis [15]. Penelitian mengenai penggunaan trainer kelistrikan *body* mobil juga menunjukkan bahwa penggunaan alat peraga dapat memberikan pengaruh terhadap peningkatan hasil belajar pada pembelajaran kelistrikan otomotif [16]. Dengan demikian, alat peraga ini tidak hanya berfungsi sebagai media transfer pengetahuan, tetapi juga sebagai instrumen pembelajaran yang mendukung keterlibatan aktif, pemahaman konseptual, dan motivasi mahasiswa dalam menghadapi tugas praktikum kelistrikan otomotif yang kompleks.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil rancang bangun dan pengujian, alat peraga sistem penerangan dan sinyal sepeda motor Honda berhasil direalisasikan menggunakan komponen standar industri, rangka baja hollow, panel akrilik transparan, dan koneksi soket banana yang mendukung pembelajaran interaktif. Hasil pengujian menunjukkan seluruh sistem berfungsi stabil dengan dukungan *power supply* 12V 30A. Implementasi alat peraga juga meningkatkan rata-rata hasil belajar mahasiswa sebesar 24,59% berdasarkan perbandingan pre-test dan post-test, serta memperoleh respon pengguna sebesar 4,22 dari 5,00 dengan kategori sangat baik. Alat ini disarankan untuk diintegrasikan dalam

kegiatan praktikum rutin, sementara pengembangan selanjutnya dapat diarahkan pada penambahan simulasi gangguan dan sensor digital berbasis mikrokontroler untuk pemantauan arus dan tegangan secara real-time. Dukungan institusi juga diperlukan untuk pengembangan alat peraga serupa yang adaptif terhadap kebutuhan pembelajaran dan perkembangan teknologi industri.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Amiruddin and D. Rohmanto, "Modifikasi Sistem Penerangan Aho Dengan Pengisian Fullwave Untuk Meningkatkan Arus Dan Tegangan Pengisian Pada Motor Honda Scoopy," *Journal of Automotive Technology Vocational Education*, vol. 1, no. 2, pp. 9–18, 2020.
- [2] M. A. Setyobudi, M. Khumaedi, and K. Huda, "Penerapan Multimedia untuk Meningkatkan Capaian Pembelajaran Peserta Didik Memahami Bagian-Bagian Mesin Bubut di SMK Negeri 1 Karangawen," *Jurnal Studi Guru dan Pembelajaran*, vol. 8, no. 2, pp. 1015–1026, 2025.
- [3] S. K. Le, S. N. Hlaing, and K. Z. Ya, "21st-century competences and learning that Technical and vocational training," *Journal of Engineering Researcher and Lecturer*, vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2022.
- [4] I. Zukna and K. Sassi, "Prospek Sistem Pendidikan Vokasi di Indonesia Abad-21," *NUSRA: Jurnal Penelitian Dan Ilmu Pendidikan*, vol. 5, no. 4, pp. 1578–1588, 2024.
- [5] E. Abiltarova, H. Poberezhets, I. Androshchuk, and V. Burak, "The Methods for Improving Vocational Education and Training in Modern Conditions," *Journal of Higher Education Theory & Practice*, vol. 22, no. 12, 2022.
- [6] W. Utomo, "Paradigma pendidikan vokasi: Tantangan, harapan dan kenyataan," *Almufi Journal of Measurement, Assessment, and Evaluation Education*, vol. 1, no. 2, pp. 65–72, 2021.
- [7] R. D. Rahmawati, K. Khotimah, V. Aprilyanti, A. Fatmawati, and L. D. Aprillia, "Penerapan Media Pembelajaran Berbasis Visual Menggunakan Alat Peraga pada Mata Pelajaran Pendidikan Agama Islam di SDN Sumberagung," *Jumat Pendidikan: Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 3, no. 3, pp. 124–128, 2022.
- [8] M. Faiq and D. Wulandari, "Pengaruh Penggunaan Media Pembelajaran Construct 2 Terhadap Hasil Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran Pekerjaan Dasar Teknik Mesin Di SMK Negeri 3 Surabaya," *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, vol. 10, no. 3, pp. 31–37, 2021.
- [9] R. Pangke, J. C. Rende, and A. Komansilan, "Pengembangan Alat Peraga Sebagai Media Pembelajaran Penerapan Konsep Hukum Pascal Untuk Peserta Didik Kelas Viii Di Smp Negeri 1 Sitimisel," *Charm Sains: Jurnal Pendidikan Fisika*, vol. 2, no. 2, pp. 75–82, 2021.
- [10] R. M. Branch and I. Varank, *Instructional Design: The ADDIE Approach*, vol. 722. New York, NY, USA: Springer, 2009, p. 84.
- [11] A. Srivastava, "Building mental models by dissecting physical models," *Biochem. Mol. Biol. Educ.*, vol. 44, no. 1, pp. 7–11, 2016, doi: 10.1002/bmb.20921.
- [12] S. Freeman, S. L. Eddy, M. McDonough, M. K. Smith, N. Okoroafor, H. Jordt, and M. P. Wenderoth, "Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics," *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, vol. 111, no. 23, pp. 8410–8415, 2014, doi: 10.1073/pnas.1319030111.
- [13] Syah, Y. A., and R. S. Hidayatullah, "Pengembangan media pembelajaran interaktif Google Sites untuk meningkatkan hasil belajar siswa SMK," *Journal of Vocational and Technical Education (JVTE)*, vol. 6, no. 1, pp. 56–65, 2024.
- [14] V. L. P. Sutrisno and B. T. Siswanto, "Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil belajar siswa pada pembelajaran praktik kelistrikan otomotif SMK di Kota Yogyakarta," *J. Pendidik. Vokasi*, vol. 6, no. 1, pp. 111–120, 2016.
- [15] Yudha, Wahyuprawira, and R. S. Hidayatullah, "Pengaruh media interaktif terhadap hasil belajar siswa vokasi," *J. Vocational Tech. Educ. (JVTE)*, vol. 6, no. 2, pp. 82–90, 2024, doi: 10.26740/jvte.v6n2.p1-9.
- [16] R. S. Lestari and W. D. Kurniawan, "Pengaruh media pembelajaran trainer kelistrikan body mobil terhadap hasil belajar siswa di SMKN 2 Surabaya," *J. Vocational Tech. Educ. (JVTE)*, vol. 5, no. 2, pp. 93–101, 2023, doi: 10.26740/jvte.v5n2.p93-101.