

Rancang Bangun E-Modul Berbasis STEM-*Project Based Learning* (STEM-PjBL) Pada Mata Pelajaran Sistem Kendali Industri Di SMKN 1 Bukittinggi

Fadhli, Harzian Syah✉, Muhammad, Adri¹, Efrizon², Titi, Sriwahyuni³

¹Program Studi S1 Pendidikan Teknik Elektronika, Universitas Negeri Padang

^{2,3,4} Departemen Teknik Elektronika, Universitas Negeri Padang

Corresponding Author: Fadhli, Harzian Syah, e-mail: fadhliharziansyah@gmail.com;

Muhammad, Adri, e-mail: mhd.adri@unp.ac.id

Published: August, 2025

ABSTRACT

This study aims to design and develop an interactive e-module based on STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL) for the Industrial Control Systems subject at SMKN 1 Bukittinggi. This e-module is designed to address the limitations of conventional learning resources and the dominance of less interactive lecture methods, as well as to increase student engagement in learning. Using a Research and Development (R&D) approach with the 4D model (Define, Design, and product creation in Develop), this research focuses on needs analysis, content structure design, media selection, and e-module interface design. The main innovation of this e-module lies in the comprehensive integration of STEM concepts through real-world project scenarios relevant to the industry, as well as the use of interactive features from Lectora Desktop and Canva for engaging visualisation. The e-module is packaged in an Android application format (.apk) for offline accessibility. The design results indicate that this e-module has a systematic structure, interactive features, and an attractive interface, thereby holding significant potential to facilitate contextual and applied learning in Industrial Control Systems.

Keywords: E-modul, STEM, PjBL, Sistem Kendali Industri, Lectora Desktop, Rancang Bangun

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan e-modul interaktif berbasis STEM-*Project Based Learning* (STEM-PjBL) untuk mata pelajaran Sistem Kendali Industri di SMKN 1 Bukittinggi. E-modul ini dirancang untuk mengatasi keterbatasan sumber belajar konvensional dan dominasi metode ceramah yang kurang interaktif, serta untuk meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran. Menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan model 4D (*Define*, *Design*, dan pembuatan produk pada *Develop*), penelitian ini berfokus pada analisis kebutuhan, perancangan struktur isi, pemilihan media, dan desain antarmuka e-modul. Inovasi utama e-modul ini terletak pada integrasi komprehensif konsep STEM melalui skenario proyek nyata yang relevan dengan industri, serta pemanfaatan fitur interaktif *Lectora Desktop* dan *Canva* untuk visualisasi yang menarik. E-modul ini dikemas dalam format aplikasi Android (.apk) untuk aksesibilitas offline. Hasil rancang bangun menunjukkan bahwa e-modul ini memiliki struktur yang sistematis, fitur interaktif, dan tampilan yang menarik, sehingga berpotensi besar memfasilitasi pembelajaran Sistem Kendali Industri yang kontekstual dan aplikatif.

Kata Kunci: E-modul, STEM, PjBL, Sistem Kendali Industri, Lectora Desktop, Rancang Bangun

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital telah mengubah struktur dan pola pendidikan secara signifikan, termasuk di Indonesia. Digitalisasi dalam dunia pendidikan tidak hanya mencakup penggunaan perangkat keras seperti komputer, tablet, dan *smartphone*, tetapi juga integrasi perangkat lunak dan sistem pembelajaran berbasis teknologi, seperti *Learning Management System* (LMS), e-modul interaktif, dan aplikasi pembelajaran berbasis kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*). Fenomena ini semakin berkembang seiring dengan meningkatnya adopsi teknologi dalam proses belajar-mengajar di berbagai jenjang pendidikan, termasuk pendidikan vokasi (Imamuddin & Prasetya, 2024).

Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) merupakan institusi pendidikan yang memiliki peran krusial dalam menyiapkan lulusan dengan keterampilan yang relevan dan sesuai dengan kebutuhan industri. Di SMK, berbagai program keahlian disesuaikan dengan tuntutan dunia kerja, seperti Teknik Mesin, Teknik Kendaraan Ringan, Teknik Elektronika Industri (TEI), dan Rekayasa Perangkat Lunak (RPL). Pendidikan vokasi di SMK dituntut untuk berbasis praktik dan teknologi agar lulusan memiliki kompetensi yang selaras dengan perkembangan industri modern (Khoirunisa, 2024). Salah satu program keahlian yang berfokus pada sistem otomatisasi industri adalah Teknik Elektronika Industri (TEI), yang dirancang untuk membekali siswa dengan keterampilan teknis dalam instalasi, perawatan, serta perbaikan sistem kendali elektronik yang digunakan di lingkungan industri (Asy'ari et al., 2024). Pembelajaran dalam program TEI salah satunya difokuskan pada mata pelajaran Sistem Kendali Industri (SKI), yang mengajarkan konsep pengendalian otomatis melalui penggunaan *relay logic*, *Programmable Logic Controller* (PLC), dan integrasi *Human Machine Interface* (HMI) (Purwanto, 2025). Dalam konteks Kurikulum Merdeka, mata pelajaran SKI termasuk dalam fase F dan mengacu pada elemen ke-5 dengan Capaian Pembelajaran yaitu penerapan sistem kendali industri menggunakan *relay logic*, PLC, dan HMI (Idawati et al., 2024).

Namun, implementasi pembelajaran di lapangan masih menghadapi sejumlah tantangan. Berdasarkan hasil observasi awal di SMKN 1 Bukittinggi, ditemukan bahwa proses pembelajaran mata pelajaran Sistem Kendali Industri (SKI) di kelas XI Teknik Elektronika Industri (TEI) belum optimal. Kendala utama yang teridentifikasi meliputi keterbatasan sumber belajar berbasis teknologi, dominasi metode pembelajaran konvensional, serta rendahnya capaian hasil belajar siswa. Materi pembelajaran yang digunakan masih didominasi oleh buku cetak dan modul konvensional yang kurang interaktif, sehingga belum mampu mendukung keterlibatan aktif siswa. Selain itu, materi yang tersedia umumnya belum diperbaharui mengikuti perkembangan teknologi industri terkini, menyebabkan kesulitan siswa dalam memahami konsep yang relevan dengan dunia kerja. Terbatasnya akses siswa terhadap sumber belajar digital, seperti e-modul interaktif, video pembelajaran, dan simulasi digital, juga menjadi hambatan dalam meningkatkan kualitas pemahaman di luar jam pelajaran. Metode pembelajaran yang diterapkan masih didominasi oleh ceramah dan demonstrasi satu arah, yang kurang melibatkan siswa dalam aktivitas berbasis proyek atau kolaboratif. Akibat pendekatan ini, siswa cenderung pasif, berdampak pada rendahnya minat dan pemahaman terhadap materi teknis. Data hasil ulangan harian menunjukkan bahwa sekitar 50% siswa belum memenuhi Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP), mengindikasikan perlunya peningkatan signifikan dalam pemahaman materi SKI.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan inovasi dalam media pembelajaran yang dapat meningkatkan keterlibatan siswa secara aktif. Salah satu alternatif solusi adalah mengembangkan e-modul interaktif yang dikombinasikan dengan pendekatan *STEM-Project Based Learning* (STEM-PjBL). Model STEM-PjBL menekankan integrasi sains, teknologi, teknik, dan matematika dalam proyek nyata, sehingga pembelajaran menjadi lebih kontekstual dan aplikatif sesuai dengan dunia industri (Widiyanti et al., 2020). Penelitian menunjukkan bahwa penerapan STEM-PjBL efektif dalam meningkatkan motivasi belajar dan keterampilan abad ke-21 siswa, seperti berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan pemecahan masalah (Surti et al., 2022). Dalam konteks Kurikulum Merdeka, STEM-PjBL sejalan dengan tujuan pembelajaran yang menekankan pengembangan kompetensi holistik, penguatan profil pelajar Pancasila, dan kesiapan siswa menghadapi dunia kerja berbasis teknologi. Dengan mengombinasikan STEM-PjBL dan e-modul berbasis *Lectora Desktop*, diharapkan siswa tidak hanya memahami aspek teoritis, tetapi juga mampu mengaplikasikan konsep secara langsung dalam

konteks dunia nyata. Lectora Desktop dipilih sebagai perangkat lunak pengembangan e-modul karena mendukung integrasi berbagai format media (teks, audio, video, gambar), akses daring dan luring, serta memungkinkan penyusunan evaluasi interaktif yang membantu peserta didik memantau kemajuan belajarnya secara mandiri (Ulliyah et al., 2023).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini berfokus pada rancang bangun e-modul interaktif berbasis STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL) pada mata pelajaran Sistem Kendali Industri di kelas XI Teknik Elektronika Industri (TEI) SMKN 1 Bukittinggi. Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan e-modul interaktif Sistem Kendali Industri menggunakan software Lectora Desktop pada kelas XI Teknik Elektronika Industri di SMKN 1 Bukittinggi. Kontribusi yang diharapkan dari penelitian ini meliputi penyediaan sumber belajar yang inovatif dan interaktif untuk siswa SMK, serta menjadi referensi bagi guru dalam pengembangan media pembelajaran berbasis digital untuk meningkatkan kualitas pengajaran.

METODE

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) dengan mengadaptasi model pengembangan 4D (*Four-D Model*) yang dikembangkan oleh Sivasailam Thiagarajan, Dorothy S. Semmel, dan Melvyn I. Semmel (1974). Model ini dipilih karena menyediakan kerangka kerja yang sistematis dan terstruktur untuk mengembangkan produk pendidikan yang inovatif, dalam hal ini e-modul interaktif. Fokus penelitian ini adalah pada tahapan *Define* (pendefinisian), *Design* (perancangan), dan sebagian dari tahapan *Develop* (pembuatan produk awal), yang bertujuan untuk menghasilkan rancang bangun e-modul yang komprehensif sebelum dilakukan pengujian lebih lanjut.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di SMKN 1 Bukittinggi, dengan subjek analisis kebutuhan dan perancangan e-modul yang ditujukan untuk siswa kelas XI Teknik Elektronika Industri. Proses pengembangan e-modul berlangsung pada semester ganjil tahun ajaran 2025/2026.

Prosedur Pengembangan

Prosedur pengembangan e-modul interaktif ini mengikuti tahapan model 4D sebagai berikut:

1. Tahap *Define* (Pendefinisian)

Tahap ini merupakan langkah awal yang krusial untuk mengidentifikasi dan mendefinisikan secara rinci seluruh kebutuhan yang akan menjadi dasar pengembangan produk. Tujuannya adalah memastikan e-modul yang dihasilkan benar-benar sesuai dengan kebutuhan pembelajaran di lapangan. Aktivitas yang dilakukan meliputi:

a. Analisis Kurikulum

Dilakukan untuk mengidentifikasi masalah aktual dalam pembelajaran Sistem Kendali Industri di SMKN 1 Bukittinggi. Hasil analisis menunjukkan ketiadaan e-modul yang dirancang khusus untuk materi ini, serta kesulitan siswa dalam memahami konsep *relay logic* yang berdampak pada hasil belajar di bawah Kriteria Ketercapaian Tujuan Pembelajaran (KKTP). Hal ini mengindikasikan kebutuhan mendesak akan sumber belajar yang relevan dan efektif.

b. Analisis Kurikulum

Bertujuan untuk memastikan e-modul yang dikembangkan selaras dengan prinsip dan standar Kurikulum Merdeka yang diterapkan di SMK. Capaian Pembelajaran (CP) pada elemen Sistem Kendali Industri (Fase F, Elemen 5, TP 5.1) menjadi acuan utama. Analisis ini juga mempertimbangkan fleksibilitas kurikulum dalam metode pembelajaran dan kebutuhan konten yang relevan dengan industri (Idawati et al., 2024).

c. Analisis Karakteristik Siswa

Dilakukan untuk memahami karakteristik peserta didik sebagai target pengguna e-modul. Observasi dan asesmen diagnostik non-kognitif menunjukkan dominasi gaya belajar kinestetik atau audio-visual pada siswa kelas XI TEI. Preferensi ini menjadi dasar pertimbangan dalam perancangan e-modul agar lebih interaktif dan melibatkan kombinasi gambar, video, dan suara untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran.

- d. Analisis Materi
Berfokus pada pemetaan materi pembelajaran Sistem Kendali Industri yang akan diintegrasikan dalam e-modul. Materi dikelompokkan menjadi lima konsep utama: (1) konsep dasar *relay elektromagnetik*, (2) komponen sistem kendali *relay*, (3) *rangkaian pengunci*, (4) *rangkaian kendali 2 output*, dan (5) *rangkaian kendali menggunakan TDR*. Analisis ini juga mengidentifikasi potensi kuat integrasi dengan pendekatan STEM (Sains: prinsip elektromagnetik; Teknologi: penggunaan simulator ECTS dan Simurelay; Engineering: desain rangkaian pada panel; Matematika: fungsi logika) dan model *Project Based Learning* (PjBL) melalui empat skenario proyek yang dapat dikembangkan.
 - e. Perumusan Tujuan Pembelajaran
Langkah terakhir dalam tahap *Define* adalah merumuskan tujuan pembelajaran spesifik untuk setiap pertemuan. Tujuan ini disesuaikan dengan hasil analisis sebelumnya dan menjadi panduan utama dalam merancang konten dan aktivitas pada e-modul, memastikan relevansi dan fokus pada pencapaian kompetensi siswa.
2. *Design* (Perancangan)
Tahap ini bertujuan untuk menghasilkan rancangan awal e-modul yang sistematis, interaktif, dan sesuai dengan pendekatan STEM-PjBL. Aktivitas penting dalam tahap ini meliputi:
 - a. Perancangan Struktur Isi
Penyusunan struktur dan konten pembelajaran secara sistematis berdasarkan Capaian Pembelajaran Kurikulum Merdeka. Isi e-modul dirancang untuk memfasilitasi pembelajaran aktif, kontekstual, dan berbasis proyek, dengan mengintegrasikan pendekatan STEM dan PjBL. Komponen isi meliputi: perencanaan pembelajaran (deskripsi modul, tujuan, CP, Profil Pelajar Pancasila, aktivitas STEM-PjBL, rubrik penilaian, refleksi), materi pembelajaran (narasi teks, ilustrasi gambar, multimedia interaktif), aktivitas proyek melalui Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), video pembelajaran pendukung, dan instrumen asesmen (diagnostik, formatif, sumatif (Yafi, 2025)).
 - b. Pemilihan Media dan Format
Pemilihan perangkat lunak (*authoring tool*) yang tepat menjadi aspek krusial. *Lectora Desktop* digunakan sebagai perangkat lunak utama karena kemampuannya dalam menyusun konten interaktif, responsif, dan berbasis multimedia (Ulliyah et al., 2023). *Canva* dimanfaatkan sebagai alat bantu desain grafis untuk merancang tampilan visual dan *background* yang menarik (Novita, 2024). *Google Form* disematkan untuk asesmen diagnostik, sumatif, dan pengumpulan laporan LKPD. Hasil akhir e-modul dirancang untuk diekspor ke format HTML5 dari Lectora, kemudian dikonversi menjadi APK (*Android Package Kit*) menggunakan *Website2APK Builder* agar dapat dijalankan secara *offline* di perangkat Android, meningkatkan aksesibilitas dan fleksibilitas belajar siswa.
 - c. Perancangan Flowchart dan Storyboard
Membuat flowchart navigasi dan storyboard untuk memastikan konsistensi visual dan fungsionalitas e-modul.
 3. Tahap *Develop*
Pada tahap ini, dilakukan pembuatan e-modul berdasarkan desain yang telah dirancang. Proses ini mencakup:
 - a. Mengintegrasikan konten materi, elemen interaktif, dan multimedia ke dalam *Lectora Desktop*.
 - b. Mengimpor desain visual dari Canva sebagai latar belakang dan elemen grafis.
 - c. Membangun kuis interaktif dan menghubungkan asesmen melalui tautan *Google Form*.
 - d. Mengekspor e-modul ke format HTML5 dan mengonversinya menjadi aplikasi Android (.apk) menggunakan *Website2APK Builder*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Rancang Bangun

Setelah melalui tahapan pengembangan yang sistematis, e-modul interaktif berbasis STEM-*Project Based Learning* (STEM-PjBL) untuk mata pelajaran Sistem Kendali Industri telah berhasil dirancang dan dibuat. E-modul ini terdiri dari beberapa komponen utama yang dirancang untuk meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran. Berikut adalah deskripsi dari komponen-komponen tersebut:

1. Tampilan Antarmuka E-Modul

menarik dan user-friendly. Halaman judul (Gambar 1) menampilkan judul modul, logo sekolah, dan informasi pengembang. Halaman menu (Gambar 2) terdiri dari perencanaan pembelajaran, materi, video pembelajaran, asesmen, LKPD, quiz, petunjuk penggunaan, dan profil pengembang. Berikut tampilan halaman judul dan menu pada e-modul:



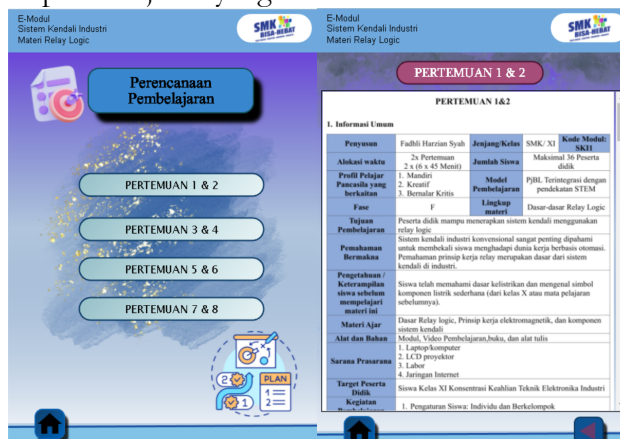
Gambar 1. Halaman Judul



Gambar 2. Halaman Menu

2. Perencanaan Pembelajaran

Bagian pertama pada menu berisi rancangan pembelajaran untuk setiap pertemuan yang terdiri dari pertemuan satu hingga pertemuan delapan (Gambar 3). Rancangan ini membantu guru dalam merencanakan kegiatan pembelajaran yang terstruktur dan sistematis.



Gambar 3. Tampilan Perencanaan Pembelajaran

3. Materi

Menu materi berisi tampilan yang memuat materi yang dapat diakses oleh siswa dan guru (Gambar 4). Materi disusun dengan pendekatan kontekstual yang relevan dengan dunia industri, sehingga siswa dapat memahami aplikasi nyata dari konsep yang dipelajari.



Gambar 4. Tampilan Halaman Materi

4. Video Pembelajaran

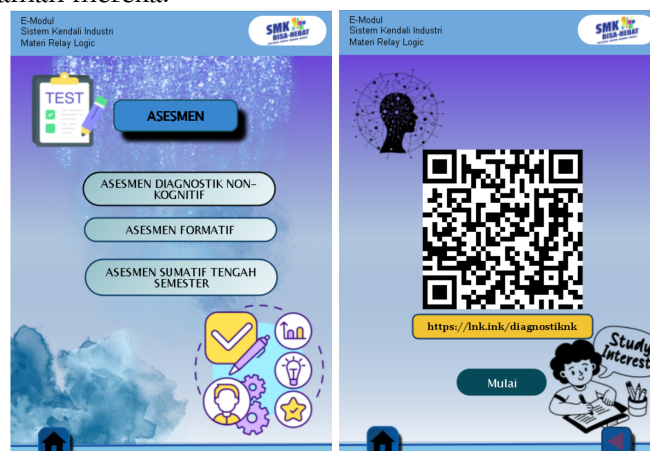
Menu video pembelajaran berisi tampilan video mengenai materi yang disajikan. Saat siswa memilih salah satu topik, mereka akan diarahkan ke video YouTube sesuai materi yang dipilih (Gambar 5). Video ini mendukung pembelajaran visual dan membantu siswa memahami konsep dengan lebih baik.



Gambar 5. Tampilan Video Pembelajaran

5. Asesmen

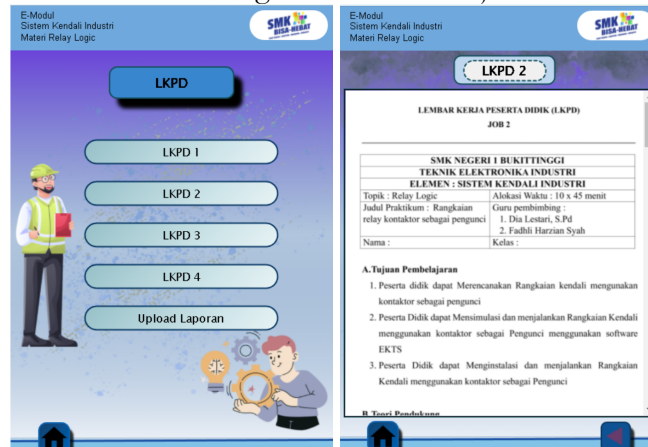
Menu asesmen berisi soal-soal pertanyaan yang digunakan guru untuk mengukur kemampuan awal, proses, dan akhir pembelajaran bagi siswa. Jenis asesmen terdiri dari asesmen diagnostik, formatif, dan sumatif (Gambar 6). Asesmen ini penting untuk memberikan umpan balik kepada siswa mengenai pemahaman mereka.



Gambar 6. Tampilan Halaman Asesmen

6. LKPD

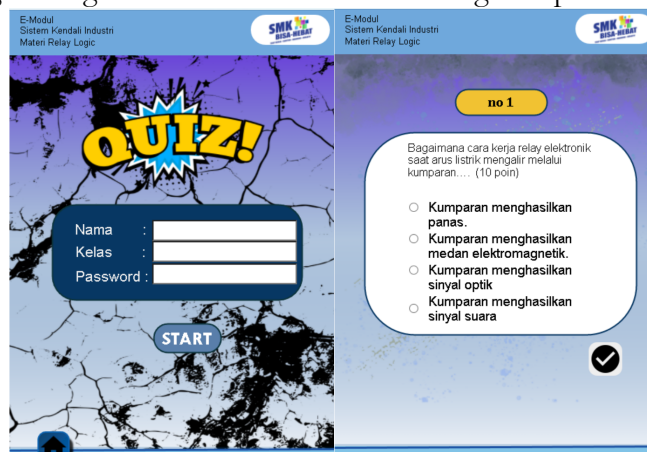
Menu ini berisi kumpulan lembar kerja bagi peserta didik untuk setiap materi pertemuan. Siswa juga dapat melakukan pengumpulan langsung pada bagian upload setelah selesai mengerjakan LKPD (Gambar 7). LKPD ini mendorong siswa untuk belajar secara aktif dan mandiri.



Gambar 7. Tampilan Halaman LKPD

7. Quiz

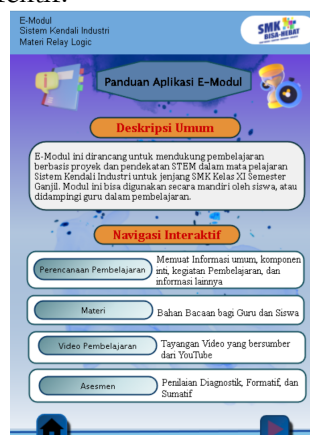
Menu kuis berisi soal-soal pertanyaan yang terdiri dari 20 soal yang mencakup isi dalam e-modul. Setelah mengerjakan soal kuis, siswa akan mengetahui nilai yang didapat secara real-time (Gambar 8). Kuis ini berfungsi sebagai evaluasi formatif untuk mengukur pemahaman siswa.



Gambar 8. Tampilan Halaman Kuis

8. Panduan Penggunaan

Menu ini berisi informasi yang ditujukan bagi pengguna aplikasi e-modul untuk mempermudah dalam penggunaannya (Gambar 9). Panduan ini penting untuk memastikan bahwa siswa dapat menggunakan e-modul dengan efektif.



Gambar 9. Tampilan Halaman Panduan

9. Profil Pengembang

Menu profil pengembang berisi informasi tentang pengembang e-modul, yang terdiri dari peneliti dan pembimbing (Gambar 10). Informasi ini memberikan transparansi dan kredibilitas terhadap e-modul yang dikembangkan.



Gambar 10. Tampilan Halaman Profil Pengembang

Pembahasan

Hasil pengembangan e-modul interaktif ini menunjukkan bahwa pendekatan STEM-PjBL dapat diimplementasikan secara efektif dalam konteks pembelajaran Sistem Kendali Industri. Beberapa poin penting yang dapat dibahas adalah:

1. Peningkatan Keterlibatan Siswa

Dengan menggunakan e-modul interaktif, siswa diharapkan lebih terlibat dalam proses pembelajaran. Integrasi aktivitas proyek yang relevan dengan dunia nyata dapat meningkatkan motivasi dan minat siswa terhadap materi yang diajarkan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pembelajaran berbasis proyek dapat meningkatkan keterlibatan dan hasil belajar siswa (Surti et al., 2022).

2. Kesesuaian dengan Kurikulum Merdeka

E-modul ini dirancang untuk memenuhi Capaian Pembelajaran dalam Kurikulum Merdeka, yang menekankan pada pengembangan kompetensi holistik dan profil pelajar Pancasila. Dengan mengintegrasikan STEM dan PjBL, e-modul ini mendukung tujuan kurikulum untuk mempersiapkan siswa menghadapi tantangan abad ke-21 (Idawati et al., 2024).

3. Fleksibilitas dan Aksesibilitas

Format aplikasi Android memungkinkan siswa untuk mengakses materi pembelajaran kapan saja dan di mana saja, meningkatkan kesempatan mereka untuk belajar secara mandiri. Hal ini sejalan dengan tren pendidikan modern yang mengedepankan pembelajaran berbasis teknologi dan aksesibilitas (Ulliyah et al., 2023).

4. Potensi untuk Pengembangan Lebih Lanjut

Meskipun e-modul ini telah berhasil dikembangkan, masih terdapat potensi untuk pengembangan lebih lanjut. Uji coba dan validasi terhadap e-modul ini perlu dilakukan untuk mengevaluasi efektivitasnya dalam meningkatkan hasil belajar siswa. Selain itu, umpan balik dari pengguna (siswa dan guru) dapat digunakan untuk melakukan perbaikan dan penyempurnaan pada e-modul di masa mendatang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pengembangan, dapat disimpulkan bahwa e-modul Sistem Kendali Industri berbasis STEM-*Project Based Learning* (STEM-PjBL) untuk siswa SMKN 1 Bukittinggi telah berhasil dirancang melalui pendekatan sistematis model 4D (*Define-Design-Develop*). E-modul ini menonjolkan inovasi melalui integrasi konsep STEM dengan pembelajaran berbasis proyek dalam empat skenario nyata, didukung antarmuka interaktif yang dikembangkan menggunakan *Lectora*

Desktop dan *Canva* dengan output format APK untuk aksesibilitas *mobile*. Desain yang dihasilkan telah memenuhi kriteria pembelajaran vokasi modern dengan menekankan pendekatan kontekstual melalui materi berbasis aplikasi industri, aktivitas proyek dalam LKPD, serta asesmen autentik berbasis simulasi digital. Temuan ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan media pembelajaran teknik dengan menawarkan pedoman operasional mengenai kombinasi optimal antara *authoring tools* (*Lectora+Canva*), alur integrasi STEM-PjBL untuk materi teknik, serta strategi konversi ke *platform mobile*. Untuk penelitian lanjutan, disarankan untuk menguji implementasi e-modul dalam setting kelas nyata guna mengevaluasi dampaknya terhadap capaian pembelajaran dan pengembangan keterampilan abad 21 siswa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian dan pengembangan e-modul interaktif berbasis STEM-Project Based Learning (STEM-PjBL) ini.

Pertama, penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Muhammad Adri, S.Pd., M.T, selaku pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan dukungan selama proses penelitian ini. Tanpa bimbingan dan masukan yang berharga, penelitian ini tidak akan dapat diselesaikan dengan baik. Seterusnya, peneliti juga mengucapkan terima kasih kepada Bapak Drs. Efrizon, M.T, dan Ibu Dr. Titi Sriwahyuni, S.Pd., M.Eng, selaku dosen penelaah penulis yang telah memberikan masukan dan saran terhadap penelitian penulis. Selanjutnya, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Ibu Dia Lestari, S.Pd selaku Guru Pamong peneliti saat masa penugasan PLK yang telah memfasilitasi analisis kebutuhan dan studi awal.

Terima kasih juga disampaikan kepada rekan-rekan peneliti dan teman-teman yang telah memberikan dukungan moral dan motivasi selama proses penelitian ini. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi dunia pendidikan, khususnya dalam pengajaran Sistem Kendali Industri.

Akhir kata, penulis berharap agar penelitian ini dapat menjadi kontribusi positif dalam pengembangan media pembelajaran yang inovatif dan efektif di masa depan.

DAFTAR PUSTAKA

Asy'ari, M. S., Sumbawati, M. S., Kholis, N., & Achmad, F. (2024). Pengembangan Modul Trainer Power Supply Pada Mata Pelajaran Dasar Dan Pengukuran Listrik Pada Kelas X Program Keahlian Teknik Elektronika Industri di SMK Mambaul Ulum Kebomas Gresik. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 14.

Idawati, L., Nurjanah, N., & Alfianto, I. (2024). Kontribusi Model Pembelajaran Project Based Learning Sebagai Akselerator Peningkatan Kompetensi Desain Motif Tekstil Siswa SMK Busana. *Briliant: Jurnal Riset Dan Konseptual*, 9(4), 763–771.

Imamuddin, Y., & Prasetya, D. D. (2024). Integrasi Teknologi Mobile Untuk Pembelajaran Dasar Desain Grafis: Pengembangan E-Modul Berbasis Proyek Untuk SMK. *Decode: Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi*, 4(1), 138–153.

Khoirunisa, N. (2024). Pengembangan E-Modul Interaktif Menggunakan Lectora Inspire Materi Relasi Dan Fungsi Untuk Menunjang Kemandirian Belajar Siswa Kelas VIII SMP/MTs. *Jurnal Penelitian, Pendidikan, Dan Pembelajaran*, 19(9).

Novita, E. K. (2024). *Pengembangan E-Modul Berbasis Canva Pada Mata Pelajaran Pai Kelas VIII di SMPN 21 Bandar Lampung*. UIN Raden Intan Lampung.

- Purwanto, E. (2025). *Pengembangan Training Kit Pada Elemen Sistem Kendali Berbasis Programmable Logic Control (PLC) Dan Human Machine Interface (HMI)*. Universitas PGRI Adi Buana Surabaya.
- Surti, G. A., Sudira, P., Mutohhari, F., Suyitno, S., & Nurtanto, M. (2022). Project-Based Learning with STEM Approach in Automotive Engineering: A Study of Increasing Students' 21st Century Skills. *Jurnal Pendidikan Dan Pengajaran*, 55(2), 299–312. <https://doi.org/10.23887/jpp.v55i2.44725>
- Ulliyah, H., Sutomo, M., & Suhardi, A. A. (2023). Lectora-based interactive e-module: a solution to develop mathematical logic intelligence of islamic elementary school student in the era society 5.0. *JIP Jurnal Ilmiah PGMI*, 9(1), 27–40.
- Widiyanti, Marsono, Eddy, D. L., & Yoto. (2020). Project-Based Learning Based On Stem (Science, Technology, Engineering, And Mathematics) To Develop The Skill Of Vocational High School Students. *2020 4th International Conference on Vocational Education and Training (ICOVET)*, 123–126. <https://doi.org/10.1109/ICOVET50258.2020.9230088>
- Yafi, S. , N. S. , K. M. , S. M. , & H. R. (2025). Analisis Kebutuhan Pengembangan E-Modul Berbasis Pembelajaran Berdiferensiasi Mata Pelajaran Al-Qur'an Hadis Madrasah Tsanawiyah. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran*, 8(1), 2781-2791.