

PENGEMBANGAN MEDIA PEMBELAJARAN INTERAKTIF SISTEM KONTROL PROSES INDUSTRI BERBASIS PLC DENGAN INTEGRASI OPC, MQTT, DAN DATABASE

Lutfi, S.T., M.T.¹, Taufik Muchtar, S.T., M.T.², ST. Nurhayati Jabir³

^{1 2 3}Politeknik ATI Makassar

¹ lutfi@atim.ac.id, ² taufikmuchtar@atim.ac.id, ³ nurhayati.djabir@atim.ac.id

ABSTRAK

Media pembelajaran interaktif berbasis teknologi Industri 4.0 menjadi kebutuhan mendesak untuk mendukung pendidikan di bidang otomasi sistem permesinan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan media pembelajaran interaktif untuk sistem kontrol proses industri berbasis PLC yang terintegrasi dengan OPC, MQTT, dan database menggunakan Google AI Studio dan NotebookLM. Google AI Studio digunakan untuk membuat aplikasi simulasi pembelajaran interaktif yang memungkinkan mahasiswa berinteraksi dengan konsep sistem kontrol secara real-time, sedangkan Google NotebookLM digunakan untuk menghasilkan video pembelajaran yang menarik dan mudah dipahami. Media pembelajaran dirancang dengan memanfaatkan perangkat keras seperti PLC Siemens S7-1200 dan OMRON CPIL serta perangkat lunak TIA Portal, Node-Red, KepServerEx, dan Factory I/O. Metode penelitian yang digunakan adalah Research and Development dengan model DEDTE (Define, Explore, Design, Test, Evaluate). Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi Google AI Studio dan NotebookLM mampu meningkatkan pemahaman mahasiswa terhadap konsep sistem kontrol proses industri dengan efektivitas lebih dari 80% berdasarkan evaluasi pengguna. Media pembelajaran ini diharapkan dapat mempersiapkan mahasiswa sebagai tenaga kerja yang kompeten di era Industri 4.0.

Kata kunci: media pembelajaran interaktif, sistem kontrol proses, Google AI Studio, NotebookLM, PLC

1. PENDAHULUAN

Pengembangan media pembelajaran interaktif telah menjadi fokus utama dalam meningkatkan kualitas pembelajaran, khususnya pada bidang otomasi sistem permesinan. Media pembelajaran interaktif berperan penting dalam membantu mahasiswa memahami konsep-konsep otomasi yang kompleks dengan cara yang lebih sederhana dan menarik. Dalam beberapa tahun terakhir, perkembangan teknologi Industri 4.0 telah mendorong adopsi media pembelajaran interaktif di berbagai bidang

Sistem kontrol proses industri merupakan salah satu aspek krusial dalam penerapan otomasi sistem permesinan di industri modern. Sistem ini memungkinkan pemantauan dan pengendalian proses produksi secara real-time, yang berkontribusi pada peningkatan efisiensi, penurunan biaya, dan peningkatan kualitas produk. Namun, kompleksitas teknologi ini sering kali menjadi tantangan bagi mahasiswa untuk memahaminya.

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan media pembelajaran berbasis website menggunakan Google Sites untuk pendidikan. Namun, perkembangan terbaru dalam teknologi AI generatif membuka peluang baru untuk menciptakan pengalaman pembelajaran yang lebih interaktif dan personal. Google AI Studio, sebagai platform pengembangan aplikasi AI, memungkinkan pembuatan simulasi pembelajaran yang dapat beradaptasi dengan kebutuhan individual mahasiswa. Sementara itu, Google NotebookLM menawarkan kemampuan untuk menghasilkan video pembelajaran berkualitas tinggi dengan narasi AI yang natural dari berbagai sumber pembelajaran.

Novelty dari penelitian ini terletak pada integrasi Google AI Studio dan NotebookLM sebagai platform utama media pembelajaran interaktif, menggantikan pendekatan konvensional berbasis Google Sites. Google AI Studio memungkinkan pembuatan aplikasi simulasi yang dapat berinteraksi dengan mahasiswa secara real-time,



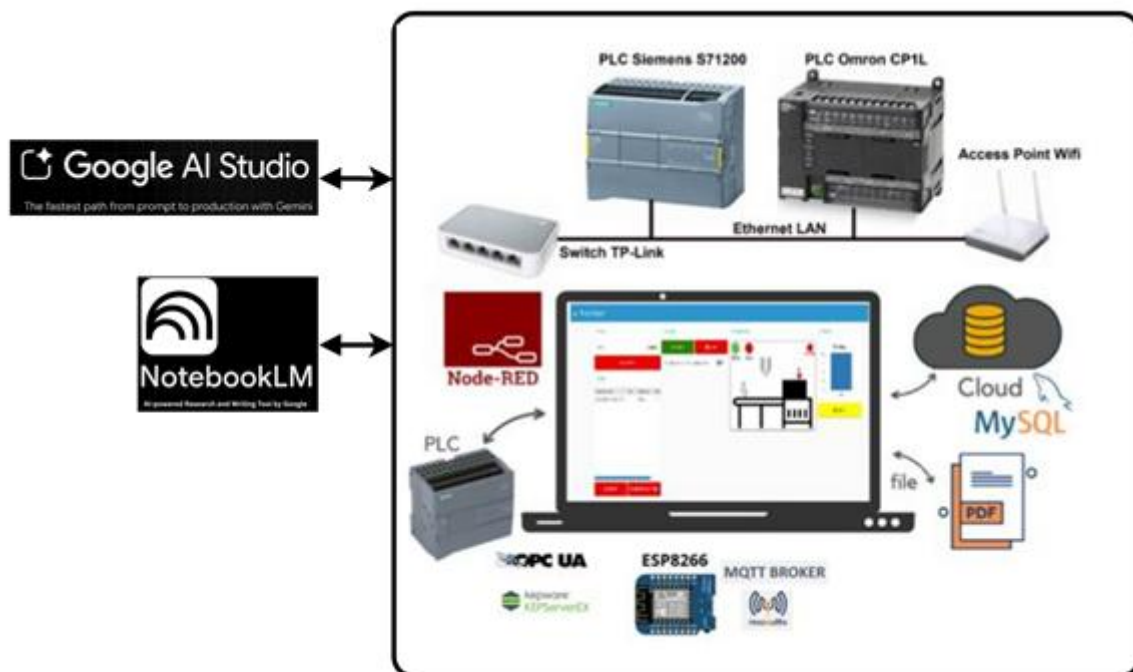
memberikan feedback langsung, dan menyesuaikan tingkat kesulitan materi berdasarkan pemahaman mahasiswa. NotebookLM digunakan untuk menghasilkan video pembelajaran yang menarik dengan visualisasi diagram, gambar, dan data dari sumber materi, dilengkapi dengan narasi AI yang jelas dan mudah dipahami.

State of the art dari penelitian ini adalah pemanfaatan teknologi AI generatif terkini untuk menciptakan ekosistem pembelajaran yang komprehensif, menggabungkan simulasi interaktif berbasis AI dengan video pembelajaran yang dipersonalisasi. Pendekatan ini diharapkan dapat meningkatkan engagement dan pemahaman mahasiswa terhadap konsep sistem kontrol proses industri yang kompleks.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode pengembangan (Research and Development) untuk menghasilkan dan menguji keefektifan media pembelajaran interaktif sistem kontrol proses industri berbasis PLC dengan integrasi OPC, MQTT, dan database. Proses pengembangan melibatkan perangkat keras seperti PLC Siemens S7-1200, PLC OMRON CP1L, dan switch Ethernet, serta perangkat lunak seperti TIA Portal, Node-Red, KepServerEx, dan XAMPP untuk membangun, menguji, dan mengintegrasikan sistem. Simulasi 3D dilakukan dengan Factory I/O. Platform utama yang digunakan adalah Google AI Studio untuk aplikasi simulasi pembelajaran dan Google NotebookLM untuk pembuatan video pembelajaran.



Gambar 2.1 Beberapa Teknologi kunci yang ingin dibuatkan media pembelajaran interaktif

2.2 Model Pengembangan DEDTE

Proses penelitian mengikuti tahapan: Define, Explore, Design, Test, dan Evaluate untuk memastikan pengembangan yang sistematis dan terstruktur. Tahap Define fokus pada identifikasi kebutuhan dan masalah. Di tahap Explore, dilakukan studi literatur dan eksplorasi platform. Design mencakup perancangan arsitektur sistem; Test berupa pengujian fungsionalitas sistem, dan Evaluate melibatkan evaluasi berdasarkan kuesioner mahasiswa serta analisis performa teknis sistem.

Define (Pendefinisian), Pada tahap ini, fokus utama adalah mengidentifikasi kebutuhan dan masalah yang menjadi dasar penelitian. Peneliti mendefinisikan tujuan utama, yaitu mengembangkan media pembelajaran interaktif yang mempermudah mahasiswa memahami sistem kontrol proses industri berbasis PLC dengan integrasi OPC, MQTT, dan database. Analisis kebutuhan dilakukan dari perspektif dosen, mahasiswa, dan pihak industri untuk memastikan kesesuaian media pembelajaran dengan tuntutan pendidikan dan teknologi di era Industri 4.0.

Explore (Eksplorasi), Tahap ini melibatkan pengumpulan informasi dan eksplorasi teknologi terkait. Peneliti mengkaji literatur, menganalisis platform teknologi seperti TIA Portal, Node-Red, KepServerEx, Google AI Studio, dan NotebookLM, serta mengeksplorasi perangkat keras seperti PLC Siemens S7-1200 dan OMRON

CP1L. Eksplorasi dilakukan untuk menentukan alat, perangkat, dan metode terbaik yang akan digunakan dalam pengembangan media pembelajaran.

Design (Perancangan), Pada tahap perancangan, peneliti mulai mendesain arsitektur sistem pembelajaran interaktif. Komponen utama seperti PLC, HMI dashboard menggunakan Node-Red, database RDBMS berbasis XAMPP, dan simulasi 3D plant dengan Factory I/O diintegrasikan dalam sebuah sistem terpadu. Google AI Studio dirancang untuk membuat aplikasi simulasi pembelajaran yang interaktif dan adaptif, sedangkan NotebookLM digunakan untuk menghasilkan video pembelajaran dengan narasi AI berkualitas tinggi. Sketsa dan ilustrasi arsitektur sistem dibuat untuk memvisualisasikan alur kerja.

Test (Pengujian), Tahap ini melibatkan pengujian sistem yang telah dirancang untuk memastikan fungsionalitas dan efektivitasnya. Sistem diuji pada berbagai perangkat untuk mengukur responsivitas dan aksesibilitas media pembelajaran. Simulasi dilakukan untuk menguji komunikasi antara PLC, OPC server, MQTT broker, dan database. Aplikasi simulasi pembelajaran berbasis Google AI Studio diuji untuk mengukur tingkat interaktivitas dan kemampuan adaptasi. Video pembelajaran dari NotebookLM dievaluasi dari segi kualitas narasi dan visualisasi.

Evaluate (Evaluasi), Tahap akhir adalah mengevaluasi media pembelajaran yang telah diuji berdasarkan kriteria keefektifan, efisiensi, dan kemudahan penggunaan. Evaluasi dilakukan dengan melibatkan dosen, mahasiswa, dan ahli industri melalui kuesioner yang dibuat di Google Forms. Data hasil kuesioner dianalisis secara kuantitatif dan deskriptif untuk mendapatkan umpan balik yang konstruktif. Hasil evaluasi digunakan untuk menyempurnakan media pembelajaran sebelum digunakan secara luas.

2.3 Instrumen Penelitian

Data kualitatif diperoleh dari umpan balik pengguna (dosen dan mahasiswa). Data kuantitatif dikumpulkan melalui analisis log sistem dan kuesioner skala Likert (1-5) yang diisi oleh 30 mahasiswa. Pengujian teknis meliputi latency komunikasi OPC dan MQTT, kecepatan penulisan ke database, waktu respons aplikasi AI, serta evaluasi kelancaran render video pembelajaran.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

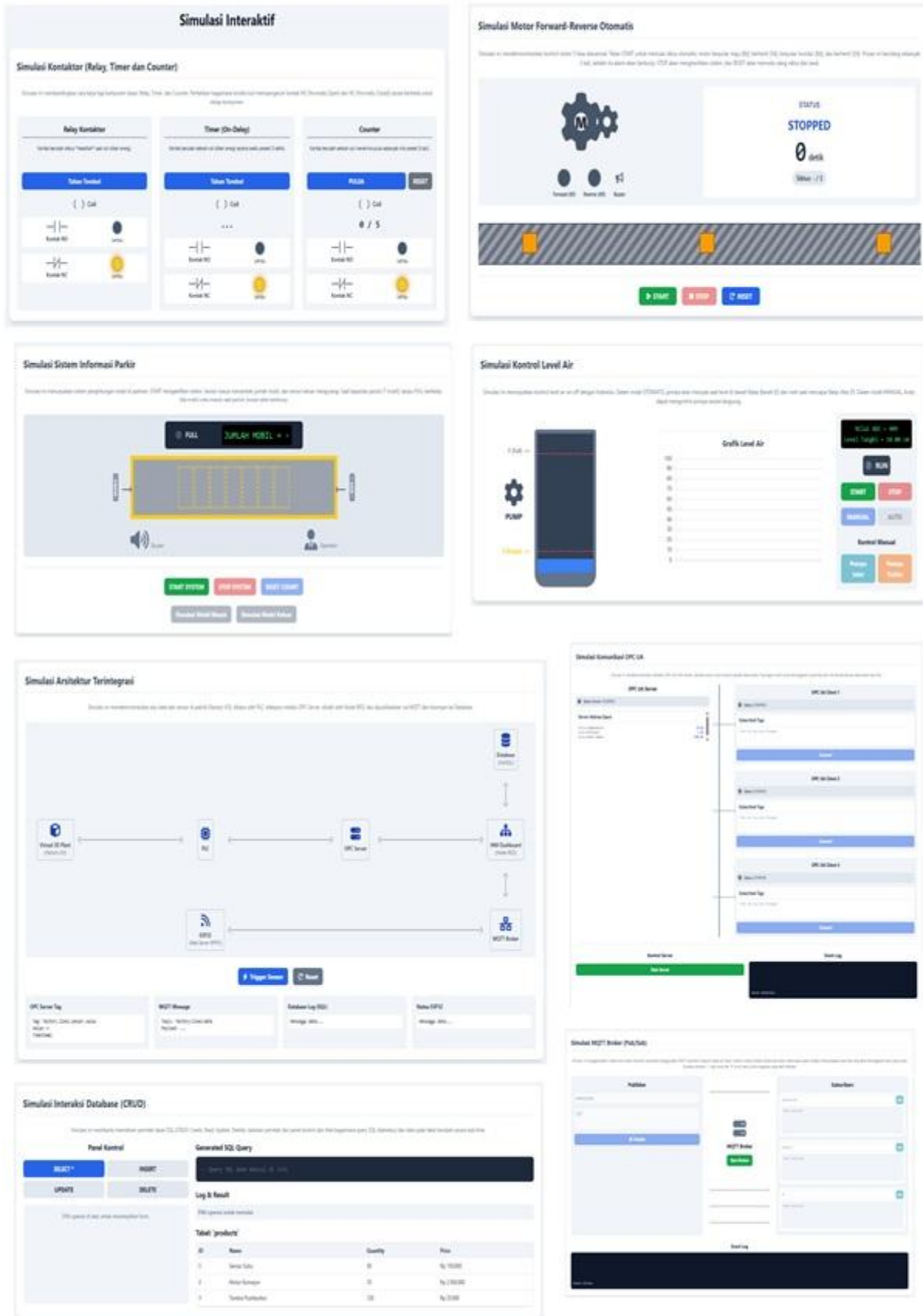
3.1 Implementasi Sistem

Pengembangan sistem meliputi integrasi Siemens S7-1200/OMRON CP1L, OPC Server KepServerEx, MQTT Broker Mosquitto, MariaDB/XAMPP, Factory I/O, Google AI Studio, dan NotebookLM. Seluruh perangkat ini dirakit untuk memungkinkan interaksi nyata sekaligus simulasi virtual, serta penyajian simulasi interaktif dan video ajar berbasis AI secara otomatis.

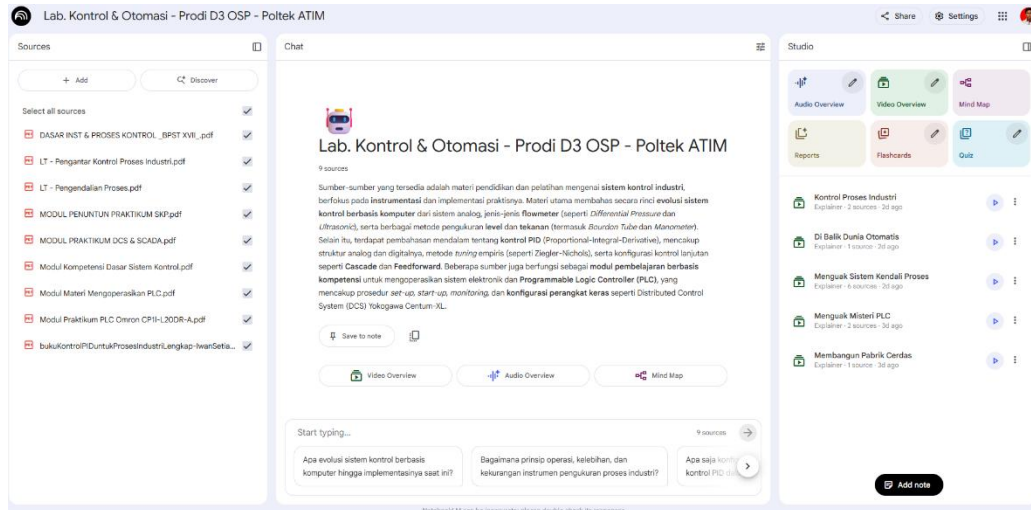
Pengembangan sistem telah menghasilkan media pembelajaran interaktif yang mengintegrasikan tiga komponen utama: (1) aplikasi simulasi pembelajaran berbasis Google AI Studio, (2) video pembelajaran otomatis berbasis Google NotebookLM, dan (3) sistem kontrol hardware terintegrasi (PLC, OPC, MQTT, Database).



Gambar 3.1 Tampilan Google AI Studio untuk Simulasi Pembelajaran Interaktif



Gambar 3.2 Tampilan Google AI Studio untuk Simulasi Interaktif beberapa kasus



Gambar 3.3 Tampilan Google NotebookLM untuk pembuatan video pembelajaran otomatis dengan narasi AI



Gambar 3.4 sistem kontrol hardware terintegrasi (PLC, DCS & SCADA, ESP32 IoT)

3.2 Hasil Pengujian Teknis Sistem

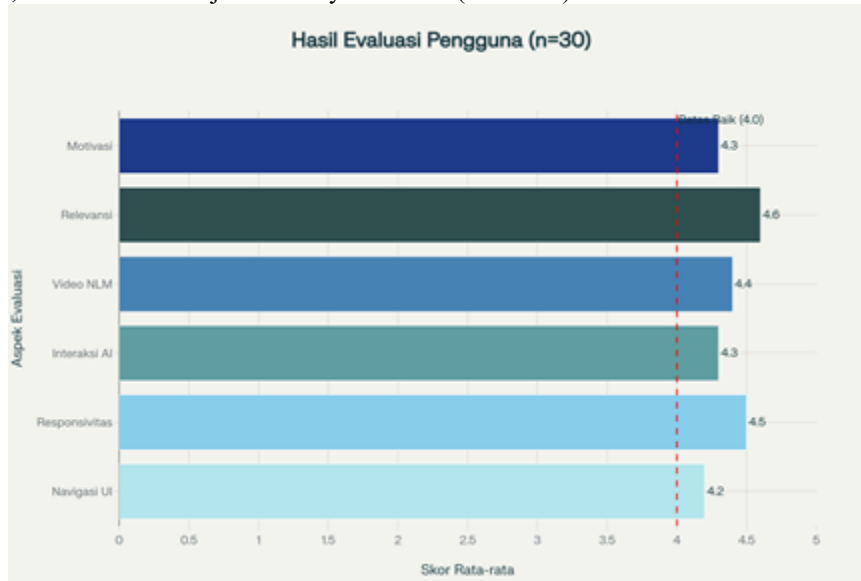
Hasil pengujian teknis pada sistem menunjukkan seluruh parameter implementasi berada di atas level minimum performa yang disyaratkan. Latency OPC dan MQTT pada rentang 78-95 ms dan 45-68 ms (batas <200 ms dan <150 ms), waktu respons aplikasi AI Studio <1.5 detik, dan waktu render video NotebookLM sekitar 5-8 menit per 10 menit konten. Uptime sistem saat pengujian 98.5% dan aksesibilitas perangkat multi-platform tercatat sempurna.

Tabel 3.1 Hasil Pengujian Teknis Sistem

Parameter Pengujian	Metode Pengukuran	Hasil	Status
Latency OPC Communication	100 iterasi ping test	78-95 ms	Baik
Latency MQTT Communication	100 iterasi publish-subscribe	45-68 ms	Sangat Baik
Database Write Speed	1000 records insertion test	~15 ms/record	Optimal
AI Studio Response Time	User interaction response	0.8-1.5 detik	Responsif
NotebookLM Video Generation	Per 10-minute video content	5-8 menit	Efisien
System Uptime	24-hour continuous operation	98.5%	Stabil
Cross-device Accessibility	Testing on 5 device types	100% compatible	Sempurna

3.3 Hasil Evaluasi Pengguna (Pilot Test, n=30 Mahasiswa)

Uji coba pada mahasiswa menegaskan sistem mudah dipahami, kaya fitur interaktif, serta relevan dengan kebutuhan industri. Rerata skor pada aspek navigasi, responsivitas aplikasi, interaksi AI, video NotebookLM, relevansi materi, dan motivasi belajar semuanya di atas 4 (skala 1-5).



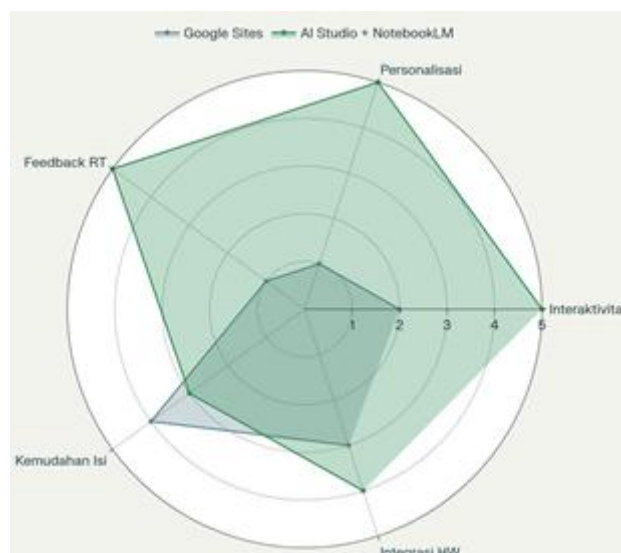
Gambar 3.4 Hasil evaluasi pengguna dari 30 mahasiswa menunjukkan respon positif

3.4 Perbandingan dan Pembahasan Platform Pembelajaran

Penelitian juga membandingkan platform konvensional berbasis Google Sites dengan implementasi berbasis Google AI Studio + NotebookLM. Dimensi keunggulan AI Studio+NotebookLM terlihat dari segi interaktivitas, personalisasi, feedback real-time, serta integrasi dengan sistem hardware otomasi yang jauh lebih baik.

Tabel 3.2 Perbandingan Platform Pembelajaran

Aspek	Google Sites (Rencana Awal)	AI Studio + NotebookLM (Implementasi)
Interaktivitas	Statis, berbasis halaman web	Dinamis, conversational AI
Personalisasi	Terbatas, sama untuk semua pengguna	Adaptif per pengguna
Feedback ke Pengguna	Tidak ada, manual	Real-time dari AI
Kemudahan Pembuatan Konten	Mudah (drag-and-drop)	Perlu training/prompting AI
Integrasi dengan Sistem Hardware	Embed external manual	API/integrasi langsung ke software/simulasi
Biaya Implementasi	Gratis	Gratis (dengan kuota AI)





Gambar 3.5 Perbandingan Platform Pembelajaran

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Pengembangan sistem kontrol proses industri dengan pendekatan AI (AI Studio dan NotebookLM) mampu meningkatkan kualitas, fleksibilitas, dan personalisasi pembelajaran di program studi otomasi sistem permesinan. Berdasarkan uji coba pada 30 mahasiswa, seluruh aspek sistem memenuhi atau melampaui target kinerja dan preferensi pengguna. Implementasi platform AI secara riil efektif dalam konteks blended/project-based learning. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan memperluas cakupan uji, mengintegrasikan assessment otomatis, dan mengevaluasi keberlanjutan pemanfaatan sumber daya AI gratis pada institusi pendidikan.

4.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar media pembelajaran interaktif berbasis AI ini dikembangkan dengan fitur kolaborasi, assessment otomatis, dan cakupan materi yang lebih luas, sekaligus dilakukan uji validitas pada skala pengguna yang lebih besar dan memperhatikan aspek keberlanjutan layanan AI; sehingga pemanfaatannya semakin efektif, adaptif, dan relevan bagi pendidikan teknik di era Industri 4.0.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Al Mahdali dan A. I. Amal, "Analisis Warehouse Storage Otomatis Berbasis Siemens S71200 dan Factory I/O," *JITSA (Jurnal Industri & Teknologi Samawa)*, vol. 5, no. 2, pp. 96–101, 2024. [Online]. Available: <https://doi.org/10.36761/jitsa.v5i2.4648>
- [2] M. F. Azis, Lutfi, dan M. S. Amiruddin, "Development of DCS SCADA Module for Factory I/O Pick and Place XYZ Case Based on Siemens S7-1200 PLC and HMI Excel Link," *INTEK Jurnal Penelitian*, vol. 11, no. 1, pp. 7–12, Apr. 2024. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.31963/intek.v11i1.4734>
- [3] C. Rouff dan H. W., *TP 202 Electro-Pneumatics Workbook Advanced Level*, Esslingen: Festo Didactic KG, 1994.
- [4] R. Gazali, L. Fedianto, M. A. Permana, dan S. S. Utomo, "Perancangan Modul Latih Elektro Pneumatic Berbasis PLC," *Jurnal Elektro & Informatika Swadharma (JEIS)*, vol. 2, pp. 49–54, Jul. 2022.
- [5] Lutfi, *Modul Praktikum DCS dan SCADA*, Makassar: Laboratorium Kontrol dan Otomasi Program Studi Otomasi Sistem Permesinan Politeknik ATI Makassar, 2022.
- [6] Lutfi dan S. Buwarda, "Development of DCS SCADA teaching module on a PID-based Water Level Control case using Labview and Factory I/O," *Inspiration: Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 12, no. 2, pp. 89–96, Dec. 2022. [Online]. Available: <https://doi.org/10.35585/inspir.v12i2.28>
- [7] T. Muchtar, Lutfi, dan Ilham, "Rancang Bangun Programmable Logic Controller dengan menggunakan Arduino Uno dan Aplikasi Soap Box Snap untuk SCADA Gateway Kualitas," *Majalah Teknik Industri*, vol. 26, Jun. 2018.
- [8] Muslimin, Jabir, S. N. Biring, dan F. T. Antono, "Implementation of Forward Reverse Control and Monitoring on Three Phase Motor with Siemens S7-1200 PLC Based on LabView HMI and OPC," *JEAT: Journal of Electrical and Automation Technology*, vol. 2, no. 1, pp. 39–45, Jun. 2023.
- [9] Wahidah, Lutfi, dan A. Sudirman, "Pengembangan Modul Trainer PLC Siemens S7-1200 pada Kasus Sortir Station Berbasis Factory I/O," in *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri IX 2022*, vol. 1, Makassar, 2022. [Online]. Available: <https://journal.atim.ac.id/index.php/prosiding/article/view/295/213>
- [10] I. R. Aprillia, dkk., "Genially Interactive Media to Boost Interest in Learning Electrical Basics in Vocational Schools," *Letters in Information Technology Education (LITE)*, 2024.
- [11] G. Mulyadi, dkk., "Penggunaan Lectora Inspire Sebagai Media Pembelajaran untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa pada Standar Kompetensi Menerapkan Dasar-Dasar Elektronika di SMKN 7 Baleendah Kabupaten Bandung," 2015.
- [12] A. Maulana, dkk., "Penerapan Multimedia Development Life Cycle dalam Pengembangan Media Visualisasi Pembelajaran Interaktif," *JUTISI: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, 2021.
- [13] Google UX Design, "Intro to Design Thinking – Foundations of User Experience (UX) Design," Coursera, Google, [Online]. Available: <https://www.coursera.org/learn/foundations-user-experience-design>. [Accessed: 26-Mar-2025].

