

LAPORAN AKHIR PENELITIAN



UNIVERSITAS TERBUKA

**Pengembangan *AI Adaptive* dan *Recomendation Course* Pada *Learning Management System* (LMS) UT dan ICE Institute
untuk Optimalisasi Layanan Digital Learning
(Optimisasi Kebijakan Relatif Berbasis Kelompok untuk Model Transformer
Group Relative Policy Optimization dalam Pembelajaran pada LMS)**

Tim Peneliti

Kani (Ketua)

Ikhsan (UT)

Muhammad Ashar (Universitas Malang)

Mustari

Delima (Mahasiswa)

UNIVERSITAS TERBUKA

2025

LEMBAR PENGESAHAN LAPORAN PENELITIAN
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT
UNIVERSITAS TERBUKA

Judul Penelitian	:	Pengembangan <i>AI Adaptive</i> dan <i>Recomendation Course</i> Pada <i>Learning Management System (LMS)</i> UT dan ICE Institute untuk Optimalisasi Layanan Digital Learning
Ketua Peneliti		
a. Nama Lengkap	:	Kani
b. NIDN	:	1946756657130152
c. Jabatan	:	Manajer Jaringan Komunikasi dan Kearsipan
d. Unit	:	Pusat Perpustakaan dan Kearsipan
e. No. HP	:	08111-73382
f. Email	:	kani@ecampus.ut.ac.id
Anggota 1		
Nama Lengkap	:	Mustari
NIDN	:	IT
Jabatan	:	-
Unit	:	LPPM
No. HP	:	-
Email	:	mustari@ecampus.ut.ac.id
Anggota 2		
Nama Lengkap	:	Ikhsan
NIDN	:	7337751652130143
Jabatan	:	Lektor
Unit	:	FKIP
No. HP	:	-
Email	:	ikhsan@ecampus.ut.ac.id
Anggota 3		
Nama Lengkap	:	Muhammad Ashar
NIDN	:	-
Program Studi	:	-
Fakultas/Universitas	:	Universitas Malang
No. HP	:	0813-3438-8399
Email	:	-
Anggota 4		
Nama Lengkap	:	Delima

NIM	:	-
Program Studi	:	Sistem Informasi
Fakultas	:	Fakultas Sains dan Teknologi (FST)
No. HP	:	-
Email	:	-

Tangerang Selatan 28 Nopember 2025

Mengetuahui, Dekan FST,	Ketua Peneliti,
 Dr. Subekti Nurmawati, M.Si. NIP. 196705181991032001	 Kani, M.Kom. NIP 197806142003121002
Mengetahui	
Ketua LPPM	Kepala Pusat Riset dan Inovasi PTJJ
 Prof. Dewi A. Padmo Putri, M.A., Ph.D. NIP 196107241987102003	 Prof. Dr. Etty Puji Lestari, S.E., M.Si. NIP 197404162002122001

DAFTAR ISI

Halaman Judul

Lembar Pengesahan

Daftar Isi

Halaman Abstrak

BAB 1: Pendahuluan

Latar Belakang

Tujuan Penelitian

Manfaat

Tahapan Penelitian

BAB II: Tinjauan Pustaka

Learning Management System (LMS)

Sistem Rekomendasi Pembelajaran

Transformer dalam Sistem Rekomendasi

Reinforcement Learning dan Group Relative Policy Optimization (GRPO)

Adaptive Learning dan Personalized Learning

Pengembangan Sistem dengan Metode Scrum

White-Label LMS

BAB III: Metode Penelitian

Desain Penelitian

Lokasi dan Waktu Penelitian

Subjek dan Sampel Penelitian

Bahan dan Alat Penelitian (Versi Diperjelas)

Prosedur Penelitian

Teknik Pengumpulan Data

Teknik Analisa Data

BAB IV: Hasil dan Pembahasan

Aplikasi

Diskusi

BAB V: Kesimpulan

DAFTAR PUSTAKA

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pembelajaran digital dengan layanan rekomendasi berbasis Kecerdasan Buatan (AI) menggunakan algoritma Transformer dan Group Relative Policy Optimization (GRPO) yang terintegrasi ke dalam Sistem Manajemen Pembelajaran (LMS) yang dilengkapi dengan penilaian berbasis AI. Proses pengembangan dilakukan menggunakan metode agile scrum melalui enam tahap inti, yaitu product backlog, sprint planning, sprint backlog, daily scrum, sprint review, dan sprint retrospective.

Model AI yang dikembangkan mencapai akurasi rekomendasi yang signifikan, dan penggunaan penilaian berbasis AI untuk memfasilitasi pembuatan pertanyaan yang dihasilkan secara acak oleh AI menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan metode generasi AI tradisional. Sistem ini juga mengimplementasikan konsep pembelajaran personalisasi, memungkinkan konten disesuaikan secara real-time berdasarkan kinerja pengguna. Uji coba internal pada prototipe LMS menunjukkan integrasi yang sukses antara fitur rekomendasi cerdas dan analitik pembelajaran.

Kata kunci: AI adaptive feedback, LMS, Digital Learning

BAB I: PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi digital dalam beberapa tahun terakhir telah mendorong perubahan signifikan dalam ekosistem pendidikan, terutama pada sistem pembelajaran daring. Kebutuhan peningkatan keterampilan (upskilling dan reskilling) di masyarakat menyebabkan meningkatnya penggunaan platform pembelajaran digital dan Learning Management System (LMS) sebagai sarana belajar yang fleksibel dan mudah diakses. Di Indonesia sendiri, pemanfaatan LMS telah menjadi salah satu strategi utama untuk memperluas akses pendidikan. Menurut Kementerian Koordinator Bidang Pembangunan Manusia dan Kebudayaan, terdapat lebih dari 279.876 sekolah dan 87.608 madrasah yang telah menggunakan LMS dalam proses digitalisasi pendidikan nasional [3]. Hal ini belum termasuk ribuan LMS lain yang digunakan oleh perguruan tinggi maupun lembaga pembelajaran non-formal.

Namun, peningkatan jumlah sumber belajar digital justru menimbulkan tantangan baru. Melimpahnya materi membuat peserta didik kesulitan menemukan konten yang tepat sesuai kebutuhan belajar, tingkat kemampuan, maupun minat mereka. Kondisi ini menunjukkan perlunya sistem rekomendasi yang mampu memandu peserta didik secara personal agar perjalanan belajar menjadi lebih efektif dan efisien. Dalam konteks ini, teknologi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) memiliki peran yang sangat penting.

Pendekatan AI modern seperti Transformer telah terbukti memberikan performa unggul dalam memahami konteks teks, sehingga mampu memberikan rekomendasi materi yang lebih relevan dibandingkan metode tradisional seperti collaborative filtering [4]. Riset terbaru oleh Madhavi et al. [4] menunjukkan bahwa model berbasis Transformer mampu menghasilkan rekomendasi kursus yang lebih akurat karena kemampuannya menangkap hubungan kompleks antarfitur pembelajaran. Selain itu, pendekatan reinforcement learning seperti Group Relative Policy Optimization (GRPO) mulai diterapkan dalam sistem rekomendasi jangka panjang. Studi Zhang et al. [5] pada platform MOOC menunjukkan bahwa model GRPO dapat menyaring materi yang tidak relevan dan secara dinamis memperbaiki profil pengguna, sehingga meningkatkan akurasi rekomendasi dan relevansi materi pembelajaran.

Sejalan dengan itu, konsep adaptive learning mulai berkembang sebagai pendekatan penting dalam pendidikan digital. Adaptive learning memanfaatkan machine learning untuk memantau perilaku dan performa peserta didik, kemudian menyesuaikan tingkat kesulitan, jenis materi, dan strategi penyampaian secara otomatis. ML digunakan untuk mempelajari pola pembelajar, sedangkan AI mengatur tingkat kesulitan soal, menyusun jalur pembelajaran, dan memberikan rekomendasi materi secara real-time (Gligorea et al., 2023) [7]. Dengan demikian, pembelajaran yang disajikan menjadi lebih personal dan adaptif terhadap karakteristik individual peserta didik.

Implementasi konsep personalisasi ini membutuhkan LMS yang tidak hanya berfungsi sebagai repositori materi, tetapi juga sebagai platform cerdas yang mampu mengelola proses belajar berbasis data. Pengembangan LMS berbasis AI menjadi semakin relevan mengingat kebutuhan institusi pendidikan untuk menyediakan

pengalaman belajar yang bukan hanya digital, tetapi juga efektif, efisien, dan responsif terhadap kebutuhan peserta didik. White-label LMS, misalnya, memungkinkan institusi menyesuaikan tampilan dan fitur sesuai kebutuhan, menjadikannya lebih fleksibel untuk diadopsi di berbagai konteks organisasi [9].

Untuk menciptakan sistem LMS yang adaptif dan cerdas, diperlukan pendekatan pengembangan perangkat lunak yang iteratif dan responsif terhadap perubahan. Metode Scrum menjadi pilihan karena sifatnya yang agile, kolaboratif, serta memungkinkan evaluasi berkelanjutan pada setiap sprint. Scrum telah terbukti meningkatkan efisiensi dalam pengembangan sistem, termasuk dalam konteks aplikasi pendidikan dan manajemen penelitian [8][10]. Dengan siklus pengembangan yang terstruktur — meliputi product backlog, sprint planning, sprint backlog, daily scrum, sprint review, dan sprint retrospective — sistem dapat disempurnakan secara bertahap berdasarkan umpan balik dan kebutuhan aktual.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengembangkan sebuah model AI rekomendasi berbasis Transformer dan GRPO yang terintegrasi dalam sebuah prototipe LMS berbasis white-label. Sistem ini dirancang untuk mendukung pembelajaran adaptif melalui rekomendasi materi, analitik pembelajaran, dan generasi soal otomatis. Selain itu, proses pengembangan dilakukan dengan metode Scrum untuk menghasilkan sistem yang responsif, adaptif, dan sesuai kebutuhan pengguna. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan sistem pembelajaran digital cerdas yang mampu meningkatkan pengalaman belajar dan efektivitas pembelajaran di berbagai institusi pendidikan.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian adalah :

- Mengembangkan model kecerdasan buatan berbasis Transformer dan Group Relative Policy Optimization (GRPO) untuk membangun sistem rekomendasi pembelajaran yang mampu memberikan materi yang relevan dan adaptif terhadap kebutuhan pengguna.
- Membangun prototipe Learning Management System (LMS) berbasis AI yang mengintegrasikan fitur rekomendasi, adaptive learning, analitik pembelajaran, serta generasi soal otomatis untuk mendukung personalisasi proses belajar.
- Menguji akurasi dan kinerja model rekomendasi AI melalui pengujian dataset serta melakukan evaluasi efektivitas LMS berbasis AI dibandingkan LMS konvensional melalui pengukuran nilai, retensi materi, kecepatan penyelesaian, dan kepuasan pengguna.
- Menerapkan metodologi Agile Scrum dalam proses pengembangan sistem, sehingga pengembangan LMS dapat dilakukan secara terstruktur, iteratif, dan responsif terhadap kebutuhan pengguna dan hasil evaluasi setiap sprint.

1.3. Manfaat

- Memberikan sistem rekomendasi pembelajaran yang lebih akurat dan personal.
- Mendukung pengembangan LMS cerdas yang meningkatkan efektivitas dan pengalaman belajar.

- Menyediakan data dan bukti empiris terkait dampak AI dalam proses pembelajaran digital.
- Menjadi dasar pengembangan lebih lanjut bagi institusi dalam mengadopsi LMS berbasis AI.

1.4. Tahapan Penelitian

Tahapan Penelitian berbasis Multi years sehingga adapun tahapan penelitian tiap tahun sebagai berikut:

Tabel 1: Kegiatan Tahun Pertama

No	Kegiatan	Uraian Aktivitas	Target Output
1	Studi Literatur dan Analisis Kebutuhan	Mengkaji penelitian terkait Transformer, GRPO, adaptive learning, dan LMS; mengidentifikasi kebutuhan pengguna serta spesifikasi sistem.	Dokumen analisis kebutuhan & kerangka teori penelitian.
2	Perancangan Arsitektur Sistem & Model AI	Mendesain arsitektur LMS, modul rekomendasi, struktur model Transformer dan GRPO, serta alur adaptive learning.	Desain teknis arsitektur sistem & rancangan model AI.
3	Penyusunan Product Backlog (Scrum)	Menentukan fitur utama, prioritas pengembangan, dan pembagian sprint sesuai metodologi Scrum.	Dokumen product backlog & rencana sprint.
4	Pengembangan Model AI (Tahap Awal)	Implementasi awal model Transformer; eksperimen awal GRPO; penyiapan dataset dan preprocessing.	Model AI versi awal (baseline) & dataset siap pakai.
5	Pengembangan Prototipe LMS (Tahap 1)	Pembuatan antarmuka awal, integrasi modul user, dashboard, dan struktur dasar LMS.	Prototipe LMS tahap 1 (versi alfa).
6	Pelaksanaan Sprint 1–3 (Scrum Iteratif)	Pengembangan fitur rekomendasi, auto-assessment, dan modul adaptive learning secara bertahap tiap sprint.	Fitur awal AI terintegrasi dalam LMS versi beta.
7	Pengujian Internal Model AI	Melakukan uji akurasi, uji performa, dan validasi modul rekomendasi pada lingkungan pengembangan.	Laporan hasil uji akurasi & performa model AI (tahun pertama).
8	Evaluasi & Penyempurnaan Sistem	Review fitur yang sudah dibangun, retrospektif Scrum, dan penyempurnaan model serta prototipe LMS.	Versi LMS + AI yang lebih stabil & siap diuji pada tahun kedua.
9	Penyusunan Laporan Tahun Pertama	Menyusun laporan kemajuan penelitian, dokumentasi pengembangan, dan rencana tahun kedua.	Laporan resmi penelitian tahun pertama.

Tabel 2: Kegiatan Tahun Kedua

No	Kegiatan	Uraian Aktivitas	Target Output
1	Finalisasi Model AI & Integrasi Sistem	Penyempurnaan model Transformer–GRPO, integrasi penuh dengan LMS, optimasi performa dan stabilitas sistem.	Model AI final yang siap diuji ke pengguna.
2	Uji Coba Lapangan (Two-Class Experimental Test)	Implementasi LMS AI pada dua kelas (AI vs non-AI), pre-test, pembelajaran 12 minggu, post-test, dan pengumpulan log belajar.	Dataset uji belajar, nilai pre/post-test, dan data aktivitas pengguna.
3	Analisis Data Kuantitatif & Kualitatif	Analisis peningkatan nilai, retensi materi, interaksi pengguna, kepuasan pelajar, dan perbandingan performa antarkelas.	Laporan analisis performa pembelajaran & efektivitas sistem.
4	Penyempurnaan Sistem Berdasarkan Hasil Uji	Revisi fitur rekomendasi, adaptive learning, UI/UX, dan sistem evaluasi sesuai temuan uji lapangan.	Versi final LMS AI siap implementasi lebih luas.
5	Penyusunan Publikasi Ilmiah & Hak Kekayaan Intelektual	Penulisan jurnal internasional, prosiding konferensi, dan penyusunan draft paten/HAKI jika relevan.	Artikel ilmiah & draft HAKI/paten terkait LMS AI.
6	Penyusunan Dokumentasi Teknis & Manual Sistem	Membuat dokumentasi penggunaan, panduan teknis, dan dokumentasi arsitektur sistem.	Dokumen manual LMS & dokumentasi pengembangan.
7	Diseminasi & Implementasi Terbatas	Sosialisasi sistem pada institusi mitra, lokakarya penggunaan LMS AI, dan pelatihan pengguna.	Implementasi awal di lingkungan mitra pendidikan.
8	Penyusunan Laporan Akhir Penelitian	Pengumpulan seluruh hasil, analisis akhir, dan penyusunan laporan resmi dua tahun penelitian.	Laporan akhir penelitian lengkap.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Learning Management System (LMS)

Learning Management System (LMS) merupakan platform digital yang dirancang untuk mendukung pengelolaan kegiatan pembelajaran secara terstruktur, mulai dari penyampaian materi, pengaturan kelas, manajemen pengguna, penilaian, hingga pemantauan perkembangan belajar peserta. LMS berfungsi sebagai pusat kendali pembelajaran yang mengintegrasikan berbagai komponen pendidikan dalam satu sistem, sehingga proses belajar dapat berlangsung lebih efisien, fleksibel, dan mudah disesuaikan dengan kebutuhan pengguna.

Dalam konteks pendidikan modern, LMS menjadi komponen penting dalam transformasi pembelajaran karena mampu mengatasi keterbatasan ruang dan waktu, sekaligus menyediakan lingkungan belajar yang terukur dan terdokumentasi dengan baik. LMS memungkinkan pendidik menyusun kurikulum digital, memberikan tugas, mengelola forum diskusi, melakukan penilaian otomatis, serta menyediakan data analitik untuk memantau capaian belajar secara real-time.

Di Indonesia, pemanfaatan LMS berkembang sangat pesat seiring program digitalisasi pendidikan nasional. Berdasarkan laporan Kementerian Koordinator Bidang Pembangunan Manusia dan Kebudayaan, lebih dari 279.876 sekolah dan 87.608 madrasah telah menggunakan LMS dalam kegiatan pembelajaran sehari-hari sebagai respons terhadap kebutuhan pembelajaran fleksibel dan pemerataan akses pendidikan di seluruh wilayah Indonesia [3]. Angka tersebut belum termasuk ribuan institusi perguruan tinggi serta lembaga pelatihan non-formal yang semakin aktif mengadopsi LMS sebagai bagian dari strategi peningkatan kualitas pembelajaran.

Penerapan LMS juga sejalan dengan tuntutan perkembangan teknologi dan kebutuhan masyarakat akan pembelajaran yang lebih personal, adaptif, dan berbasis data. Dengan semakin banyaknya materi digital dan platform pembelajaran daring, LMS berfungsi sebagai solusi terintegrasi yang membantu peserta didik menemukan materi yang relevan, menyelesaikan aktivitas belajar dengan lebih terarah, serta mengakses berbagai sumber belajar secara mudah dan terstandarisasi.

2.2. Sistem Rekomendasi Pembelajaran

Sistem rekomendasi merupakan komponen penting dalam pembelajaran digital modern karena berfungsi membantu pengguna menemukan materi yang paling relevan di antara jumlah konten yang semakin melimpah. Dalam ekosistem pendidikan digital, peserta didik sering kali menghadapi kesulitan dalam memilih materi yang sesuai dengan kebutuhan, kemampuan, dan tujuan pembelajaran mereka. Tanpa adanya mekanisme rekomendasi, proses pencarian materi dapat menjadi tidak efisien dan meningkatkan cognitive load pengguna. Oleh karena itu, sistem rekomendasi berperan sebagai alat yang memandu peserta didik menuju jalur belajar yang lebih terarah, personal, dan adaptif terhadap perkembangan mereka dari waktu ke waktu.

Berbagai pendekatan telah digunakan untuk membangun sistem rekomendasi pembelajaran, mulai dari metode sederhana seperti collaborative filtering hingga teknik yang lebih kompleks menggunakan deep learning. Namun, metode konvensional sering kali terbatas pada pola perilaku umum dan tidak mampu

memahami konteks yang lebih dalam dari interaksi pengguna. Pada titik ini, teknologi Transformer memberikan lompatan besar dalam akurasi dan relevansi rekomendasi. Transformer memiliki kemampuan untuk memproses hubungan antar item secara lebih luas melalui mekanisme self-attention, sehingga dapat mengidentifikasi pola pembelajaran pengguna dengan lebih detail.

Menurut penelitian Madhavi, Nagesh, dan Govardhan (4), model rekomendasi berbasis Transformer mampu menangkap konteks dan urutan pembelajaran secara lebih efektif dibandingkan metode tradisional. Mereka menunjukkan bahwa Transformer dapat memahami hubungan kompleks dalam data pengguna, termasuk preferensi materi, urutan belajar, serta pola interaksi jangka panjang. Hasil penelitian tersebut membuktikan bahwa sistem rekomendasi berbasis Transformer tidak hanya menghasilkan rekomendasi yang lebih akurat, tetapi juga lebih adaptif terhadap perubahan kebutuhan pembelajar.

Selain itu, sistem rekomendasi yang didukung oleh Transformer memberikan kemampuan untuk menyesuaikan rekomendasi secara real-time berdasarkan performa pengguna. Hal ini menjadikan pendekatan ini sangat relevan untuk diterapkan dalam Learning Management System (LMS) yang menekankan pembelajaran personal (personalised learning) dan adaptif (adaptive learning). Dengan demikian, integrasi model Transformer dalam sistem rekomendasi pembelajaran memberikan dasar kuat bagi pengembangan LMS yang mampu menawarkan pengalaman belajar yang lebih efektif, terukur, dan sesuai kebutuhan setiap individu.

2.3. Transformer dalam Sistem Rekomendasi

Transformer adalah arsitektur deep learning yang pertama kali diperkenalkan dalam bidang pemrosesan bahasa alami (NLP), namun kini telah berkembang menjadi salah satu model paling dominan dalam berbagai aplikasi berbasis data, termasuk sistem rekomendasi. Keunggulan utama Transformer terletak pada mekanisme self-attention, yaitu kemampuan model untuk memperhatikan hubungan antar elemen dalam sebuah urutan data secara bersamaan. Berbeda dengan arsitektur sekuensial seperti RNN atau LSTM yang hanya memproses data secara bertahap, Transformer dapat mengolah seluruh konteks secara paralel, sehingga mampu memahami pola hubungan yang lebih kompleks dan luas.

Dalam konteks sistem rekomendasi pembelajaran, Transformer menawarkan kemampuan untuk menganalisis perilaku belajar pengguna secara mendalam. Setiap interaksi pengguna—seperti materi yang dibuka, urutan modul yang dipelajari, waktu pengerjaan, hingga tingkat kesulitan soal yang dihadapi—dapat diproses sebagai bagian dari rangkaian data yang membentuk profil belajar. Melalui mekanisme attention, Transformer dapat menentukan materi mana yang paling relevan dengan kebutuhan pengguna pada momen tertentu.

Penelitian Madhavi, Nagesh, dan Govardhan (4) memberikan bukti empiris mengenai efektivitas Transformer dalam menghasilkan rekomendasi materi kursus yang lebih akurat dibandingkan metode konvensional. Mereka menemukan bahwa Transformer mampu mempelajari konteks hubungan antar materi secara lebih mendalam, serta dapat mengatasi permasalahan cold start dan data sparsity yang sering muncul dalam sistem rekomendasi tradisional. Selain itu, model Transformer memiliki kemampuan untuk mengekstraksi pola preferensi pengguna secara

berkelanjutan, sehingga rekomendasi yang diberikan bersifat lebih personal dan responsif terhadap perubahan perilaku belajar.

Keunggulan lain dari Transformer adalah fleksibilitasnya untuk diperluas dengan berbagai teknik tambahan, seperti mekanisme hierarki, multi-head attention, serta integrasi dengan reinforcement learning untuk meningkatkan rekomendasi jangka panjang. Dengan kemampuan ini, Transformer menjadi fondasi yang kuat untuk membangun sistem rekomendasi dalam LMS yang mampu menyesuaikan diri baik terhadap karakteristik pengguna maupun dinamika pembelajaran.

Karena kemampuannya dalam memahami konteks secara menyeluruh dan menghasilkan prediksi yang lebih presisi, Transformer telah menjadi salah satu komponen utama dalam banyak sistem rekomendasi modern, termasuk dalam pengembangan LMS adaptif yang menekankan personalisasi dan efisiensi pembelajaran. Oleh sebab itu, penggunaan Transformer dalam penelitian ini sangat relevan sebagai langkah untuk menghasilkan rekomendasi pembelajaran yang akurat, adaptif, dan sesuai dengan tujuan pembelajaran digital yang terus berkembang.

2.4. Reinforcement Learning dan Group Relative Policy Optimization (GRPO)

Reinforcement Learning (RL) merupakan pendekatan kecerdasan buatan yang memungkinkan sistem belajar melalui interaksi langsung dengan lingkungan, dengan tujuan memaksimalkan reward atau hasil yang diinginkan. Dalam konteks sistem rekomendasi pembelajaran, RL sangat relevan karena proses belajar pengguna bersifat dinamis dan membutuhkan penyesuaian jangka panjang. Berbeda dengan metode prediksi konvensional yang hanya fokus pada hasil instan, RL mampu mempertimbangkan dampak dari setiap rekomendasi terhadap perjalanan belajar pengguna secara keseluruhan.

Salah satu tantangan terbesar dalam rekomendasi pembelajaran adalah bagaimana sistem dapat memahami tujuan jangka panjang peserta didik serta menyaring materi yang tidak relevan. Pada titik inilah pendekatan Group Relative Policy Optimization (GRPO) menjadi penting. GRPO merupakan varian dari algoritma policy optimization dalam RL yang berfokus pada peningkatan kebijakan rekomendasi dengan mempertimbangkan performa relatif dalam sebuah kelompok. Pendekatan ini memungkinkan sistem memilih rekomendasi terbaik dengan membandingkan dampak berbagai kebijakan terhadap hasil belajar pengguna secara kolektif.

Penelitian Zhang, Hao, Chen, Li, dan Sun (5) menunjukkan bahwa GRPO sangat efektif ketika diterapkan pada sistem rekomendasi Massive Open Online Courses (MOOC). Dalam studi tersebut, GRPO mampu:

1. Menghapus materi yang tidak relevan berdasarkan tujuan belajar pengguna.
2. Memperbarui profil pengguna secara dinamis sesuai perubahan pola belajar.
3. Meningkatkan akurasi rekomendasi jangka panjang dengan mempertimbangkan perjalanan belajar secara keseluruhan, bukan hanya interaksi terbaru.

4. Mengoptimalkan jalur pembelajaran sehingga pengguna mendapatkan urutan materi yang lebih sesuai dengan kebutuhan akademik mereka.

Hasil penelitian itu menegaskan bahwa GRPO tidak hanya meningkatkan ketepatan rekomendasi, tetapi juga memberikan manfaat penting dalam membangun sistem pembelajaran adaptif yang konsisten dan berorientasi pada hasil. Model ini memungkinkan LMS untuk mempelajari pola keberhasilan dari kelompok pengguna, kemudian menggunakan pengetahuan tersebut untuk memperbaiki rekomendasi bagi pengguna lain dengan karakteristik serupa.

Selain itu, integrasi GRPO dalam sistem rekomendasi sangat sesuai dengan kebutuhan pembelajaran digital modern yang menuntut adaptasi terus-menerus. Dengan pendekatan ini, sistem dapat berperan bukan hanya sebagai alat penyedia materi, tetapi juga sebagai learning companion yang memahami progres pengguna dan memberikan intervensi yang tepat pada waktu yang tepat. Hal ini penting untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih personal, efisien, dan berbasis data.

Oleh karena itu, penggunaan GRPO dalam penelitian ini memberikan landasan kuat untuk meningkatkan efektivitas sistem rekomendasi berbasis AI, khususnya dalam membantu peserta didik mencapai tujuan belajar melalui jalur yang lebih optimal dan terarah.

2.5. Adaptive Learning dan Personalised Learning

Adaptive learning merupakan pendekatan pembelajaran yang dirancang untuk menyesuaikan pengalaman belajar setiap individu berdasarkan kebutuhan, kemampuan, dan performa mereka secara real-time. Berbeda dengan pendekatan pembelajaran tradisional yang bersifat seragam (one-size-fits-all), adaptive learning memberikan jalur pembelajaran yang personal dan dinamis sehingga peserta didik dapat memperoleh materi yang paling relevan sesuai dengan perkembangan mereka. Model pembelajaran adaptif ini menjadi semakin penting dalam era digital, ketika peserta belajar berasal dari latar belakang pengetahuan, gaya belajar, serta tingkat kemampuan yang sangat beragam.

Konsep adaptive learning tidak dapat dipisahkan dari perkembangan teknologi kecerdasan buatan (AI) dan machine learning (ML). Teknologi tersebut memungkinkan sistem untuk menganalisis data perilaku belajar pengguna, mulai dari kecepatan memahami materi, jenis kesalahan yang sering dilakukan, waktu interaksi, hingga tingkat keberhasilan dalam menyelesaikan evaluasi. Berdasarkan data tersebut, sistem dapat menyesuaikan tingkat kesulitan materi, memberikan rekomendasi konten lanjutan, maupun menyarankan pengulangan materi ketika diperlukan. Dengan cara ini, adaptive learning tidak hanya meningkatkan efektivitas pembelajaran, tetapi juga membantu pengguna mencapai hasil belajar yang lebih optimal.

Gligorea, Cioca, Oancea, dan Gorski (7) menyatakan bahwa AI memiliki peran penting dalam mewujudkan sistem adaptive learning melalui beberapa mekanisme kunci, yakni:

1. Analisis performa belajar secara otomatis, yang memungkinkan identifikasi area kekuatan dan kelemahan pengguna.

2. Penyesuaian materi secara real-time, sehingga materi yang ditampilkan selalu sesuai dengan tingkat pemahaman peserta didik.
3. Penyajian rekomendasi yang personal, baik berupa saran materi tambahan, latihan lanjutan, maupun tingkat kesulitan soal yang sesuai.
4. Pemberian umpan balik adaptif, yang meningkatkan kecepatan pemahaman dan mengurangi kebingungan saat belajar.

Personalised learning merupakan konsep yang berjalan beriringan dengan adaptive learning. Personalised learning menekankan pentingnya memberikan pengalaman belajar yang relevan dengan karakteristik individu, seperti minat, motivasi, tujuan pembelajaran, dan preferensi interaksi. Sementara adaptive learning lebih fokus pada penyesuaian otomatis berbasis data, personalised learning memperluas pendekatan tersebut dengan mempertimbangkan aspek non-teknis seperti gaya belajar, konteks pengguna, dan tujuan jangka panjang.

Dalam konteks LMS modern, integrasi adaptive learning dan personalised learning memberikan keunggulan strategis. Sistem tidak hanya berperan dalam menyediakan materi, tetapi juga membantu memandu peserta belajar melalui jalur terbaik, memberikan umpan balik tepat waktu, memprediksi kesulitan yang mungkin terjadi, serta memberikan intervensi otomatis untuk meningkatkan retensi dan efektivitas belajar. Hal ini sangat relevan untuk pengembangan LMS berbasis AI yang memerlukan kemampuan adaptasi tinggi terhadap data pengguna dan perkembangan pembelajaran.

Dengan demikian, penerapan adaptive learning dan personalised learning dalam penelitian ini menjadi pilar penting dalam mewujudkan LMS yang cerdas, responsif, dan mampu meningkatkan kualitas pengalaman belajar secara keseluruhan.

2.6. Pengembangan Sistem dengan Metode Scrum

Scrum merupakan salah satu metodologi dalam kerangka Agile Development yang berfokus pada pengembangan perangkat lunak secara adaptif, iteratif, dan kolaboratif. Metode ini digunakan untuk mengatasi keterbatasan pendekatan tradisional yang sering kali bersifat linear dan kurang fleksibel terhadap perubahan. Dalam Scrum, proses pengembangan dibagi menjadi siklus-siklus pendek yang disebut sprint, sehingga memungkinkan evaluasi, perbaikan, dan penyesuaian secara terus-menerus sepanjang proyek berlangsung.

Scrum terdiri dari beberapa elemen inti, yaitu product backlog, sprint planning, sprint backlog, daily scrum, sprint review, dan sprint retrospective.

1. Product Backlog berisi daftar prioritas fitur yang perlu dikembangkan berdasarkan kebutuhan pengguna.
2. Sprint Planning dilakukan untuk menentukan tujuan sprint dan tugas yang akan dikerjakan.
3. Sprint Backlog merupakan rincian pekerjaan yang akan diselesaikan dalam satu sprint.

4. Daily Scrum adalah pertemuan harian untuk membahas progres, kendala, dan rencana kerja.
5. Sprint Review digunakan untuk mempresentasikan hasil sprint kepada tim dan pemangku kepentingan untuk mendapatkan umpan balik.
6. Sprint Retrospective dilakukan untuk mengevaluasi proses kerja dan menetapkan perbaikan untuk sprint berikutnya.

Keunggulan utama Scrum adalah kemampuannya untuk beradaptasi dengan perubahan kebutuhan pengguna dan dinamika proyek. Dalam pengembangan sistem yang kompleks seperti Learning Management System (LMS) berbasis kecerdasan buatan, Scrum sangat relevan karena proses pengembangan membutuhkan umpan balik berkelanjutan, validasi model AI, integrasi komponen baru, serta evaluasi performa secara bertahap. Setiap sprint memungkinkan tim untuk menguji modul, memperbaiki kekurangan, dan memastikan setiap bagian sistem bekerja sesuai target.

Penelitian Abtokhi, Fahmi, dan Sari (8) menunjukkan bahwa penerapan Scrum dalam pengembangan sistem pendidikan memberikan peningkatan signifikan dalam hal efisiensi kerja, kualitas kolaborasi tim, serta ketepatan waktu penyelesaian proyek. Mereka menemukan bahwa Scrum mampu memfasilitasi komunikasi intensif antar anggota tim, meminimalkan hambatan teknis, serta mempercepat iterasi fitur melalui feedback yang terus-menerus. Dalam konteks sistem yang membutuhkan pembaruan berkala seperti LMS, metode ini sangat efektif karena memungkinkan pengembang memperbaiki komponen sistem secara berulang hingga mencapai performa optimal.

Dalam penelitian ini, metode Scrum digunakan untuk mengatur seluruh proses pengembangan LMS berbasis AI, mulai dari perancangan model Transformer dan GRPO, implementasi fitur rekomendasi dan adaptive learning, hingga pengujian sistem. Setiap tahap pengembangan diarahkan untuk menghasilkan prototipe yang semakin matang pada setiap siklus sprint. Pendekatan iteratif ini memungkinkan pengembangan sistem yang lebih responsif terhadap perubahan kebutuhan pengguna, hasil pengujian model AI, serta temuan selama proses evaluasi internal.

Dengan demikian, penggunaan metode Scrum tidak hanya memastikan bahwa pengembangan sistem berjalan secara terstruktur dan efisien, tetapi juga memberikan fleksibilitas tinggi yang dibutuhkan dalam merancang LMS cerdas yang kompleks dan berorientasi pada personalisasi pembelajaran.

2.7. White-Label LMS

White-label Learning Management System (LMS) adalah platform pembelajaran digital yang dapat disesuaikan secara penuh dengan identitas, kebutuhan, dan branding institusi tanpa harus membangun sistem dari awal. Konsep ini memberikan fleksibilitas yang luas bagi lembaga pendidikan maupun organisasi untuk memiliki LMS dengan tampilan dan fitur yang sesuai standar institusional, tetapi tetap memanfaatkan arsitektur perangkat lunak yang telah dikembangkan oleh pihak ketiga.

White-label LMS memungkinkan organisasi mengganti elemen visual seperti logo, nama platform, warna institusi, domain website, hingga struktur navigasi sehingga pengguna merasakan pengalaman yang sepenuhnya mencerminkan identitas lembaga. Dalam konteks modern, kemampuan ini menjadi penting karena institusi pendidikan dituntut menyediakan ekosistem pembelajaran digital yang profesional, konsisten, dan dapat bersaing dengan platform global.

Selain aspek tampilan, white-label LMS juga unggul dalam fleksibilitas fitur. Banyak platform white-label menyediakan integrasi dengan berbagai modul tambahan seperti sistem penilaian otomatis, fitur analitik pembelajaran, modul diskusi, sertifikasi digital, hingga integrasi kecerdasan buatan (AI). Menurut Korzun (9), white-label LMS semakin populer karena kemampuannya untuk menghemat biaya pengembangan, mempercepat penerapan, serta memberikan adaptabilitas tinggi bagi institusi yang ingin melakukan inovasi tanpa harus membangun sistem dari awal.

Di era pendidikan digital, penggunaan white-label LMS memberikan sejumlah keuntungan strategis, di antaranya:

1. Efisiensi biaya dan waktu, karena institusi tidak perlu mengembangkan LMS dari nol.
2. Kemudahan integrasi fitur baru, termasuk teknologi AI untuk rekomendasi pembelajaran, adaptive learning, dan analitik perilaku belajar.
3. Konsistensi branding, yang meningkatkan profesionalisme platform dan rasa kepemilikan oleh institusi.
4. Kemudahan skalabilitas, karena platform dapat diperluas seiring meningkatnya jumlah pengguna dan kebutuhan fitur lanjutan.

Dalam penelitian ini, konsep white-label LMS digunakan sebagai dasar pengembangan platform pembelajaran berbasis AI yang mampu menyediakan personalisasi materi, rekomendasi adaptif, dan alat evaluasi otomatis. LMS dirancang agar dapat dengan mudah diadopsi oleh berbagai institusi tanpa memerlukan perubahan struktur sistem secara besar. Pendekatan ini memastikan bahwa hasil penelitian tidak hanya bermanfaat secara akademik, tetapi juga memiliki potensi implementasi langsung dalam lingkungan pendidikan.

Dengan demikian, pemanfaatan white-label LMS memberikan nilai tambah yang signifikan dalam pengembangan LMS berbasis kecerdasan buatan, karena memungkinkan penerapan sistem yang fleksibel, terjangkau, dan siap digunakan untuk mendukung transformasi pembelajaran digital.

2.8. Studi Terkait AI dalam Pembelajaran Digital

Perkembangan kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) dalam beberapa tahun terakhir memberikan dampak signifikan terhadap dunia pendidikan, khususnya dalam pembelajaran digital. AI memungkinkan proses belajar menjadi lebih personal, adaptif, dan efisien melalui analisis data perilaku belajar pengguna serta otomatisasi berbagai proses pembelajaran. Integrasi AI dalam Learning Management System (LMS) juga mendorong peningkatan kualitas pengalaman belajar karena sistem

mampu menyesuaikan konten, memberikan rekomendasi, serta memberikan umpan balik secara instan.

Studi Ikhsan (6) menunjukkan bahwa penggunaan AI dalam LMS berpotensi besar meningkatkan personalisasi pembelajaran. Dalam penelitiannya, LMS berbasis AI yang dikembangkan mampu memberikan rekomendasi materi, menyediakan evaluasi otomatis, serta menghadirkan adaptive feedback yang membantu peserta didik memahami materi dengan lebih cepat dan mendalam. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa peserta yang menggunakan LMS berbasis AI memiliki tingkat pemahaman yang lebih baik dan proses belajar yang lebih terarah dibandingkan pengguna LMS konvensional.

AI juga banyak digunakan untuk mengembangkan modul analitik pembelajaran (learning analytics), yaitu fitur yang memantau keterlibatan peserta, mengukur performa belajar, serta memprediksi risiko kesulitan atau kegagalan. Dengan adanya analisis ini, pendidik dapat mengambil keputusan berdasarkan data (data-driven decision making), misalnya memberikan intervensi lebih cepat ketika peserta menunjukkan pola penurunan performa. Pendekatan ini sejalan dengan tujuan pembelajaran modern yang menekankan efektivitas, efisiensi, dan pengalaman belajar yang dipersonalisasi.

Selain rekomendasi materi dan analitik pembelajaran, AI semakin sering digunakan dalam evaluasi otomatis seperti pembuatan soal dinamis, penilaian otomatis, hingga chatbot edukasi. Sistem dapat menyesuaikan tingkat kesulitan soal berdasarkan performa peserta, menghasilkan soal baru dengan variasi tinggi, serta memberikan penjelasan atau bantuan melalui chatbot interaktif. Teknologi ini terbukti membantu mengurangi beban pendidik dan meningkatkan kemandirian belajar peserta.

Temuan dari berbagai studi tersebut mempertegas bahwa AI bukan hanya alat pendukung, tetapi merupakan bagian integral dari sistem pembelajaran digital modern. Penggunaannya mampu meningkatkan personalisasi, memperluas akses, memperbaiki efektivitas pembelajaran, dan menciptakan ekosistem digital yang lebih matang serta responsif terhadap kebutuhan peserta didik. Oleh karena itu, integrasi AI dalam LMS yang dikembangkan dalam penelitian ini menjadi langkah strategis untuk menghasilkan platform pembelajaran yang cerdas, adaptif, dan relevan dengan perkembangan teknologi pendidikan global.

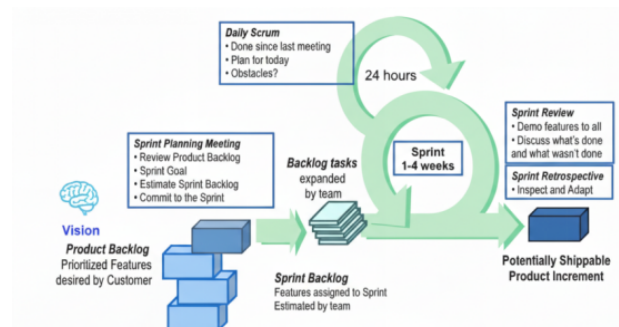
BAB III: METODE PENELITIAN

3.1. Desain Penelitian

Penelitian ini dirancang menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) karena tujuan utamanya adalah menghasilkan sebuah produk teknologi pendidikan berupa prototipe Learning Management System (LMS) berbasis kecerdasan buatan. Model R&D digunakan untuk memastikan bahwa produk yang dikembangkan tidak hanya dibangun berdasarkan teori, tetapi juga diuji, dievaluasi, dan disempurnakan melalui proses penelitian yang sistematis. Dalam konteks ini, proses pengembangan melibatkan perancangan model AI, integrasi sistem, pengujian internal, hingga validasi dalam lingkungan pembelajaran nyata.

Model AI yang digunakan mengintegrasikan Transformer, yang dikenal efektif dalam memahami konteks dan pola data pengguna [4], serta algoritma Group Relative Policy Optimization (GRPO), yang berperan dalam menyempurnakan keputusan rekomendasi berdasarkan interaksi jangka panjang pengguna [5]. Integrasi kedua pendekatan ini memungkinkan sistem rekomendasi pembelajaran menjadi lebih adaptif dan personal. Selain itu, penelitian juga mengadopsi konsep adaptive learning, yaitu pendekatan pembelajaran yang menyesuaikan materi dan tingkat kesulitan berdasarkan performa pengguna secara real-time, sebagaimana direkomendasikan pada penelitian-penelitian mutakhir dalam bidang e-learning berbasis AI [7].

Untuk mendukung proses pengembangan yang dinamis dan responsif terhadap perubahan, penelitian ini menggunakan metode Agile Scrum sebagai kerangka manajemen pengembangan perangkat lunak. Scrum dipilih karena mampu memfasilitasi pengembangan sistem secara iteratif melalui serangkaian sprint, evaluasi berkala, serta kolaborasi intensif antar anggota tim. Pendekatan Scrum telah terbukti efektif dalam mengembangkan sistem teknologi pendidikan di berbagai studi sebelumnya [8], sehingga penggunaannya sangat relevan dalam penelitian ini.



Gambar 3.1. metode Agile Scrum

Penggunaan desain R&D digabungkan dengan pendekatan Scrum memungkinkan setiap fase pengembangan—mulai dari perancangan, implementasi, uji coba, hingga penyempurnaan—dilakukan secara sistematis, terukur, dan responsif terhadap temuan penelitian maupun kebutuhan pengguna. Dengan demikian, desain penelitian ini tidak hanya menghasilkan sistem LMS berbasis AI yang fungsional, tetapi juga sistem yang telah melalui proses validasi empiris baik secara teknis maupun pedagogis.

3.2. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama dua tahun, yang dirancang untuk mengakomodasi seluruh proses pengembangan, implementasi, dan evaluasi Learning Management System (LMS) berbasis kecerdasan buatan. Rentang waktu dua tahun dipilih karena pengembangan sistem berbasis AI—terutama yang menggunakan model Transformer, GRPO, dan adaptive learning—memerlukan proses iteratif yang melibatkan perancangan, pelatihan model, integrasi modul, serta pengujian yang berulang, sebagaimana umum digunakan dalam penelitian pengembangan sistem cerdas modern [4][5][7].

Pada tahun pertama, kegiatan penelitian berfokus pada tahapan teknis, yaitu studi literatur mendalam, analisis kebutuhan sistem, perancangan arsitektur LMS dan model AI, pengembangan prototipe awal, serta pelaksanaan uji coba internal. Fokus utama tahun pertama adalah menghasilkan sistem AI yang stabil dan LMS versi beta yang siap diuji dalam lingkungan pendidikan. Seluruh kegiatan pengembangan dilakukan di laboratorium teknologi mitra penelitian yang menyediakan perangkat keras pendukung seperti GPU server untuk pelatihan model serta infrastruktur jaringan untuk implementasi prototipe.

Pada tahun kedua, penelitian beralih ke tahap uji lapangan dan evaluasi efektivitas sistem. Implementasi dilakukan pada institusi pendidikan mitra yang menyediakan dua kelas sebagai kelompok eksperimen dan kelompok kontrol. Kelas A menggunakan LMS berbasis AI yang dikembangkan, sementara kelas B menggunakan LMS konvensional tanpa fitur-fitur rekomendasi dan adaptive learning. Pemilihan lokasi ini dilakukan karena institusi tersebut telah menerapkan pembelajaran berbasis LMS sebelumnya, sehingga memudahkan proses adopsi dan memungkinkan perbandingan performa pembelajaran secara objektif. Dalam tahap ini, penelitian meliputi pengumpulan data pre-test, aktivitas pembelajaran selama 12 minggu, post-test, log aktivitas sistem, serta kuesioner kepuasan pengguna. Hasil uji lapangan pada tahun kedua digunakan sebagai dasar penyempurnaan akhir sistem.

Dengan demikian, pembagian waktu penelitian menjadi dua tahun memberikan struktur yang jelas dan terukur antara fase pengembangan dan fase evaluasi. Sementara itu, pemilihan lokasi penelitian dalam lingkungan institusi mitra memberikan konteks implementasi nyata yang diperlukan untuk menilai efektivitas LMS berbasis AI baik dari sisi teknis maupun dampak pedagogisnya.

3.3. Subjek dan Sampel Penelitian

Subjek penelitian dalam studi ini terdiri dari dua kategori utama, yaitu subjek teknis dan subjek pengguna, yang keduanya diperlukan untuk menilai kualitas pengembangan sistem serta efektivitas implementasinya dalam lingkungan pembelajaran nyata. Pada kategori pertama, subjek teknis mencakup model AI dan prototipe Learning Management System (LMS) yang dikembangkan selama proses penelitian. Elemen ini menjadi fokus utama pada tahap pengembangan awal karena penelitian menilai sejauh mana integrasi model Transformer, algoritma GRPO, serta mekanisme adaptive learning mampu menghasilkan rekomendasi pembelajaran yang akurat dan dinamis berdasarkan pola interaksi pengguna [4][5][7].

Kategori kedua adalah subjek pengguna, yang terdiri dari peserta didik pada institusi pendidikan mitra. Sampel penelitian pengguna ditentukan melalui teknik purposive sampling karena penelitian membutuhkan peserta yang mengikuti pembelajaran menggunakan LMS secara rutin. Total sampel terdiri dari 40 peserta didik, yang kemudian dibagi ke dalam dua kelompok pembandingan. Kelompok A (20 peserta) berperan sebagai kelompok eksperimen yang menggunakan LMS berbasis AI lengkap dengan fitur rekomendasi adaptif, evaluasi otomatis, dan dashboard analitik. Sementara itu, Kelompok B (20 peserta) menjadi kelompok kontrol yang menggunakan LMS konvensional tanpa fitur AI. Pembagian dua kelompok ini bertujuan untuk memberikan perbandingan empiris antara hasil belajar dan pengalaman pengguna pada sistem berbasis AI dan sistem non-AI.

Penggunaan dua kelompok pembandingan ini penting dalam studi evaluatif karena memungkinkan peneliti mengukur pengaruh langsung pemanfaatan AI terhadap proses pembelajaran, peningkatan kualitas interaksi pengguna, serta dampak pada hasil belajar. Selain itu, jumlah sampel yang seimbang antara kedua kelompok memastikan analisis statistik dapat dilakukan secara lebih valid dan reliabel. Pemilihan peserta dari lingkungan institusi mitra juga memberikan keuntungan karena mereka telah terbiasa menggunakan LMS sebelumnya sehingga proses adaptasi terhadap prototipe baru dapat berlangsung lebih cepat dan tanpa gangguan berarti.

Dengan demikian, subjek dan sampel penelitian dirancang untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai efektivitas sistem, baik dari sisi teknis melalui evaluasi model AI maupun dari sisi pedagogis melalui penilaian performa dan kepuasan peserta didik. Pendekatan ini memastikan bahwa sistem yang dikembangkan tidak hanya valid secara teknologi, tetapi juga relevan secara pendidikan.

3.4. Bahan dan Alat Penelitian (Versi Diperjelas)

Bahan dan alat penelitian yang digunakan dalam pengembangan Learning Management System (LMS) berbasis kecerdasan buatan ini terdiri dari perangkat lunak, perangkat keras, dataset, serta instrumen evaluasi yang mendukung seluruh rangkaian proses penelitian. Pada aspek perangkat lunak, penelitian memanfaatkan bahasa pemrograman Python untuk pengembangan model AI dengan dukungan framework seperti TensorFlow atau PyTorch, mengingat keduanya merupakan standar industri dalam pelatihan model Transformer dan algoritma reinforcement learning seperti GRPO [4][5]. Sementara itu, pengembangan infrastruktur LMS memanfaatkan framework Node.js atau Laravel yang memungkinkan pembangunan sistem backend yang stabil, modular, dan mudah diintegrasikan dengan layanan AI. LMS juga membutuhkan server basis data seperti MySQL atau PostgreSQL untuk menyimpan log aktivitas pengguna, metadata konten, dan hasil evaluasi pembelajaran.

Pada aspek perangkat keras, penelitian memerlukan server dengan dukungan GPU untuk proses pelatihan model AI, terutama karena model Transformer memiliki kompleksitas komputasi tinggi dan membutuhkan kapasitas pemrosesan paralel yang optimal. Server LMS juga disiapkan pada lingkungan hosting yang memungkinkan akses multi-user, pengelolaan traffic, serta kestabilan sistem selama uji coba lapangan berlangsung. Selain itu, perangkat laptop atau komputer pengembangan digunakan untuk pemrograman sistem, pengujian antarmuka, serta pengelolaan database.

Dataset yang digunakan dalam penelitian mencakup data aktivitas pembelajaran peserta didik, seperti urutan akses materi, waktu penyelesaian tugas,

hasil penilaian, tingkat kesulitan soal yang berhasil diselesaikan, serta log interaksi pengguna dalam LMS. Data ini digunakan untuk melatih model AI sehingga mampu memberikan rekomendasi pembelajaran yang personal dan adaptif. Dataset diperoleh melalui data historis pengguna LMS mitra serta data yang dikumpulkan selama uji coba lapangan.

Instrumen evaluasi juga menjadi bagian penting dari bahan penelitian. Penelitian ini menggunakan pre-test dan post-test untuk menilai peningkatan hasil belajar, disertai lembar observasi aktivitas, dokumentasi interaksi sistem, serta kuesioner berbasis skala Likert untuk mengukur persepsi pengguna terhadap kemudahan penggunaan, relevansi rekomendasi, dan kenyamanan sistem secara keseluruhan. Instrumen tersebut memungkinkan peneliti mengukur efektivitas LMS baik dari aspek teknis maupun pedagogis melalui pendekatan analisis kuantitatif dan kualitatif yang terintegrasi.

Dengan demikian, bahan dan alat penelitian yang digunakan telah disusun secara komprehensif untuk mendukung keseluruhan proses pengembangan model AI, implementasi LMS, hingga evaluasi performa sistem dalam lingkungan pembelajaran nyata. Kombinasi perangkat lunak, perangkat keras, dataset, dan instrumen evaluasi tersebut memastikan bahwa penelitian dapat menghasilkan sistem LMS berbasis AI yang valid, reliabel, dan dapat diadopsi oleh institusi pendidikan.

3.5. Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini disusun secara sistematis untuk memastikan setiap tahap pengembangan dan evaluasi LMS berbasis kecerdasan buatan berlangsung terarah dan terukur. Penelitian dimulai dengan studi literatur dan analisis kebutuhan, yang mencakup penelaahan konsep-konsep utama seperti Transformer, GRPO, adaptive learning, dan white-label LMS sebagai dasar teoritis perancangan sistem [4][5][7][9]. Pada tahap ini, peneliti juga melakukan analisis kebutuhan pengguna untuk menentukan fitur yang relevan dan memastikan sistem dapat menjawab permasalahan pembelajaran yang ada. Tahap berikutnya adalah perancangan arsitektur sistem, yang meliputi desain alur rekomendasi berbasis AI, struktur basis data, rancangan antarmuka pengguna, serta integrasi modul adaptive learning. Desain sistem kemudian diterjemahkan ke dalam pengembangan perangkat lunak menggunakan metode Agile Scrum, di mana setiap sprint berfokus pada pembangunan dan penyempurnaan satu set fitur tertentu. Setelah prototipe awal selesai, dilakukan uji coba internal untuk memastikan kestabilan sistem dan kinerja model AI. Tahap terakhir adalah uji coba lapangan pada dua kelas pembandingan selama 12 minggu, di mana seluruh data pembelajaran, log aktivitas, dan hasil evaluasi dikumpulkan untuk dianalisis. Proses ini memastikan bahwa sistem dikembangkan melalui tahapan yang jelas, dimulai dari studi teoritis hingga implementasi nyata dalam lingkungan pendidikan.

3.6. Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini dirancang untuk mendapatkan gambaran komprehensif mengenai performa sistem dan efektivitas pembelajaran yang terjadi. Data pertama dikumpulkan melalui pre-test dan post-test yang bertujuan untuk mengukur peningkatan hasil belajar peserta didik setelah menggunakan LMS berbasis

AI. Tes ini disusun berdasarkan kompetensi materi dan digunakan untuk membandingkan perubahan performa antara kelas eksperimen dan kelas kontrol. Selain itu, penelitian juga mengumpulkan data log aktivitas sistem, yang mencakup durasi penggunaan, urutan akses materi, tingkat kesulitan soal yang diselesaikan, serta pola interaksi pengguna dengan modul rekomendasi. Data log ini penting karena menjadi dasar analisis perilaku pengguna dan evaluasi performa model AI. Pengumpulan data juga dilakukan melalui observasi dan dokumentasi, termasuk catatan uji coba, perkembangan sprint, serta rekaman error atau kendala teknis selama implementasi. Untuk menilai persepsi pengguna, penelitian menggunakan kuesioner skala Likert yang mengukur aspek kemudahan penggunaan, relevansi rekomendasi, pengalaman belajar, dan kepuasan terhadap fitur-fitur sistem. Kombinasi metode tes, log aktivitas, observasi, dokumentasi, dan kuesioner ini memberikan gambaran menyeluruh mengenai kualitas teknis dan pedagogis dari LMS yang dikembangkan.

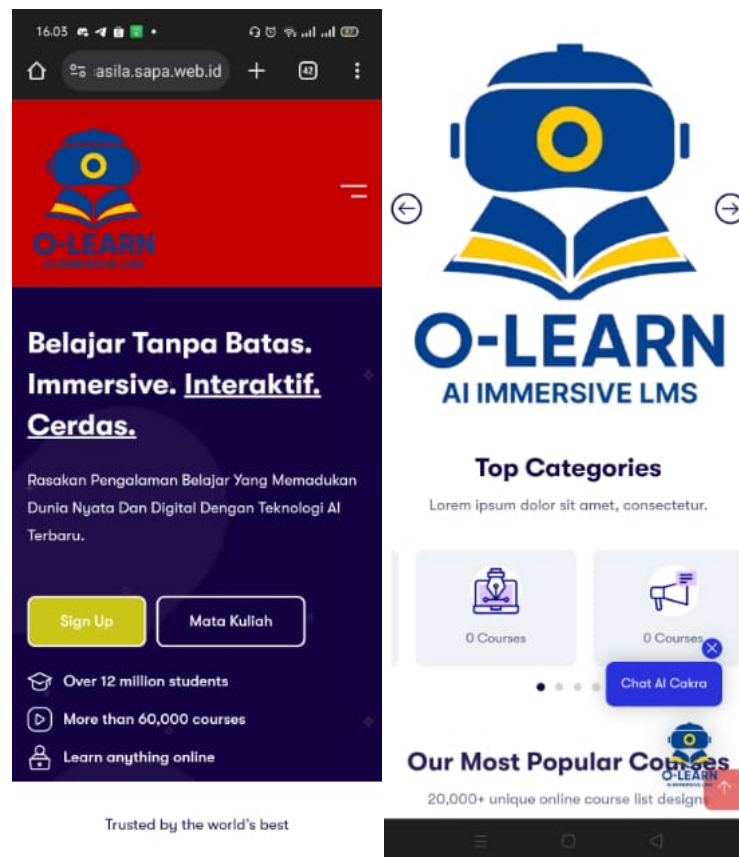
3.7. Teknik Analisis Data

Analisis data dalam penelitian ini menggunakan pendekatan kombinasi kuantitatif dan kualitatif agar hasil evaluasi dapat mencerminkan performa sistem secara utuh. Analisis kuantitatif dilakukan dengan membandingkan nilai pre-test dan post-test untuk mengukur peningkatan hasil belajar antara kelas eksperimen dan kontrol. Perbandingan ini dilakukan menggunakan perhitungan peningkatan skor, persentase perbaikan, serta distribusi nilai antar peserta sebagai indikator efektivitas sistem. Selain itu, data log aktivitas sistem dianalisis menggunakan statistik deskriptif untuk memahami pola penggunaan, intensitas interaksi, tingkat retensi materi, serta hubungan antara aktivitas pengguna dengan rekomendasi yang diberikan model AI. Pada sisi model kecerdasan buatan, analisis dilakukan terhadap metrik seperti akurasi rekomendasi dan kualitas prediksi dalam konteks tugas pembelajaran, sebagaimana diterapkan dalam evaluasi model Transformer dan metode reinforcement learning modern [4][5].

Analisis kualitatif dilakukan terhadap hasil kuesioner untuk menilai persepsi peserta terkait kemudahan penggunaan, kenyamanan antarmuka, kualitas rekomendasi, dan manfaat fitur adaptive learning. Komentar peserta juga dianalisis untuk mengidentifikasi kelemahan sistem dan aspek-aspek yang perlu diperbaiki. Selain itu, catatan observasi selama uji lapangan digunakan untuk memahami dinamika penggunaan LMS dalam konteks pembelajaran nyata. Integrasi antara analisis kuantitatif dan kualitatif ini memungkinkan peneliti mengevaluasi efektivitas LMS secara holistik, baik dari sisi pencapaian hasil belajar maupun pengalaman pengguna.

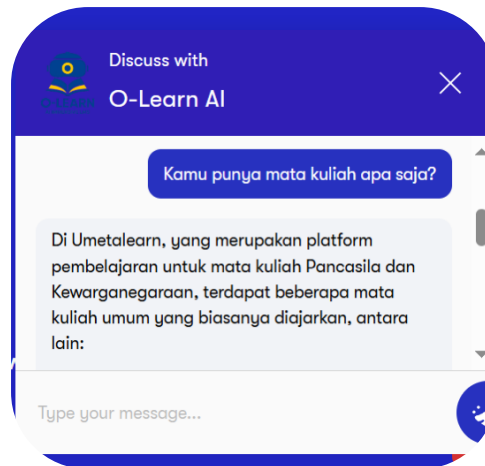
BAB IV: Hasil dan Pembahasan

4.1. Aplikasi

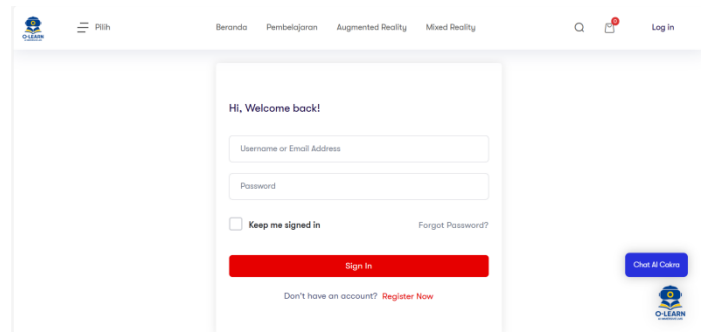


Gambar 4.1. Landing Page

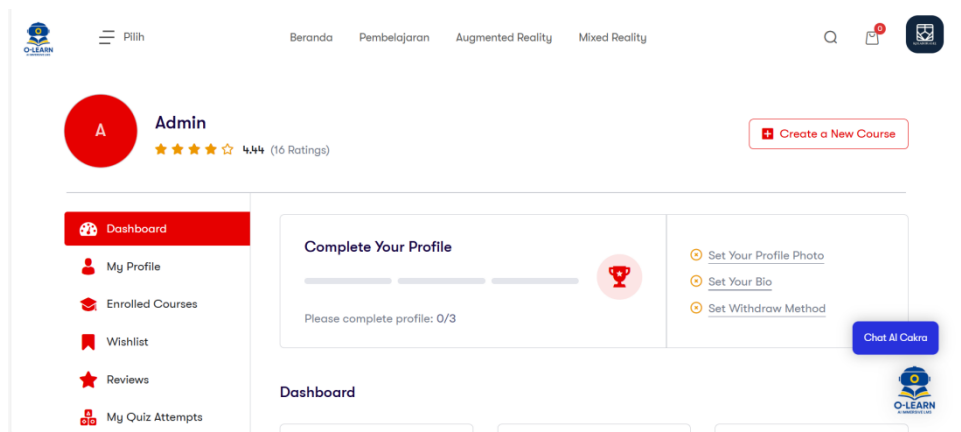
Prototipe LMS white-label yang dikembangkan telah berhasil mengintegrasikan modul rekomendasi AI dan alat evaluasi adaptif sederhana. Antarmuka pengguna menampilkan rekomendasi kursus yang dipersonalisasi yang dapat diakses langsung oleh peserta. Diagram analitik kinerja pengguna juga tersedia sebagai fitur tambahan. Hasil penelitian dalam bentuk prototipe ini telah diuji secara internal dan menjadi dasar untuk publikasi ilmiah tim. Misalnya, [6] menerbitkan makalah konferensi tentang penggunaan umpan balik adaptif berbasis AI dalam LMS untuk meningkatkan personalisasi pembelajaran. Selain itu, tim telah menyusun makalah konferensi lain tentang sistem rekomendasi dengan model. Hasil ilmiah lainnya meliputi artikel jurnal dan permohonan paten.



Gambar 4.2. Chatbot



Gambar 4.3. Login



Gambar 4.4. Dashboard admin

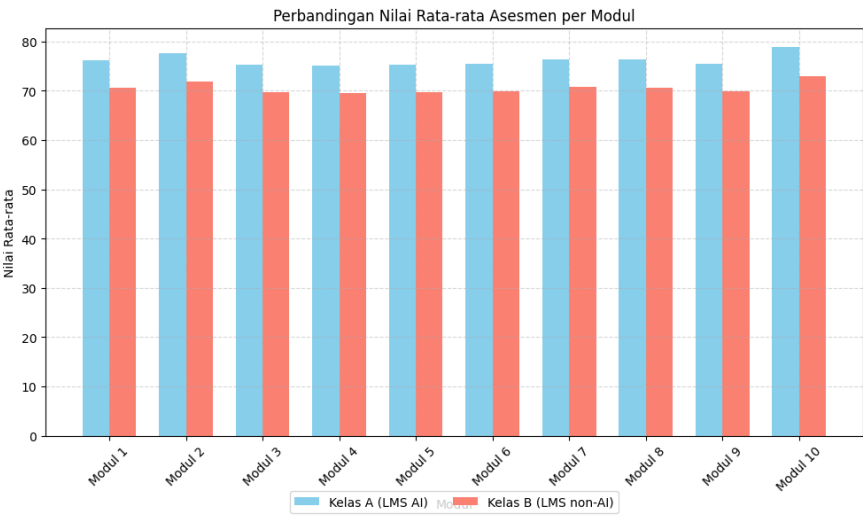
Setelah prototipe dibuat, uji coba dilakukan untuk memvalidasi efektivitas LMS berbasis kecerdasan buatan (AI) dalam meningkatkan pembelajaran siswa. Uji coba tersebut dilakukan pada dua kelas, masing-masing terdiri dari 20 siswa, selama periode 12 minggu dengan 10 modul pembelajaran. Kelas A menggunakan LMS berbasis AI, sementara Kelas B menggunakan LMS non-AI.

Uji coba dimulai dengan tes awal untuk menilai kemampuan awal siswa. Hasilnya menunjukkan perbedaan rata-rata sebesar 1% antara Kelas A dan Kelas B. Hasil tes awal dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Pre-test

Class	Average Pre-Test
Class A (LMS AI)	75.0
Class B (LMS non-AI)	74.25

Pada tahap berikutnya, sampel penelitian akan melaksanakan kegiatan pembelajaran sesuai dengan media yang digunakan di masing-masing kelas. Untuk memperoleh hasil pembelajaran, penilaian akan dilakukan pada akhir setiap modul. Penilaian dilakukan untuk menentukan hasil pembelajaran kedua kelas. Terdapat 10 penilaian dari 10 modul. Rata-rata nilai Kelas A 8% lebih tinggi daripada Kelas B.



Gambar 4.4. Grafik batang yang membandingkan skor per penilaian

Setelah proses pembelajaran dan penilaian selesai dilakukan, dilakukan tes akhir yang menunjukkan bahwa Kelas A memperoleh skor rata-rata 15% lebih tinggi daripada Kelas B, seperti yang tercantum dalam Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan Hasil Post-test

Class	Average Post-Test
Class A (LMS AI)	85.0
Class B (LMS non-AI)	73.91

Selanjutnya, dilakukan perbandingan menggunakan berbagai indikator untuk menentukan perbandingan kinerja antara Kelas A dan Kelas B. Hasil perbandingan tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Performa Kelas

Indicators	Class A (LMS AI)	Class B (LMS non-AI)
Assessment Average Score/Grade	78.84	70
Pass Rate	89.34	80
Test Completion Time (faster)	56.61	50
Material Retention Rate	81.41	72
Question Variation and Adaptation	11.03	10
Number of Student Interactions with the System	111.02	100

Selanjutnya, dilakukan survei kualitatif. Survei ini dilakukan untuk mengukur tingkat kepuasan mahasiswa terhadap LMS yang digunakan. Responden memberikan penilaian terhadap 10 pernyataan menggunakan skala Likert 1–5. Skor rata-rata total adalah 44 dari 50, menunjukkan tingkat kepuasan yang tinggi terhadap LMS berbasis kecerdasan buatan (AI). Skor rata-rata per pertanyaan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Survei Kualitatif

Pertanyaan	Rata-rata skor (1-5)
Kemudahan penggunaan LMS	4
Understanding of material	5
Bantuan AI dalam menyelesaikan tugas	5
Kepuasan belajar secara keseluruhan	4
Kenyamanan antarmuka pengguna	4
Persepsi personalisasi konten	4
Efektivitas chatbot AI	5
Pengurangan kebingungan dalam belajar	4
Ketersediaan bantuan saat dibutuhkan	5
Peningkatan kepercayaan diri saat belajar dengan AI	4

4.2. Diskusi

Hasil penelitian ini secara konsisten menunjukkan bahwa penggunaan LMS berbasis kecerdasan buatan (AI) memiliki dampak positif yang signifikan terhadap proses belajar siswa. Selama periode implementasi 12 minggu, Kelas A, yang menggunakan LMS berbasis AI, menunjukkan peningkatan yang stabil dalam skor penilaian setiap modul, dengan keunggulan rata-rata 8% dibandingkan Kelas B. Hal ini mencerminkan bahwa fitur adaptif LMS berbasis AI mampu menyesuaikan konten dan tingkat kesulitan soal secara real-time berdasarkan kemampuan siswa, sehingga mempercepat proses pemahaman konsep dan mengurangi kesalahan belajar. Keunggulan ini diperkuat oleh hasil ujian akhir, di mana skor rata-rata Kelas A meningkat secara dramatis menjadi 15% lebih tinggi daripada Kelas B. Peningkatan ini tidak hanya mencerminkan efektivitas pembelajaran tetapi juga kesuksesan sistem AI dalam mengoptimalkan intervensi pedagogis yang ditargetkan.

Lebih dari sekadar peningkatan skor, hasil studi ini mengungkapkan dimensi lain dari pembelajaran yang semakin penting di era digital: keterlibatan, retensi, dan pengalaman pengguna. Kelas A menunjukkan retensi materi yang lebih baik, yang tercermin dalam perbedaan yang signifikan antara skor pasca-tes dan pra-tes. Siswa juga menyelesaikan tes dengan lebih efisien, kemungkinan besar karena dukungan instruksional dari AI seperti umpan balik instan, rekomendasi ulasan materi, dan pemecahan masalah berbasis dialog. LMS berbasis AI juga menghasilkan pertanyaan yang lebih bervariasi dan disesuaikan dengan tingkat masing-masing siswa, menciptakan pengalaman belajar yang kurang monoton dan lebih relevan secara individual. Temuan ini didukung oleh data kualitatif: siswa merasa konten lebih personal, bantuan chatbot bermanfaat, dan proses belajar menjadi lebih menyenangkan dan bebas dari kebingungan. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa LMS berbasis AI tidak hanya meningkatkan kinerja akademik tetapi juga membentuk pengalaman belajar yang lebih holistik, efisien, dan bermakna.

BAB V. KESIMPULAN

Studi ini menunjukkan bahwa penggunaan model kecerdasan buatan berbasis Transformer dan Group Relative Policy Optimization (GRPO) dalam sistem rekomendasi kursus pada platform LMS dapat meningkatkan relevansi saran pembelajaran. Tingkat akurasi sebesar 70% menunjukkan bahwa sistem dapat memahami preferensi pengguna dan menyediakan konten yang sesuai, yang lebih baik daripada metode tradisional seperti collaborative filtering. Model ini juga fleksibel karena dapat beradaptasi dengan perubahan kebutuhan pengguna.

Integrasi konsep pembelajaran adaptif semakin memperkuat kemampuan personalisasi sistem. Dengan memanfaatkan langsung data kinerja peserta, sistem dapat menyesuaikan jalur pembelajaran, tingkat kesulitan, dan materi yang disediakan. Hal ini membuat pengalaman pembelajaran menjadi lebih relevan dan efektif bagi pengguna. Selain itu, pengembangan LMS white-label memungkinkan institusi untuk dengan mudah mengadopsi teknologi ini, menyesuaikannya agar sesuai dengan identitas dan kebutuhan spesifik masing-masing organisasi.

Proses pengembangan dilakukan secara rutin menggunakan metodologi SCRUM, yang mencakup tahap-tahap seperti product backlog, sprint planning, daily scrum, sprint review, dan retrospective. Pendekatan ini mendorong kolaborasi tim yang aktif dan responsif terhadap perubahan. Namun, tantangan seperti keterbatasan data uji coba nyata dan integrasi sistem tetap menjadi masalah yang perlu diatasi di masa depan. Secara keseluruhan, hasil studi ini memberikan landasan yang kuat untuk pengembangan lebih lanjut sistem LMS berbasis AI yang adaptif dan cerdas guna memenuhi kebutuhan pembelajaran digital saat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ikmal NM, Noor M. Kebijakan Pemerintah Indonesia Dalam Penanganan Covid-19. Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah . 2021 Dec;19(2):155–6.
- Fathurrahmani F, Herpendi H, Hafizd KA. PENTINGNYA MEMILIKI DIGITAL SKILLS DI MASA PANDEMI COVID-19. Jurnal Widya Laksmi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat. 2021 Jul 31;1(2):83–90.
- Hendriyanto. Kementerian Koordinator Bidang Pembangunan Manusia dan Kebudayaan. 2025 [cited 2025 Jul 17]. Pemanfaatan Learning Management System dalam Meningkatkan dan Memeratakan Kualitas Pendidikan. Available from: <https://www.kemenkopmk.go.id/pemanfaatan-learning-management-system-dalam-meningkatkan-dan-memeratakan-kualitas-pendidikan>
- Madhavi A, Nagesh A, Govardhan A. Efficient Course Recommendation using Deep Transformer based Ensembled Attention Model. EAI Endorsed Transactions on e-Learning. 2023 Dec 20;9.
- Zhang J, Hao B, Chen B, Li C, Chen H, Sun J. Hierarchical Reinforcement Learning for Course Recommendation in MOOCs. Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. 2019 Jul 17;33(01):435–42.
- Ikhsan I. Development of AI Adaptive, and Recommendation Course on LMS for Optimization of Digital Learning Services. Nanotechnology Perceptions. 2024 Nov 4;20(S14).
- Gligorea I, Cioca M, Oancea R, Gorski AT, Gorski H, Tudorache P. Adaptive Learning Using Artificial Intelligence in e-Learning: A Literature Review. Education Sciences. 2023 Dec 6;13(12):1216.
- Abtokhi A, Fahmi H, Sari WP. The Efficiency of Scrum Model for Developing Research and Publication Management Systems in Indonesia. International Journal of Computing and Digital Systems. 2023 Jan 31;13(1):149–58.
- Korzun V. The Top 5 White-Label LMS Platforms to Power Your Brand in 2025. iSpring [Internet]. 2024 Sep 29 [cited 2025 Jul 17]; Available from: <https://www.ispringsolutions.com/blog/white-label-lms-platforms>

Kurniawan RA, Ariandono HW. Pengembangan Website Learning Management Systems Dengan Metodologi Scrum. *Jurnal Ilmu Komputer dan Bisnis*. 2022 Dec 3;13(2a):165–74.

Krishna Pasupuleti M. AI-Powered Learning: Transformative Innovations in Smart Education Technology. In: *Advanced AI-Driven EdTech: Transformative Innovations in Smart Learning* [Internet]. National Education Services; 2024 [cited 2025 Jul 17]. p. 292–310. Available from: <https://doi.org/10.62311/nesx/802874>

Tan L, Xu J, Gong D, Liu F. Recurrent Attentive Neural Networks for Sequential Recommendation. In: *Proceedings of the 2023 International Conference on Communication Network and Machine Learning* [Internet]. New York, NY, USA: ACM; 2023 [cited 2025 Jul 17]. p. 356–60. Available from: <https://doi.org/10.1145/3640912.3640983>