

DOKUMEN DESAIN



LENTERAMU

*Learning AI-Navigated Tera-Personalized
Education Resource Application : Monitoring & Understanding*

M. YUSRIL HELMI SETYAWAN
CAHYO PRIANTO
MUHAMMAD IBNU CHOLDUN

PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga dokumen desain LENTERAMU (Learning AI-Navigated Tera-Personalized Education Resource Application- Monitoring & Understanding) ini dapat diselesaikan dengan baik. Dokumen ini disusun sebagai panduan konseptual dan teknis untuk pengembangan sistem aplikasi cerdas berbasis kecerdasan buatan yang dirancang untuk mendukung personalisasi pembelajaran di berbagai institusi pendidikan.

Aplikasi LENTERAMU bertujuan untuk mengoptimalkan proses pembelajaran dengan memanfaatkan teknologi AI yang dapat menyesuaikan materi pembelajaran sesuai dengan kebutuhan unik setiap siswa. Sistem ini dirancang untuk mengidentifikasi kebutuhan individu melalui analisis data pembelajaran yang komprehensif, memberikan rekomendasi konten yang relevan, serta menyediakan umpan balik yang adaptif dan responsif. Pengembangan ini diharapkan dapat membantu meningkatkan motivasi belajar, keterlibatan siswa, serta performa akademis mereka.

Dalam dokumen ini, kami memaparkan secara mendetail mulai dari desain arsitektur sistem, model AI yang digunakan, hingga berbagai fitur kunci seperti manajemen pengguna, manajemen konten pembelajaran, pelaporan dan visualisasi data, serta integrasi keamanan yang diperlukan. Selain itu, dokumen ini juga membahas bagaimana sistem ini dapat terus dikembangkan dan dioptimalkan secara berkelanjutan untuk menjawab tantangan pendidikan di era digital.

Kami menyadari bahwa dokumen ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kami sangat terbuka terhadap kritik dan saran yang konstruktif untuk perbaikan di masa mendatang. Akhir kata, semoga dokumen ini dapat memberikan manfaat dan panduan yang jelas bagi para pengembang, pengelola pendidikan, serta semua pihak yang terlibat dalam proses implementasi LENTERAMU.

Bandung, November 2024
Tim Pengembang

DAFTAR ISI

PRAKATA	1
DAFTAR ISI.....	2
BAB I.....	6
Pendahuluan	6
1.1 Latar Belakang	7
1.2 Tujuan Dokumen	10
1.3 Ruang Lingkup	12
1.4 Definisi dan Istilah Penting	14
BAB 2	18
Arsitektur Sistem.....	18
2.2 Komponen Utama Arsitektur.....	21
2.3 Modul-Modul Utama LENTERAMU.....	26
2.4 Interaksi Antar Komponen.....	48
2.5 Diagram Arsitektur Sistem Cerdas	56
2.6 Infrastruktur Teknologi dan Alat yang Digunakan	63
BAB 3	69
Desain Model AI	69
3.1 Gambaran Umum Model AI.....	69
3.2 Modul Analisis Data Siswa	73
3.2.1 Input dan Data yang Digunakan.....	74
3.2.2 Komponen: NLP Engine dan Analisis Statistik	76
3.2.3 Proses dan Output	80

3.3 Modul Personalisasi Konten	85
3.3.1 Input dan Data yang Digunakan.....	86
3.3.2 Komponen: Rekomendasi Konten dan Faktorisasi Matriks	90
3.3.3 Proses dan Output	94
3.4 Modul Umpam Balik Adaptif	100
3.4.1 Input dan Data yang Digunakan.....	101
3.4.2 Komponen: Reinforcement Learning (Q-learning).....	105
3.4.3 Proses dan Output	111
3.5 Modul Pemantauan dan Penilaian	118
3.5.1 Input dan Data yang Digunakan.....	119
3.5.2 Komponen: Klasifikasi, kNN, Analisis Deskriptif, Pembelajaran Supervisi	122
3.5.3 Proses dan Output	128
3.6 Diagram Desain Model AI	134
BAB 4	140
Integrasi dan Pengembangan Model AI	140
4.1 Integrasi Modul AI dalam Aplikasi Cerdas	140
4.2 Proses Pengembangan Model AI	144
4.3 Implementasi dan Uji Coba Model AI	150
4.4 Optimasi dan Penyesuaian Model	155
4.5 Evaluasi Performa Model AI	162
4.6 Pipeline Integrasi AI ke Sistem Produksi	168
4.7 Desain Antarmuka Pengguna (UI Design)	177

4.7.1 Daftar Antarmuka Pengguna (UI)	180
BAB 5	197
Desain Data	197
5.1 Model Data Aplikasi Cerdas	197
5.2 Desain Skema Database	201
5.3 Struktur Penyimpanan Data	209
5.4 Diagram Entitas-Relasi (ER Diagram)	215
5.5 Pengelolaan Data dan Keamanan	220
BAB 6	227
Workflow Diagram	227
6.1 Diagram Alur Kerja Sistem	227
6.2 Diagram Alur Kerja Pengguna	234
6.3 Alur Proses Pembelajaran AI	240
6.4 Diagram Alur Umpam Balik dan Penilaian	245
6.5 Penjelasan Diagram Alur Kerja	250
BAB 7	257
Pengujian dan Validasi Sistem	257
7.1 Strategi Pengujian Aplikasi	257
7.2 Pengujian Fungsional dan Non-Fungsional	262
7.3 Uji Coba Model AI	276
7.4 Pengujian Pengguna (User Acceptance Testing)	287
7.5 Validasi dan Hasil Pengujian	297
BAB 8	308
Rencana Pengembangan dan Peningkatan Sistem	308

8.1 Rencana Pengembangan Fitur Tambahan	308
8.2 Peningkatan Model AI Berkelanjutan	313
8.3 Rencana Pembaruan Data dan Pemeliharaan Sistem.....	318
BAB 9.....	331
Kesimpulan dan Rekomendasi	331
9.1 Kesimpulan Umum	331
9.2 Rekomendasi untuk Implementasi Selanjutnya.....	334
Referensi	345
Daftar Gambar dan Tabel	348
Terminologi Teknis	352

BAB I

Pendahuluan

Pendidikan di Indonesia terus menghadapi tantangan dalam memenuhi kebutuhan pembelajaran yang semakin beragam di era digital. Tantangan tersebut mencakup upaya untuk meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa, mengakomodasi berbagai gaya belajar, dan memastikan bahwa setiap siswa dapat mencapai potensi maksimal mereka. Sementara itu, pendekatan pembelajaran tradisional sering kali tidak responsif terhadap perbedaan individu di antara siswa, yang mengakibatkan kurangnya efektivitas dalam proses belajar mengajar.

Kemajuan teknologi kecerdasan buatan (Artificial Intelligence/AI) memberikan peluang baru untuk mengatasi tantangan-tantangan ini. AI memungkinkan pembuatan sistem pembelajaran yang lebih personal dan adaptif, yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan, preferensi, dan karakteristik unik setiap siswa. Dengan memanfaatkan AI, sistem pembelajaran dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih inklusif dan efektif, mendukung guru dalam mengelola pembelajaran yang lebih berpusat pada siswa.

Dokumen ini disusun dengan tujuan untuk merancang sebuah Desain Model AI dan Arsitektur Aplikasi Cerdas Personalisasi Pembelajaran yang dapat diimplementasikan di sekolah-sekolah, khususnya di Yayasan Asih Putera Cimahi, Jawa Barat. Aplikasi ini dinamakan LENTERAMU (Learning AI-Navigated Tera-Personalized Education Resource Application: Monitoring and Understanding), yang merupakan sistem pembelajaran berbasis AI yang dirancang untuk memandu dan mengoptimalkan pengalaman belajar siswa secara personal.

LETERAMU mencerminkan konsep inovatif dalam pendidikan yang memanfaatkan AI untuk menyediakan pembelajaran yang terarah

(Navigated) dan dipersonalisasi secara tinggi (Tera-Personalized). Dengan menggunakan pendekatan *Monitoring and Understanding*, aplikasi ini memantau perkembangan siswa secara *real-time* dan memahami kebutuhan belajar mereka secara mendalam. Sistem ini bertujuan untuk mengidentifikasi kebutuhan spesifik setiap siswa melalui analisis data pembelajaran, interaksi, dan preferensi belajar, sehingga memungkinkan penyesuaian konten dan metode pengajaran yang lebih efektif dan relevan.

Tujuan utama dari dokumen ini adalah memberikan panduan teknis dan konseptual dalam pengembangan sistem cerdas berbasis AI pada LENTERAMU, yang mampu mempersonalisasi pengalaman belajar siswa. Dengan menggabungkan teknologi analitik data dan pembelajaran mesin, LENTERAMU dirancang dapat beradaptasi dengan setiap individu siswa, memberikan materi dan umpan balik yang sesuai dengan gaya belajar, dan pada akhirnya membantu siswa mencapai potensi belajar maksimal mereka.

1.1 Latar Belakang

Masalah rendahnya motivasi dan keterlibatan siswa dalam proses belajar mengajar di Indonesia, salah satunya diperburuk oleh pendekatan pengajaran tradisional yang sering kali seragam dan kurang adaptif terhadap kebutuhan unik setiap siswa. Nuryana et al. (2021) menyatakan bahwa "pendekatan pengajaran tradisional yang diterapkan di sebagian besar sekolah di Indonesia sering kali tidak responsif terhadap kebutuhan individual siswa, yang mengakibatkan rendahnya motivasi dan keterlibatan siswa dalam pembelajaran." Hal serupa diungkapkan oleh Sutrisno et al. (2023) bahwa "sistem pendidikan yang masih mengandalkan pendekatan seragam tanpa mempertimbangkan kebutuhan unik siswa cenderung menurunkan minat belajar dan keterlibatan siswa di kelas." Selain itu, Susanti et al. (2024) menekankan bahwa "motivasi belajar siswa yang rendah sering kali disebabkan oleh metode pengajaran yang monoton dan tidak adaptif terhadap karakteristik belajar siswa yang beragam".

Penelitian lain menunjukkan bahwa siswa yang merasa kurang terlibat cenderung memiliki prestasi akademis yang rendah dan kurang mampu mengembangkan potensi mereka secara optimal (Estévez et al., 2004). Situasi ini menjadi semakin kompleks dengan berbagai latar belakang, gaya belajar, dan kebutuhan khusus siswa yang beragam.

Studi-studi sebelumnya juga menyoroti pentingnya menciptakan lingkungan belajar yang responsif terhadap keberagaman siswa untuk memastikan setiap siswa dapat berpartisipasi secara aktif dan produktif dalam proses pembelajaran (Wahed & Pitterson, 2023). Di sisi lain, pendekatan pembelajaran konvensional sering kali gagal menyediakan dukungan yang sesuai untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Sebagai akibatnya, siswa kerap merasa bosan atau mengalami kesulitan dalam memahami konsep-konsep kompleks, terutama pada mata pelajaran seperti Matematika dan Sains yang sering dianggap menantang (Tze et al., 2016).

Seiring dengan perkembangan teknologi, AI telah muncul sebagai solusi potensial untuk mengatasi masalah dalam pendidikan modern. Teknologi AI memungkinkan penciptaan sistem pembelajaran yang lebih personal dan adaptif, yang dapat menyesuaikan konten dan metode pembelajaran berdasarkan data besar yang dianalisis dari perilaku dan preferensi belajar siswa. Di berbagai negara, platform pembelajaran adaptif seperti DreamBox dan Knewton telah memanfaatkan AI untuk meningkatkan keterlibatan dan prestasi siswa dengan menyediakan pembelajaran yang disesuaikan dengan kebutuhan individu.

Penerapan AI dalam pendidikan, seperti yang diuraikan oleh Halkiopoulos dan Gkintoni (2024), tidak hanya membantu dalam personalisasi pembelajaran tetapi juga meningkatkan efisiensi proses belajar mengajar, dengan menyediakan umpan balik yang cepat dan relevan bagi siswa. Namun, implementasi AI dalam pendidikan juga

memerlukan perhatian pada isu-isu seperti integrasi sistem, keamanan data, dan kesiapan infrastruktur. Oleh karena itu, desain model AI dan arsitektur aplikasi yang diusulkan harus mempertimbangkan faktor-faktor tersebut untuk memastikan keberhasilan implementasi.

Yayasan Asih Putera Cimahi, Jawa Barat, merupakan contoh nyata dari institusi pendidikan yang berupaya menjawab tantangan-tantangan ini. Dengan populasi siswa yang beragam dari segi latar belakang, kemampuan, dan kebutuhan pembelajaran, pendekatan pembelajaran yang lebih inklusif dan responsif sangat diperlukan. Penggunaan sistem cerdas berbasis AI yang dapat mempersonalisasi pengalaman belajar berdasarkan karakteristik dan preferensi individu siswa diyakini dapat menjadi solusi yang efektif. Sistem ini dapat memberikan rekomendasi konten, memberikan umpan balik yang adaptif, dan memantau kemajuan siswa, sehingga membantu siswa untuk mencapai hasil belajar yang lebih baik.

Untuk itu, dokumen ini menyajikan pengembangan LENTERAMU dengan pendekatan inklusi. Sistem ini akan menggunakan berbagai algoritma AI seperti *Natural Language Processing* (NLP), *Content Recommendation*, *Reinforcement Learning*, dan *Supervised Learning* untuk menganalisis data siswa dan menyusun strategi pembelajaran yang disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing individu. Setiap modul dalam sistem ini, Analisis Data Siswa, Personalisasi Konten, Umpan Balik Adaptif, dan Pemantauan dan Penilaian, dirancang untuk mengatasi tantangan spesifik yang dihadapi dalam pendidikan tradisional.

Dengan mengadopsi pendekatan berbasis data, LENTERAMU diharapkan mampu menjembatani kesenjangan yang ada dalam pendidikan tradisional, di mana sering kali gagal mengidentifikasi kebutuhan spesifik siswa dan memberikan dukungan yang tepat. Implementasi sistem ini akan dirancang untuk dapat diterapkan di

sekolah-sekolah dengan mempertimbangkan infrastruktur teknologi yang ada, serta mengintegrasikan solusi *cloud computing* dan keamanan data yang diperlukan.

Pendekatan ini tidak hanya meningkatkan efektivitas pembelajaran tetapi juga menciptakan lingkungan belajar yang lebih inklusif dan responsif terhadap kebutuhan individu. Dalam kerangka desain LENTERAMU ini, diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam mengembangkan model pendidikan yang lebih modern, adaptif, dan berpusat pada siswa. Dengan demikian, integrasi AI ke dalam sistem pendidikan dapat menjadi katalisator perubahan menuju pendidikan yang lebih inovatif dan berbasis pada kebutuhan individu.

1.2 Tujuan Dokumen

Tujuan utama dari dokumen ini adalah untuk menyediakan panduan komprehensif dalam pengembangan LENTERAMU. Dokumen ini dirancang untuk mengakomodasi kebutuhan pendidikan yang lebih inklusif dan adaptif, dengan memanfaatkan teknologi AI untuk mempersonalisasi pengalaman belajar siswa sesuai dengan kebutuhan, gaya belajar, dan potensi masing-masing individu. Secara lebih rinci, tujuan dari dokumen ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi dan Menguraikan Desain Model AI

Dokumen ini bertujuan untuk menjelaskan model AI yang digunakan dalam LENTERAMU. Ini mencakup deskripsi detail tentang teknik dan algoritma AI yang diadopsi, seperti *Natural Language Processing* (NLP), *Content Recommendation*, *Reinforcement Learning*, dan *Supervised Learning*, serta bagaimana model-model ini diintegrasikan ke dalam sistem untuk memberikan pengalaman belajar yang disesuaikan.

2. Merancang Arsitektur LENTERAMU

Dokumen ini juga bertujuan untuk merancang arsitektur aplikasi yang mampu mendukung personalisasi pembelajaran secara efektif. Arsitektur ini akan mencakup modul-modul utama

diantaranya Modul Analisis Data Siswa, Modul Personalisasi Konten, Modul Umpan Balik Adaptif, dan Modul Pemantauan dan Penilaian. Setiap modul dirancang untuk berfungsi secara sinergis dalam menciptakan ekosistem pembelajaran yang responsif dan dinamis, sesuai dengan kebutuhan setiap siswa.

3. Menyediakan Panduan Implementasi yang Terperinci

Dokumen ini berfungsi sebagai panduan bagi pengembang, pendidik, dan pemangku kepentingan lainnya dalam mengimplementasikan LENTERAMU di sekolah-sekolah. Panduan ini mencakup langkah-langkah teknis untuk instalasi, konfigurasi, dan pemeliharaan sistem, serta rekomendasi mengenai infrastruktur teknologi yang diperlukan, seperti *cloud computing*, penyimpanan data, dan keamanan sistem.

4. Mengembangkan Kerangka Evaluasi untuk Menilai Kinerja Sistem

Tujuan lain dari dokumen ini adalah menyediakan kerangka evaluasi yang dapat digunakan untuk menilai efektivitas sistem dalam meningkatkan keterlibatan dan motivasi siswa serta mengoptimalkan potensi individu mereka. Kerangka ini mencakup indikator keberhasilan, metode pengukuran, dan teknik analisis data untuk menilai kinerja sistem secara berkelanjutan.

5. Mendorong Pendidikan yang Lebih Inklusif dan Berbasis Data

Dengan tersusunnya dokumen ini, diharapkan dapat mempromosikan pendekatan pendidikan yang lebih inklusif dan berbasis data, yang mampu menjawab tantangan-tantangan pendidikan di era digital. Sistem ini tidak hanya akan mendukung siswa dengan kebutuhan belajar yang beragam tetapi juga menyediakan alat bantu bagi guru untuk mengoptimalkan metode pengajaran yang lebih efektif.

6. Menjadi Acuan dalam Inovasi Pendidikan Berbasis Teknologi

Dokumen ini diharapkan menjadi acuan bagi institusi pendidikan lain yang ingin mengadopsi teknologi AI untuk personalisasi pembelajaran. Dengan menyediakan model desain dan

arsitektur yang sudah teruji, dokumen ini dapat menjadi panduan dalam mengimplementasikan inovasi serupa di berbagai konteks pendidikan.

Selanjutnya dokumen ini tidak hanya bertindak sebagai cetak biru teknis, tetapi juga sebagai sumber informasi strategis yang mendukung transformasi pendidikan menuju pendekatan yang lebih modern, adaptif, dan berpusat pada siswa. Dengan kata lain dokumen ini dapat digunakan untuk memastikan bahwa setiap langkah dalam pengembangan dan penerapan sistem cerdas ini dirancang dengan mempertimbangkan kebutuhan pengguna akhir dan infrastruktur teknologi yang ada.

1.3 Ruang Lingkup

Dokumen ini mencakup perancangan dan pengembangan LENTERAMU yang dirancang untuk diimplementasikan di sekolah-sekolah di lingkungan Yayasan Asih Putera Cimahi, Jawa Barat. Ruang lingkup dokumen ini meliputi berbagai aspek teknis dan konseptual yang diperlukan untuk memastikan sistem yang diusulkan dapat berfungsi secara efektif dalam menciptakan pengalaman belajar yang lebih personal dan adaptif. Ruang lingkup dokumen ini meliputi:

- 1. Desain Model AI untuk Personalisasi Pembelajaran**

Dokumen ini akan menguraikan model-model AI yang digunakan untuk mendukung personalisasi pembelajaran. Ini mencakup algoritma-algoritma AI seperti *Natural Language Processing* (NLP) untuk analisis teks dan profil siswa, *Content Recommendation* untuk rekomendasi materi belajar, *Reinforcement Learning* untuk adaptasi umpan balik berdasarkan kinerja siswa, serta teknik *Supervised Learning* untuk klasifikasi dan evaluasi performa siswa.

- 2. Arsitektur Aplikasi dan Modul Utama**

Dokumen ini akan menjelaskan secara rinci arsitektur aplikasi yang dirancang untuk mendukung sistem pembelajaran yang

cerdas dan adaptif. Arsitektur ini terdiri dari beberapa modul utama:

- a) Modul Analisis Data Siswa
Mengumpulkan dan menganalisis data perilaku dan preferensi siswa.
 - b) Modul Personalisasi Konten
Memberikan rekomendasi materi belajar yang disesuaikan dengan karakteristik dan kebutuhan siswa.
 - c) Modul Umpan Balik Adaptif
Menyediakan umpan balik yang dinamis berdasarkan performa siswa untuk mendukung pembelajaran berkelanjutan.
 - d) Modul Pemantauan dan Penilaian
Mengevaluasi kinerja siswa dan memberikan saran pengembangan lebih lanjut berdasarkan analisis data
 - e) Modul Pembuatan Laporan dan Analisis Visual
Menyediakan laporan mencakup analisis performa siswa, rekomendasi pengajaran, dan wawasan yang dihasilkan oleh sistem.
 - f) Modul Integrasi dan Pengelolaan Data
Mengelola pertukaran data antar sistem dan menjaga konsistensi data yang terintegrasi dengan berbagai platform dan sistem pembelajaran lain yang sudah ada (LMS, SIS).
3. Kebutuhan Teknologi dan Infrastruktur
- Dokumen ini akan mencakup deskripsi tentang kebutuhan teknologi dan infrastruktur yang diperlukan untuk mengimplementasikan sistem ini. Ini termasuk kebutuhan perangkat keras dan perangkat lunak, integrasi *cloud computing*, pengelolaan *big data*, serta protokol keamanan untuk melindungi data siswa dan memastikan privasi.
4. Panduan Implementasi dan Pengujian Sistem
- Dokumen ini akan menyediakan panduan langkah demi langkah untuk mengimplementasikan sistem di sekolah. Selain itu, ruang

lingkup juga mencakup metodologi pengujian sistem untuk memastikan bahwa sistem berfungsi sesuai dengan spesifikasi dan tujuan yang diharapkan.

5. Metode Evaluasi dan Pemantauan Kinerja Sistem

Untuk memastikan bahwa sistem ini berfungsi dengan baik dan mencapai tujuan yang telah ditetapkan, dokumen ini juga akan mencakup metode evaluasi dan pemantauan kinerja sistem. Ini melibatkan penilaian keberhasilan sistem dalam meningkatkan keterlibatan dan motivasi siswa, serta bagaimana sistem dapat diperbaiki secara berkelanjutan berdasarkan umpan balik dari pengguna.

6. Batasan dan Asumsi Pengembangan Sistem

Dokumen ini akan menyebutkan batasan-batasan sistem yang diusulkan, termasuk cakupan fungsionalitas yang tersedia pada tahap awal implementasi, serta asumsi-asumsi yang digunakan dalam proses desain dan pengembangan.

1.4 Definisi dan Istilah Penting

Berikut adalah Definisi dan istilah yang disajikan untuk memperjelas konsep-konsep utama yang digunakan dalam dokumen ini dan memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang teknologi dan metodologi yang diimplementasikan dalam pengembangan LENTERAMU

1. *Kecerdasan Buatan (Artificial Intelligence/AI)*: Teknologi yang memungkinkan sistem atau mesin untuk meniru kecerdasan manusia dalam pengambilan keputusan, pembelajaran, dan pemecahan masalah. Dalam konteks ini, AI digunakan untuk mempersonalisasi pembelajaran siswa berdasarkan analisis data dan preferensi belajar mereka.
2. *Personalisasi Pembelajaran*: Pendekatan pendidikan di mana proses pembelajaran disesuaikan dengan kebutuhan, preferensi, kemampuan, dan minat individu siswa. Dengan menggunakan AI, personalisasi ini diimplementasikan melalui

analisis data siswa untuk menyediakan konten, metode, dan umpan balik belajar yang relevan.

3. *Natural Language Processing (NLP)*: Cabang AI yang berkaitan dengan interaksi antara komputer dan bahasa manusia. NLP digunakan dalam sistem ini untuk menganalisis teks atau data yang dihasilkan siswa (misalnya, jawaban esai, pertanyaan, dan interaksi lain) guna memahami preferensi belajar dan kebutuhan mereka.
4. *Content Recommendation*: Algoritma yang digunakan untuk menyarankan konten pembelajaran (seperti video, artikel, atau latihan soal) yang sesuai dengan kebutuhan dan minat siswa. Rekomendasi ini berdasarkan analisis perilaku belajar siswa sebelumnya, tingkat pemahaman, dan preferensi yang diidentifikasi oleh sistem.
5. *Reinforcement Learning*: Teknik *machine learning* yang digunakan untuk melatih model AI dalam membuat keputusan dengan memberi penghargaan atau hukuman atas tindakan tertentu. Dalam konteks ini, *reinforcement learning* digunakan untuk menyesuaikan umpan balik dan strategi pembelajaran sesuai dengan respons dan hasil belajar siswa.
6. *Supervised Learning*: Teknik *machine learning* di mana model dilatih dengan data yang sudah diberi label untuk melakukan prediksi atau klasifikasi. Dalam sistem ini, *supervised learning* digunakan untuk mengevaluasi performa siswa, mengelompokkan mereka berdasarkan kemampuan, dan memberikan saran pengembangan lebih lanjut.
7. *Modul Analisis Data Siswa*: Komponen sistem yang mengumpulkan dan menganalisis data perilaku dan preferensi belajar siswa. Data yang dikumpulkan dapat mencakup pola interaksi dengan materi, waktu yang dihabiskan untuk setiap kegiatan belajar, tingkat kesulitan materi yang dihadapi, dan respons terhadap metode pengajaran tertentu.
8. *Modul Personalisasi Konten*: Komponen sistem yang menggunakan data dari modul analisis untuk memberikan

rekomendasi konten belajar yang disesuaikan. Modul ini memanfaatkan algoritma *Content Recommendation* untuk menawarkan materi pembelajaran yang paling sesuai dengan kebutuhan dan minat siswa.

9. *Modul Umpam Balik Adaptif*: Komponen sistem yang menyediakan umpan balik secara dinamis berdasarkan performa siswa. Umpam balik ini dirancang untuk membantu siswa memahami kesalahan mereka dan memberikan petunjuk atau strategi untuk perbaikan.
10. *Modul Pemantauan dan Penilaian*: Komponen sistem yang digunakan untuk memantau kemajuan belajar siswa dan mengevaluasi kinerja mereka. Modul ini memberikan laporan performa dan saran pengembangan lebih lanjut kepada guru dan siswa berdasarkan data yang dikumpulkan.
11. *Inklusivitas dalam Pembelajaran*: Pendekatan yang memastikan semua siswa, termasuk mereka dengan kebutuhan khusus atau gaya belajar yang berbeda, mendapatkan kesempatan yang sama untuk belajar dan berkembang. Sistem cerdas ini dirancang untuk menciptakan lingkungan belajar yang lebih inklusif dengan menyesuaikan konten dan pendekatan pembelajaran berdasarkan karakteristik setiap siswa.
12. *Cloud Computing*: Teknologi komputasi berbasis internet yang memungkinkan penyimpanan dan pengolahan data secara fleksibel dan terukur. Dalam konteks sistem ini, cloud computing digunakan untuk menyimpan data siswa, model AI, dan menyediakan akses sistem secara *real-time* bagi pengguna.
13. *Big Data*: Data dalam jumlah besar yang dihasilkan dari interaksi siswa dengan sistem. Big data digunakan dalam sistem ini untuk menganalisis pola belajar, membuat prediksi performa, dan menyesuaikan strategi pembelajaran.
14. *Keamanan Data*: Serangkaian praktik dan teknologi yang dirancang untuk melindungi data siswa dari akses yang tidak sah, kehilangan, atau penyalahgunaan. Ini mencakup enkripsi data,

kontrol akses, dan kepatuhan terhadap regulasi terkait privasi dan keamanan data.

15. *Interoperabilitas Sistem:* Kemampuan sistem untuk berintegrasi dan berfungsi bersama dengan sistem lain. Dalam konteks ini, interoperabilitas penting untuk memastikan bahwa sistem cerdas dapat terhubung dengan platform pembelajaran lain atau perangkat yang digunakan di sekolah.

BAB 2

Arsitektur Sistem

Arsitektur aplikasi cerdas LENETRAMU dirancang untuk menyediakan pengalaman belajar yang dinamis, adaptif, dan personal bagi setiap siswa. Arsitektur ini mengintegrasikan berbagai teknologi AI, analitik data, dan layanan *cloud computing* untuk memastikan sistem dapat berfungsi secara efektif dan efisien dalam lingkungan pendidikan. Sistem ini mencakup beberapa modul utama yang saling terhubung dan bekerja secara sinergis untuk mengumpulkan data, menganalisis perilaku dan preferensi belajar siswa, memberikan rekomendasi konten yang disesuaikan, menyediakan umpan balik adaptif, serta memantau dan mengevaluasi kinerja siswa.

Bab ini akan menguraikan arsitektur teknis aplikasi cerdas LENTERAMU, termasuk komponen-komponen utama, interaksi antar modul, serta teknologi yang mendasari implementasinya. Arsitektur ini dirancang untuk mendukung kebutuhan pembelajaran di sekolah-sekolah dalam menciptakan lingkungan belajar yang lebih inklusif dan berbasis data.

2.1 Gambaran Umum Arsitektur

Arsitektur aplikasi cerdas LENTERAMU dirancang dengan pendekatan berlapis untuk mengintegrasikan berbagai teknologi AI, analitik data, dan layanan komputasi awan yang mendukung pengalaman belajar yang dinamis dan adaptif. Arsitektur ini bertujuan untuk mempersonalisasi pembelajaran bagi setiap siswa dengan memanfaatkan data interaksi, preferensi, dan kinerja siswa secara *real-time*.

Arsitektur ini terbagi menjadi beberapa lapisan utama, yang masing-masing memiliki peran dan fungsi spesifik dalam mendukung proses personalisasi pembelajaran. Setiap lapisan dirancang untuk

memastikan sistem berfungsi secara optimal dan terintegrasi dengan baik. Gambaran umum arsitektur aplikasi LENTERAMU ini mencakup lima lapisan utama:

1. Lapisan Pengumpulan Data (Data Collection Layer)

Lapisan ini bertanggung jawab untuk mengumpulkan data dari berbagai sumber terkait dengan proses pembelajaran siswa. Data ini meliputi hasil tes, interaksi siswa dengan konten pembelajaran, partisipasi dalam diskusi, waktu penggerjaan tugas, dan umpan balik dari guru. Pengumpulan data dilakukan melalui berbagai antarmuka pengguna dan integrasi dengan platform pembelajaran lain seperti *Learning Management System* (LMS) dan *Student Information System* (SIS). Data yang dikumpulkan disimpan dalam data *warehouse* berbasis *cloud* yang mendukung penyimpanan skala besar dan akses data secara *real-time*.

2. Lapisan Pemrosesan dan Analisis (Processing and Analytics Layer)

Lapisan ini memproses dan menganalisis data yang dikumpulkan untuk menghasilkan wawasan yang relevan tentang perilaku dan preferensi belajar siswa. Teknologi AI seperti *Natural Language Processing* (NLP) digunakan untuk menganalisis teks, sedangkan teknik *machine learning* (supervised dan unsupervised learning) diterapkan untuk klasifikasi siswa dan prediksi performa. Algoritma pemrosesan data ini dirancang untuk bekerja di lingkungan komputasi awan atau *hybrid*, memanfaatkan platform Google AI Platform untuk melakukan analisis data besar secara efisien.

3. Lapisan Layanan AI dan Personalisasi (AI Services and Personalization Layer)

Lapisan ini adalah inti dari sistem cerdas LENTERAMU, di mana layanan AI diimplementasikan untuk personalisasi pembelajaran. Terdiri dari beberapa modul, diantaranya Modul Personalisasi

Konten yang merekomendasikan materi belajar berdasarkan kebutuhan siswa, Modul Umpan Balik Adaptif yang memberikan umpan balik berdasarkan performa belajar, dan Modul Pemantauan dan Penilaian yang mengevaluasi kemajuan siswa. Setiap modul di lapisan ini menggunakan algoritma AI khusus untuk mencapai fungsionalitas yang diinginkan, dengan tujuan memberikan pengalaman belajar yang disesuaikan dan efektif bagi setiap siswa.

4. Lapisan Antarmuka Pengguna (User Interface Layer)

Lapisan ini menyediakan aksesibilitas bagi pengguna (siswa, guru, dan administrator) melalui antarmuka yang intuitif dan interaktif. Antarmuka ini dirancang untuk mendukung berbagai perangkat (desktop, tablet, ponsel pintar) dan memungkinkan pengguna mengakses informasi seperti analisis performa, rekomendasi pembelajaran, dan laporan umpan balik. Teknologi *front-end* yang digunakan, yaitu React atau Angular, memastikan antarmuka pengguna yang responsif dan dinamis, memudahkan navigasi dan interaksi.

5. Lapisan Integrasi dan Keamanan (Integration and Security Layer)

Lapisan ini memastikan integrasi yang lancar antara sistem cerdas dengan sistem lain yang sudah ada di lingkungan sekolah, seperti LMS, SIS, dan platform *e-learning* lainnya. Selain integrasi, lapisan ini juga menekankan pentingnya keamanan data dan privasi pengguna. Penggunaan API (Application Programming Interface), *web services*, dan protokol keamanan seperti enkripsi data, *Role-Based Access Control* (RBAC), dan pemantauan keamanan berkala diterapkan untuk melindungi data siswa dan informasi sensitif lainnya.

6. Lapisan Laporan dan Visualisasi (Reporting and Visualization Layer)

Lapisan ini bertanggung jawab untuk menyajikan hasil analisis dan wawasan yang diperoleh dari lapisan Pemrosesan dan Analisis kepada pengguna dalam format yang dapat dipahami. Laporan-laporan yang dihasilkan dapat berupa grafik, dashboard interaktif, dan ringkasan performa siswa. Visualisasi ini membantu pengguna (guru, siswa, dan administrator) untuk memahami kemajuan pembelajaran, mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan, dan membuat keputusan yang lebih baik. Teknologi seperti D3.js atau Tableau digunakan untuk membuat visualisasi data yang dinamis dan informatif, yang dapat diakses melalui antarmuka pengguna.

Lapisan-lapisan dalam arsitektur ini bekerja secara sinergis untuk memastikan bahwa setiap siswa mendapatkan konten, umpan balik, dan bimbingan yang sesuai dengan kebutuhan mereka, sementara guru dan administrator juga mendapatkan wawasan yang mendalam untuk mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik. Arsitektur ini memungkinkan fleksibilitas dan skalabilitas yang tinggi, sehingga dapat disesuaikan dengan perkembangan teknologi dan perubahan kebutuhan pendidikan di masa depan.

2.2 Komponen Utama Arsitektur

Arsitektur aplikasi cerdas untuk LENTERAMU terdiri dari beberapa komponen utama yang berfungsi untuk mendukung proses pembelajaran yang personal, adaptif, dan inklusif. Setiap komponen dalam arsitektur ini memiliki peran spesifik dan berkontribusi terhadap kinerja keseluruhan sistem dalam menyediakan pengalaman belajar yang disesuaikan dengan kebutuhan individu siswa. Berikut diuraikan komponen utama yang membentuk arsitektur LENTERAMU yaitu:

1. Data Warehouse

Data Warehouse adalah komponen penyimpanan utama yang digunakan untuk mengumpulkan, menyimpan, dan mengelola data dari berbagai sumber dalam sistem. Ini mencakup data yang dihasilkan dari interaksi siswa dengan konten pembelajaran, hasil tes, umpan balik guru, dan data lain yang relevan dengan proses belajar.

a) Fungsi

Data Warehouse berfungsi sebagai basis data terpusat yang memungkinkan *big data analytics* secara efisien. Dengan kemampuan akses data secara *real-time*, *Data Warehouse* mendukung berbagai modul AI dan analitik dalam sistem untuk menghasilkan wawasan yang relevan dan mendalam.

b) Teknologi yang Digunakan

Komponen ini memanfaatkan teknologi basis data NoSQL untuk data yang tidak terstruktur dan SQL untuk data yang terstruktur, serta layanan cloud di Google BigQuery untuk penyimpanan skala besar.

2. Modul AI dan Analitik

Modul ini terdiri dari berbagai algoritma AI yang bertugas untuk menganalisis data yang dikumpulkan dan menyediakan layanan personalisasi. Modul AI ini meliputi teknik seperti *Natural Language Processing* (NLP), *Content Recommendation*, *Reinforcement Learning*, dan *Supervised Learning*.

a) Fungsi

Modul AI dan analitik bertanggung jawab untuk menganalisis perilaku belajar siswa, mengidentifikasi pola dan preferensi, serta mengelompokkan siswa berdasarkan performa mereka. Modul ini juga digunakan untuk membuat rekomendasi konten yang relevan dan menyediakan umpan balik yang adaptif.

- b) Teknologi yang Digunakan
Algoritma dan model AI dikembangkan menggunakan *framework* TensorFlow, PyTorch, Scikit-Learn, dan platform *machine learning* pada Google AI Platform.

3. Sistem Rekomendasi Konten

Sistem Rekomendasi Konten adalah komponen yang dirancang untuk memberikan materi pembelajaran yang disesuaikan dengan kebutuhan dan preferensi masing-masing siswa. Ini menggunakan algoritma berbasis *Collaborative Filtering*, *Content-Based Filtering*, dan *Hybrid Recommendation*.

- a) Fungsi
Sistem ini berfungsi untuk meningkatkan keterlibatan siswa dengan memberikan konten yang relevan dan menarik, serta memotivasi mereka untuk belajar lebih banyak. Rekomendasi ini didasarkan pada data interaksi siswa sebelumnya, tingkat kesulitan yang dihadapi, dan pola belajar yang teridentifikasi.
- b) Teknologi yang Digunakan
Sistem ini memanfaatkan *tool* dan *framework* Apache Mahout, Surprise, TensorFlow Recommenders (TFRS), dan layanan *cloud* yang mendukung pemrosesan data besar.

4. Layanan Umpam Balik Adaptif

Layanan ini adalah komponen yang menyediakan umpan balik yang dinamis dan adaptif berdasarkan hasil dan interaksi belajar siswa. Algoritma *Reinforcement Learning* digunakan untuk mengoptimalkan strategi pembelajaran dengan memberi penghargaan atau hukuman atas tindakan tertentu.

- a) Fungsi
Layanan ini membantu siswa untuk memahami kesalahan mereka, memberikan saran untuk perbaikan, dan menyesuaikan pendekatan pengajaran berdasarkan respons dan kinerja siswa. Ini bertujuan untuk

mempercepat proses pembelajaran dan meningkatkan retensi pengetahuan.

b) Teknologi yang Digunakan

Teknologi ini dikembangkan menggunakan *framework* TensorFlow, dan Keras-RL.

5. Sistem Pemantauan dan Penilaian Kinerja

Komponen ini bertanggung jawab untuk memantau dan mengevaluasi kinerja siswa selama proses belajar berlangsung. Sistem ini menggunakan teknik *supervised learning* dan *unsupervised learning* untuk melakukan klasifikasi dan penilaian.

a) Fungsi

Sistem ini memberikan laporan komprehensif mengenai kemajuan siswa, mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan, dan menawarkan saran pengembangan kepada guru dan siswa. Sistem ini juga memungkinkan guru untuk menyesuaikan strategi pembelajaran berdasarkan data yang dihasilkan.

b) Teknologi yang Digunakan

Pengembangan sistem ini menggunakan *tool* seperti Scikit-Learn, XGBoost, dan berbagai layanan analitik di cloud.

6. Antarmuka Pengguna (User Interface/UI)

Antarmuka Pengguna adalah komponen yang memungkinkan interaksi langsung antara pengguna (siswa, guru, dan administrator) dengan sistem. UI ini menyediakan dashboard yang ramah pengguna dan visualisasi data yang interaktif.

a) Fungsi

UI berfungsi untuk menampilkan informasi penting seperti performa siswa, rekomendasi konten, laporan umpan balik, dan data analitik lainnya. UI ini juga memfasilitasi komunikasi antara siswa dan guru serta memberikan akses mudah ke berbagai fitur sistem.

- b) Teknologi yang Digunakan
UI dibangun menggunakan *front-end framework* modern seperti React, Angular, atau Vue.js, serta library visualisasi data seperti D3.js dan Chart.js.

7. API dan Web Services untuk Integrasi Sistem

Komponen ini menyediakan *Application Programming Interfaces* (API) dan layanan web yang memungkinkan integrasi dengan sistem dan platform lain, seperti LMS, SIS dan platform *e-learning* lainnya.

- a) Fungsi
API dan *web services* memastikan bahwa sistem cerdas ini dapat berfungsi secara sinergis dengan sistem lain yang sudah ada di sekolah, memungkinkan pertukaran data dan fungsionalitas dengan lancar.
- b) Teknologi yang Digunakan
Komponen ini memanfaatkan RESTful API, GraphQL, serta alat manajemen API seperti Postman dan Swagger.

8. Komponen Keamanan dan Privasi

Komponen ini bertanggung jawab untuk memastikan bahwa data siswa dan informasi penting lainnya terlindungi dari akses yang tidak sah dan penyalahgunaan.

- a) Fungsi
Komponen ini menerapkan protokol keamanan seperti enkripsi data (SSL/TLS), *Role-Based Access Control* (RBAC), serta pemantauan dan audit keamanan secara berkala untuk menjaga integritas dan privasi data.
- b) Teknologi yang Digunakan
Implementasi keamanan dilakukan menggunakan alat seperti OpenSSL, OAuth 2.0, JWT (JSON Web Tokens), dan platform manajemen identitas seperti Okta atau Auth0.

Setiap komponen dalam arsitektur LENTERAMU dirancang untuk saling berinteraksi dan bekerja secara sinergis guna mencapai tujuan utama sistem—menyediakan pengalaman belajar yang adaptif dan personal bagi setiap siswa.

2.3 Modul-Modul Utama LENTERAMU

LETERAMU dirancang dengan beberapa modul utama yang masing-masing memiliki peran spesifik dalam mendukung pembelajaran yang adaptif dan personal. Setiap modul diimplementasikan menggunakan teknik AI dan *machine learning* untuk mengoptimalkan proses belajar mengajar. Berikut dijelaskan modul-modul utama yang membentuk sistem aplikasi cerdas LENTERAMU beserta fungsionalitas dan algoritma yang digunakan.

1. Modul Analisis Data Siswa

Modul ini bertanggung jawab untuk mengumpulkan dan menganalisis data perilaku belajar siswa. Data yang digunakan dalam modul ini meliputi hasil tes, waktu belajar, pola interaksi dengan materi pembelajaran, tingkat kesulitan materi yang dihadapi, dan jenis umpan balik yang diberikan oleh guru.

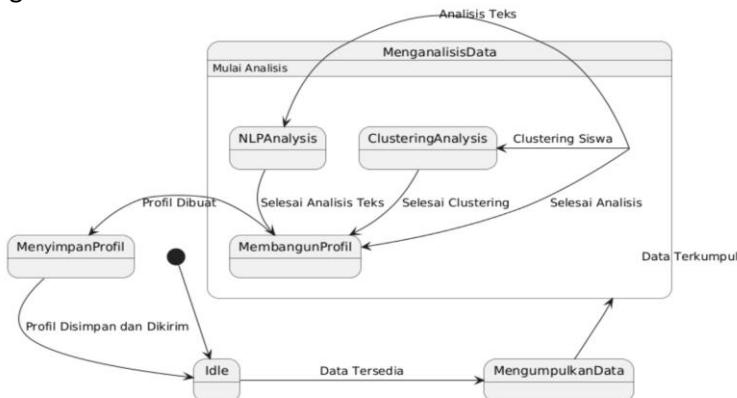
a) Fungsi

Modul ini memproses data yang dikumpulkan untuk membangun profil belajar siswa yang komprehensif, yang mencakup preferensi belajar, kekuatan, dan kelemahan. Profil ini kemudian digunakan oleh modul lain untuk menyediakan rekomendasi dan penyesuaian pembelajaran yang lebih tepat.

b) Algoritma yang Digunakan

Modul ini menggunakan teknik *Natural Language Processing* (NLP) untuk menganalisis data teks (seperti esai siswa dan umpan balik guru), serta algoritma *unsupervised learning* seperti *Clustering* (misalnya, K-Means, DBSCAN) untuk mengelompokkan siswa berdasarkan perilaku belajar dan hasil mereka.

Gambar 2.3.1 menggambarkan menggambarkan alur kerja dari "Modul Analisis Data Siswa" dalam sistem, yang mencakup proses pengumpulan, analisis, dan penyimpanan data yang digunakan untuk membangun profil belajar siswa. Modul ini bertanggung jawab untuk memproses data perilaku belajar siswa, seperti hasil tes, waktu belajar, pola interaksi dengan materi pembelajaran, dan umpan balik dari guru.



Gambar 2.3. 1 Alur Kerja Modul Analisis Data Siswa

Berikut adalah penjelasan rinci dari setiap elemen dalam diagram:

- 1. *Idle* (Status Awal dan Akhir)**

Modul dimulai dalam status *Idle*, di mana modul menunggu data siswa yang tersedia untuk diproses. Setelah semua proses selesai (profil disimpan dan dikirim), modul kembali ke status *Idle*.

- 2. *MengumpulkanData***

Ketika data siswa tersedia, modul beralih ke status *MengumpulkanData*. Pada status ini, sistem mengumpulkan berbagai jenis data yang relevan seperti hasil tes siswa, waktu belajar, pola interaksi, tingkat kesulitan materi, dan umpan balik dari guru.

- 3. *MenganalisisData***

Setelah data terkumpul, modul berpindah ke status *MenganalisisData*. Status ini adalah status kompleks (komposit) yang mencakup dua sub-proses analisis data:

- a) *NLPAnalysis*: Menggunakan *Natural Language Processing* (NLP) untuk menganalisis data teks seperti esai siswa dan umpan balik guru.
- b) *ClusteringAnalysis*: Menggunakan algoritma unsupervised learning seperti K-Means atau DBSCAN untuk mengelompokkan siswa berdasarkan perilaku belajar dan hasil mereka.

Setelah setiap sub-proses selesai (baik *NLPAnalysis* maupun *ClusteringAnalysis*), status beralih kembali ke *MenganalisisData*.

4. *MembangunProfil*

Setelah semua analisis selesai, modul akan berpindah ke status *MembangunProfil*. Pada status ini, sistem menggunakan hasil analisis untuk membangun "Profil Belajar Siswa" yang komprehensif. Profil ini mencakup preferensi belajar, kekuatan, dan kelemahan siswa.

5. *MenyimpanProfil*

Setelah profil belajar siswa dibuat, modul berpindah ke status *MenyimpanProfil*. Profil yang telah dibangun kemudian disimpan dan dikirim ke modul lain yang membutuhkan informasi ini untuk menyediakan rekomendasi dan penyesuaian pembelajaran yang lebih tepat.

6. Transisi

- a) Data Tersedia: Transisi dari *Idle* ke *MengumpulkanData*.
- b) Data Terkumpul: Transisi dari *MengumpulkanData* ke *MenganalisisData*.
- c) Analisis Teks: Transisi dari *MenganalisisData* ke *NLPAnalysis*.
- d) Clustering Siswa: Transisi dari *MenganalisisData* ke *ClusteringAnalysis*.

- e) Selesai Analisis Teks: Transisi dari *NLPAnalysis* kembali ke *MenganalisisData*.
- f) *Selesai Clustering*: Transisi dari *ClusteringAnalysis* kembali ke *MenganalisisData*.
- g) Selesai Analisis: Transisi dari *MenganalisisData* ke *MembangunProfil*.
- h) Profil Dibuat: Transisi dari *MembangunProfil* ke *MenyimpanProfil*.
- i) Profil Disimpan dan Dikirim: Transisi dari *MenyimpanProfil* kembali ke *Idle*.

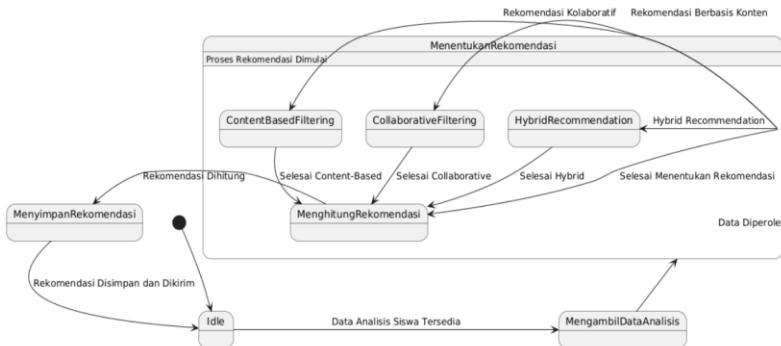
2. Modul Personalisasi Konten

Modul ini bertugas untuk memberikan rekomendasi konten pembelajaran yang disesuaikan dengan kebutuhan dan preferensi masing-masing siswa. Modul ini menggunakan data yang dihasilkan oleh Modul Analisis Data Siswa untuk menentukan jenis konten (seperti video, artikel, latihan soal) yang paling relevan bagi siswa.

- a) Fungsi
Dengan menyediakan konten yang disesuaikan, modul ini membantu meningkatkan keterlibatan dan motivasi siswa dalam proses pembelajaran, serta memastikan bahwa siswa menerima materi yang sesuai dengan kemampuan dan minat mereka.
- b) Algoritma yang Digunakan
Modul ini memanfaatkan algoritma *Content-Based Filtering* dan *Collaborative Filtering*, serta teknik *Hybrid Recommendation* untuk menggabungkan kedua pendekatan tersebut. Algoritma ini termasuk *Alternating Least Squares* (ALS) dan *Singular Value Decomposition* (SVD).

Gambar 2.3.2 menggambarkan alur kerja dari Modul Personalisasi Konten yang bertugas memberikan rekomendasi konten pembelajaran yang disesuaikan dengan kebutuhan dan

preferensi masing-masing siswa. Modul ini menggunakan data yang dihasilkan oleh “Modul Analisis Data Siswa” untuk menentukan jenis konten yang paling relevan bagi siswa (seperti video, artikel, latihan soal). Diagram ini menunjukkan status-status utama dan transisi di antara status-status tersebut dalam siklus hidup modul.



Gambar 2.3. 2 Alur Kerja Modul Personalisasi Konten

Berikut adalah penjelasan rinci dari setiap elemen dalam diagram:

1. *Idle (Status Awal dan Akhir)*
 - a) Modul dimulai dalam status *Idle*, di mana modul menunggu ketersediaan data analisis siswa dari Modul Analisis Data Siswa.
 - b) Setelah seluruh proses selesai (rekomendasi disimpan dan dikirim), modul kembali ke status *Idle*.
2. *MengambilDataAnalisis*
 - a) Ketika data analisis siswa tersedia, modul beralih ke status *MengambilDataAnalisis*.
 - b) Pada status ini, modul mengambil data analisis siswa yang dibutuhkan untuk menentukan rekomendasi konten yang sesuai.
3. *MenentukanRekomendasi*
 - a) Setelah data diperoleh, modul berpindah ke status *MenentukanRekomendasi*.

- b) Status ini adalah status kompleks (komposit) yang mencakup tiga sub-proses penentuan rekomendasi konten:
 - a) *ContentBasedFiltering*: Menentukan rekomendasi berdasarkan konten pembelajaran yang telah diakses sebelumnya oleh siswa. Misalnya, jika seorang siswa menyukai video pembelajaran tertentu, maka sistem akan merekomendasikan video yang serupa.
 - b) *CollaborativeFiltering*: Menentukan rekomendasi berdasarkan preferensi siswa lain yang memiliki pola belajar serupa. Misalnya, jika beberapa siswa dengan preferensi serupa menyukai suatu artikel, maka artikel tersebut dapat direkomendasikan kepada siswa dengan preferensi serupa lainnya.
 - c) *HybridRecommendation*: Menggabungkan hasil dari Content-Based Filtering dan Collaborative Filtering untuk menghasilkan rekomendasi yang lebih akurat dan personal.
- 4. *MenghitungRekomendasi*
 - a) Setelah proses penentuan rekomendasi selesai, modul akan berpindah ke status *MenghitungRekomendasi*.
 - b) Pada status ini, modul menghitung rekomendasi menggunakan algoritma seperti *Alternating Least Squares* (ALS) dan *Singular Value Decomposition* (SVD). Algoritma ini membantu meningkatkan akurasi rekomendasi dengan mengoptimalkan matriks preferensi siswa.
- 5. *MenyimpanRekomendasi*
 - a) Setelah rekomendasi dihitung, modul berpindah ke status *MenyimpanRekomendasi*.
 - b) Pada status ini, rekomendasi yang telah dihitung disimpan dan dikirim ke antarmuka pengguna atau modul lain yang memerlukan rekomendasi tersebut.

6. Transisi

- a) Data Analisis Siswa Tersedia: Transisi dari *Idle* ke *MengambilDataAnalisis* ketika data analisis siswa tersedia.
- b) Data Diperoleh: Transisi dari *MengambilDataAnalisis* ke *MenentukanRekomendasi* setelah data berhasil diperoleh.
- c) Rekomendasi Berbasis Konten: Transisi dari *MenentukanRekomendasi* ke *ContentBasedFiltering* untuk memulai proses rekomendasi berdasarkan konten.
- d) Rekomendasi Kolaboratif: Transisi dari *MenentukanRekomendasi* ke *CollaborativeFiltering* untuk memulai proses rekomendasi berdasarkan kolaborasi.
- e) *Hybrid Recommendation*: Transisi dari *MenentukanRekomendasi* ke *HybridRecommendation* untuk memulai proses rekomendasi dengan pendekatan hybrid.
- f) Selesai Content-Based: Transisi dari *ContentBasedFiltering* ke *MenghitungRekomendasi* setelah proses content-based selesai.
- g) Selesai Collaborative: Transisi dari *CollaborativeFiltering* ke *MenghitungRekomendasi* setelah proses collaborative selesai.
- h) Selesai Hybrid: Transisi dari *HybridRecommendation* ke *MenghitungRekomendasi* setelah proses hybrid selesai.
- i) Selesai Menentukan Rekomendasi: Transisi dari *MenentukanRekomendasi* ke *MenghitungRekomendasi* setelah proses penentuan rekomendasi selesai.
- j) *Rekomendasi Dihitung*: Transisi dari *MenghitungRekomendasi* ke *MenyimpanRekomendasi* setelah rekomendasi dihitung.
- k) Rekomendasi Disimpan dan Dikirim: Transisi dari *MenyimpanRekomendasi* ke *Idle* setelah rekomendasi disimpan dan dikirim.

3. Modul Umpam Balik Adaptif

Modul ini dirancang untuk memberikan umpan balik yang dinamis dan adaptif kepada siswa berdasarkan hasil belajar mereka. Umpam balik ini disesuaikan dengan kinerja siswa, kesalahan yang mereka buat, dan pola belajar yang terdeteksi.

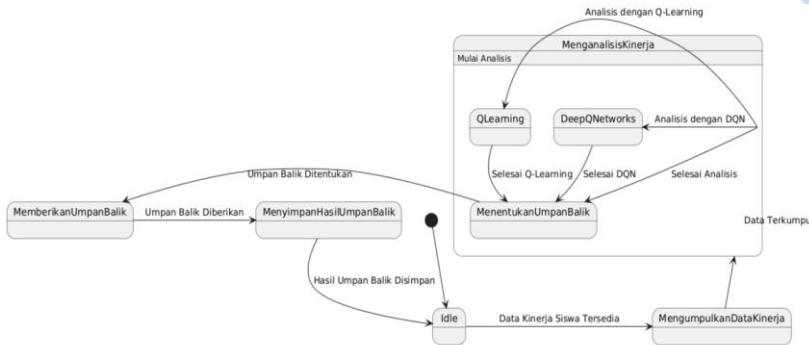
a) Fungsi

Modul ini membantu siswa untuk lebih memahami konsep yang mereka pelajari, memperbaiki kesalahan, dan memberikan petunjuk yang relevan untuk perbaikan lebih lanjut. Ini juga berfungsi untuk memotivasi siswa dengan memberikan penguatan positif ketika mereka mencapai target pembelajaran.

b) Algoritma yang Digunakan

Modul ini menggunakan algoritma *Reinforcement Learning* yaitu *Q-Learning* dan *Deep Q-Networks* (DQN), untuk menyesuaikan umpan balik berdasarkan tindakan dan kinerja siswa dalam berbagai skenario pembelajaran.

Gambar 2.3.3 menggambarkan alur kerja dari “Modul Umpam Balik Adaptif”, yang dirancang untuk memberikan umpan balik yang dinamis dan adaptif kepada siswa berdasarkan hasil belajar mereka. Modul ini menggunakan algoritma Reinforcement Learning untuk menyesuaikan umpan balik dengan kinerja siswa, kesalahan yang mereka buat, dan pola belajar yang terdeteksi. Diagram ini menjelaskan status-status utama dan transisi di antara status-status tersebut dalam proses pemberian umpan balik adaptif.



Gambar 2.3. 3 Alur Kerja Modul Umpan Balik Adaptif

Berikut adalah penjelasan rinci dari setiap elemen dalam diagram:

1. *Idle (Status Awal dan Akhir)*

Modul dimulai dalam status *Idle*, di mana modul menunggu ketersediaan data kinerja siswa untuk diproses. Setelah seluruh proses selesai (hasil umpan balik disimpan), modul kembali ke status *Idle*.

2. *MengumpulkanDataKinerja*

Ketika data kinerja siswa tersedia, modul beralih ke status *MengumpulkanDataKinerja*. Pada status ini, modul mengumpulkan data kinerja siswa yang relevan, seperti kesalahan yang mereka buat dan pola belajar yang terdeteksi.

3. *MenganalisisKinerja*

Setelah data kinerja siswa terkumpul, modul beralih ke status *MenganalisisKinerja*. Status ini adalah status kompleks (komposit) yang mencakup dua sub-proses analisis kinerja siswa menggunakan algoritma *Reinforcement Learning*:

1) *QLearning*

Algoritma Q-Learning digunakan untuk menentukan umpan balik yang tepat berdasarkan tindakan siswa sebelumnya. Algoritma ini membantu mempelajari

nilai tindakan (umpan balik) yang optimal melalui evaluasi kinerja siswa.

2) DeepQNetworks (DQN)

Algoritma *Deep Q-Networks* digunakan untuk mengaproksimasi nilai tindakan dalam skenario pembelajaran yang lebih kompleks menggunakan jaringan saraf (neural network). Teknik ini memungkinkan sistem untuk memberikan umpan balik yang lebih akurat dalam situasi yang lebih dinamis.

Setelah setiap sub-proses selesai (baik Q-Learning maupun DQN), status beralih kembali ke *MenentukanUmpablik*.

4. *MenentukanUmpablik*

Setelah analisis selesai, modul akan berpindah ke status *MenentukanUmpablik*. Pada status ini, sistem menentukan umpan balik yang adaptif dan relevan berdasarkan hasil analisis kinerja siswa, kesalahan yang mereka buat, dan pola belajar yang terdeteksi.

5. *MemberikanUmpablik*

Setelah umpan balik adaptif ditentukan, modul beralih ke status *MemberikanUmpablik*. Pada status ini, sistem mengirimkan umpan balik yang relevan ke antarmuka siswa untuk membantu mereka memahami konsep, memperbaiki kesalahan, dan memberikan motivasi melalui penguatan positif.

6. *MenyimpanHasilUmpablik*

Setelah umpan balik diberikan kepada siswa, modul berpindah ke status *MenyimpanHasilUmpablik*. Pada status ini, hasil umpan balik yang telah diberikan disimpan untuk keperluan evaluasi lebih lanjut atau sebagai data referensi untuk proses pembelajaran di masa depan.

7. Transisi

- a) Data Kinerja Siswa Tersedia: Transisi dari *Idle* ke *MengumpulkanDataKinerja* ketika data kinerja siswa tersedia.
- b) Data Terkumpul: Transisi dari *MengumpulkanDataKinerja* ke *MenganalisisKinerja* setelah data kinerja siswa terkumpul.
- c) Analisis dengan Q-Learning: Transisi dari *MenganalisisKinerja* ke *QLearning* untuk memulai analisis menggunakan algoritma Q-Learning.
- d) Analisis dengan DQN: Transisi dari *MenganalisisKinerja* ke *DeepQNetworks* untuk memulai analisis menggunakan algoritma DQN.
- e) Selesai Q-Learning: Transisi dari *QLearning* ke *MenentukanUmpanBalik* setelah proses analisis dengan Q-Learning selesai.
- f) Selesai DQN: Transisi dari *DeepQNetworks* ke *MenentukanUmpanBalik* setelah proses analisis dengan DQN selesai.
- g) Selesai Analisis: Transisi dari *MenganalisisKinerja* ke *MenentukanUmpanBalik* setelah seluruh analisis selesai.
- h) Umpan Balik Ditentukan: Transisi dari *MenentukanUmpanBalik* ke *MemberikanUmpanBalik* setelah umpan balik adaptif ditentukan.
- i) Umpan Balik Diberikan: Transisi dari *MemberikanUmpanBalik* ke *MenyimpanHasilUmpanBalik* setelah umpan balik diberikan kepada siswa.
- j) Hasil Umpan Balik Disimpan: Transisi dari *MenyimpanHasilUmpanBalik* kembali ke *Idle* setelah hasil umpan balik disimpan.

4. Modul Pemantauan dan Penilaian Kinerja

Modul ini berfungsi untuk memantau kemajuan belajar siswa dan memberikan penilaian yang komprehensif mengenai kinerja mereka. Sistem ini memungkinkan guru dan administrator untuk melihat laporan kinerja siswa secara individual maupun kelompok.

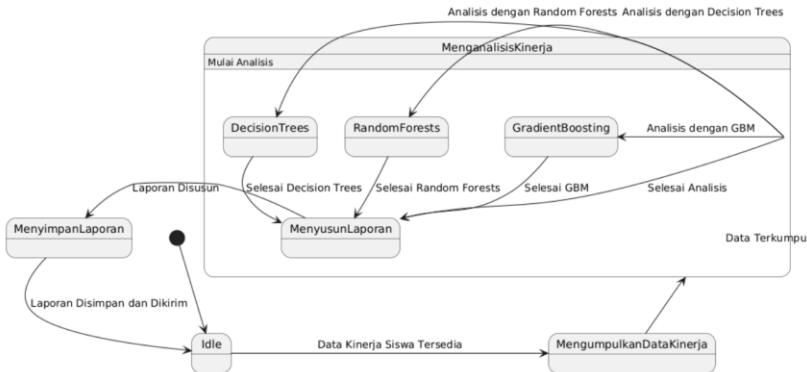
a) Fungsi

Modul ini membantu dalam mengidentifikasi area kekuatan dan kelemahan siswa, memungkinkan intervensi yang lebih tepat waktu, dan mendukung pembuatan keputusan yang lebih baik oleh guru dalam menyesuaikan strategi pembelajaran mereka.

b) Algoritma yang Digunakan

Modul ini menerapkan teknik *supervised learning* diantaranya *Decision Trees*, *Random Forests*, dan *Gradient Boosting Machines* (GBM) untuk mengklasifikasikan siswa berdasarkan performa dan memberikan saran pengembangan yang relevan.

Gambar 2.3.4 menggambarkan alur kerja dari “Modul Pemantauan dan Penilaian Kinerja”, yang bertujuan untuk memantau kemajuan belajar siswa dan memberikan penilaian komprehensif mengenai kinerja mereka. Modul ini menggunakan teknik *supervised learning* untuk mengklasifikasikan siswa berdasarkan performa dan memberikan saran pengembangan yang relevan. Diagram ini menunjukkan status utama dalam siklus kerja modul, serta transisi di antara status-status tersebut.



Gambar 2.3. 4 Alur Kerja Modul Pemantauan dan Penilaian Kerja

Berikut adalah penjelasan rinci dari setiap elemen dalam diagram:

1. *Idle (Status Awal dan Akhir)*

Modul dimulai dalam status *Idle*, di mana modul menunggu ketersediaan data kinerja siswa untuk diproses. Setelah seluruh proses selesai (laporan disimpan dan dikirim), modul kembali ke status *Idle*.

2. *MengumpulkanDataKinerja*

Ketika data kinerja siswa tersedia, modul beralih ke status *MengumpulkanDataKinerja*. Pada status ini, modul mengumpulkan data kinerja siswa yang relevan, termasuk hasil tes, partisipasi, kecepatan belajar, dan aspek lainnya yang dapat diukur untuk evaluasi.

3. *MenganalisisKinerja*

Setelah data terkumpul, modul beralih ke status *MenganalisisKinerja*. Status ini adalah status kompleks (komposit) yang mencakup tiga sub-proses analisis kinerja siswa menggunakan teknik supervised learning:

- Decision Trees*: Algoritma ini digunakan untuk membuat model keputusan berdasarkan fitur kinerja siswa. Modul menggunakan Decision Trees untuk mengklasifikasikan siswa ke dalam kelompok yang

berbeda (misalnya, "berkinerja baik", "memerlukan perbaikan", dll.).

- b) *Random Forests*: Teknik Random Forests digunakan untuk memperbaiki hasil klasifikasi dengan menggabungkan prediksi dari beberapa pohon keputusan. Ini membantu meningkatkan akurasi model dengan mengurangi overfitting.
 - c) *Gradient Boosting Machines (GBM)*: Algoritma GBM digunakan untuk memperbaiki hasil klasifikasi lebih lanjut dengan memperkuat kesalahan pada iterasi sebelumnya. Teknik ini membantu menghasilkan prediksi yang lebih presisi mengenai kinerja siswa. Setelah setiap sub-proses selesai (baik Decision Trees, Random Forests, maupun GBM), status beralih kembali ke *MenyusunLaporan*.
4. *MenyusunLaporan*
Setelah analisis selesai, modul akan berpindah ke status *MenyusunLaporan*. Pada status ini, sistem menyusun laporan kinerja siswa yang komprehensif, yang dapat mencakup hasil analisis individual maupun kelompok. Laporan ini digunakan oleh guru dan administrator untuk memahami kekuatan dan kelemahan siswa serta untuk membuat keputusan strategis terkait pembelajaran.
5. *MenyimpanLaporan*
Setelah laporan disusun, modul berpindah ke status *MenyimpanLaporan*. Pada status ini, laporan yang telah disusun disimpan dan dikirim ke sistem atau antarmuka pengguna yang sesuai, seperti dashboard guru atau administrator.
6. Transisi
- a) *Data Kinerja Siswa Tersedia*: Transisi dari *Idle* ke *MengumpulkanDataKinerja* ketika data kinerja siswa tersedia.

- b) *Data Terkumpul*: Transisi dari *MengumpulkanDataKinerja* ke *MenganalisisKinerja* setelah data kinerja siswa terkumpul.
- c) *Analisis dengan Decision Trees*: Transisi dari *MenganalisisKinerja* ke *DecisionTrees* untuk memulai analisis menggunakan Decision Trees.
- d) *Analisis dengan Random Forests*: Transisi dari *MenganalisisKinerja* ke *RandomForests* untuk memulai analisis menggunakan Random Forests.
- e) *Analisis dengan GBM*: Transisi dari *MenganalisisKinerja* ke *GradientBoosting* untuk memulai analisis menggunakan GBM.
- f) *Selesai Decision Trees*: Transisi dari *DecisionTrees* ke *MenyusunLaporan* setelah proses analisis dengan Decision Trees selesai.
- g) *Selesai Random Forests*: Transisi dari *RandomForests* ke *MenyusunLaporan* setelah proses analisis dengan Random Forests selesai.
- h) *Selesai GBM*: Transisi dari *GradientBoosting* ke *MenyusunLaporan* setelah proses analisis dengan GBM selesai.
- i) *Selesai Analisis*: Transisi dari *MenganalisisKinerja* ke *MenyusunLaporan* setelah seluruh analisis selesai.
- j) *Laporan Disusun*: Transisi dari *MenyusunLaporan* ke *MenyimpanLaporan* setelah laporan disusun.
- k) *Laporan Disimpan dan Dikirim*: Transisi dari *MenyimpanLaporan* kembali ke *Idle* setelah laporan disimpan dan dikirim.

5. Modul Pembuatan Laporan dan Analisis Visual

Modul ini menyediakan laporan yang mudah dipahami dan visualisasi data yang interaktif untuk guru, siswa, dan administrator. Laporan ini mencakup analisis performa siswa,

rekomendasi pengajaran, dan wawasan yang dihasilkan oleh sistem.

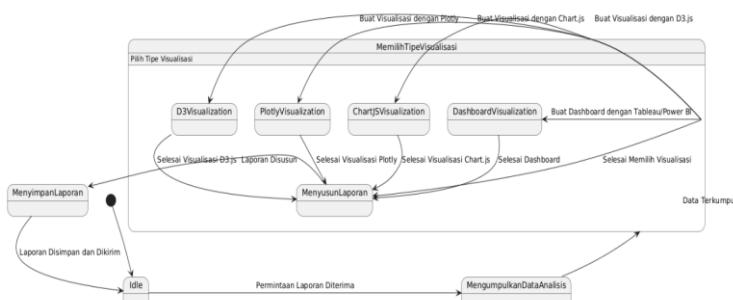
a) Fungsi

Modul ini membantu dalam mengkomunikasikan hasil analisis data dengan cara yang lebih intuitif dan mudah dipahami. Visualisasi data mendukung pengambilan keputusan berdasarkan informasi dan pemahaman mendalam terhadap proses belajar mengajar.

b) Teknologi yang Digunakan

Modul ini menggunakan *library* visualisasi data seperti D3.js, Plotly, dan Chart.js, serta alat pengembangan dashboard seperti Tableau dan Power BI.

Gambar 2.3.5 menggambarkan alur kerja dari “Modul Pembuatan Laporan dan Analisis Visual”, yang dirancang untuk menyediakan laporan yang mudah dipahami dan visualisasi data yang interaktif bagi guru, siswa, dan administrator. Modul ini menggunakan berbagai teknologi visualisasi untuk menampilkan data performa siswa, rekomendasi pengajaran, dan wawasan yang dihasilkan oleh sistem dalam bentuk yang lebih intuitif dan informatif. Diagram ini menunjukkan status utama dalam siklus kerja modul, serta transisi di antara status-status tersebut.



Gambar 2.3. 5 Alur Kerja Modul Analisis Data Siswa

Berikut adalah penjelasan rinci dari setiap elemen dalam diagram siklus kerja modul, serta transisi di antara status-status tersebut.

1. *Idle (Status Awal dan Akhir)*

Modul dimulai dalam status *Idle*, di mana modul menunggu permintaan laporan dari pengguna (guru, siswa, atau administrator). Setelah seluruh proses selesai (laporan disimpan dan dikirim), modul kembali ke status *Idle*.

2. *MengumpulkanDataAnalisis*

Ketika permintaan laporan diterima, modul beralih ke status *MengumpulkanDataAnalisis*. Pada status ini, modul mengumpulkan data yang diperlukan untuk membuat laporan, seperti data performa siswa, rekomendasi pengajaran, dan wawasan lainnya yang relevan.

3. *MemilihTipeVisualisasi*

Setelah data terkumpul, modul berpindah ke status *MemilihTipeVisualisasi*. Pada status ini, pengguna dapat memilih tipe visualisasi yang ingin mereka gunakan untuk menyajikan data analisis. Tipe visualisasi dapat berupa grafik, peta, atau tabel interaktif.

4. *Membuat Visualisasi*

Status ini adalah status kompleks (komposit) yang mencakup beberapa sub-proses pembuatan visualisasi menggunakan berbagai teknologi:

a) *D3Visualization*: Membuat visualisasi data yang kompleks dan kustom menggunakan D3.js. Teknologi ini memungkinkan pembuatan visualisasi yang sangat interaktif dan dapat disesuaikan dengan kebutuhan pengguna.

b) *PlotlyVisualization*: Membuat grafik interaktif menggunakan Plotly. Teknologi ini memudahkan pembuatan visualisasi yang interaktif dan kaya fitur untuk berbagai jenis data.

- c) *ChartJSVisualization*: Menggunakan Chart.js untuk membuat grafik sederhana dan cepat. Teknologi ini ideal untuk kebutuhan visualisasi yang lebih ringan.
- d) *DashboardVisualization*: Membuat dashboard yang interaktif dan komprehensif menggunakan alat seperti Tableau atau Power BI. Dashboard ini memungkinkan pengguna untuk berinteraksi dengan data dalam berbagai bentuk visualisasi sekaligus.

Setelah setiap sub-proses selesai (baik D3.js, Plotly, Chart.js, maupun Tableau/Power BI), status beralih ke *MenyusunLaporan*.

5. *MenyusunLaporan*

Setelah visualisasi dibuat, modul akan berpindah ke status *MenyusunLaporan*. Pada status ini, sistem menyusun visualisasi dan analisis data ke dalam satu laporan yang lengkap dan mudah dipahami. Laporan ini akan memberikan wawasan mendalam dan rekomendasi berdasarkan analisis data yang telah dilakukan.

6. *MenyimpanLaporan*

Setelah laporan disusun, modul berpindah ke status *MenyimpanLaporan*. Pada status ini, laporan yang telah disusun disimpan dan dikirim ke antarmuka pengguna yang sesuai, seperti dashboard guru, siswa, atau administrator, untuk dilihat dan digunakan lebih lanjut.

7. Transisi

- a) *Permintaan Laporan Diterima*: Transisi dari *Idle* ke *MengumpulkanDataAnalisis* ketika permintaan laporan diterima.
- b) *Data Terkumpul*: Transisi dari *MengumpulkanDataAnalisis* ke *MemilihTipeVisualisasi* setelah data yang dibutuhkan untuk membuat laporan terkumpul.

- c) *Buat Visualisasi dengan D3.js:* Transisi dari *MemilihTipeVisualisasi* ke *D3Visualization* untuk memulai proses pembuatan visualisasi menggunakan D3.js.
- d) *Buat Visualisasi dengan Plotly:* Transisi dari *MemilihTipeVisualisasi* ke *PlotlyVisualization* untuk memulai proses pembuatan visualisasi menggunakan Plotly.
- e) *Buat Visualisasi dengan Chart.js:* Transisi dari *MemilihTipeVisualisasi* ke *ChartJSVisualization* untuk memulai proses pembuatan visualisasi menggunakan Chart.js.
- f) *Buat Dashboard dengan Tableau/Power BI:* Transisi dari *MemilihTipeVisualisasi* ke *DashboardVisualization* untuk memulai pembuatan dashboard menggunakan Tableau atau Power BI.
- g) *Selesai Visualisasi D3.js:* Transisi dari *D3Visualization* ke *MenyusunLaporan* setelah proses visualisasi menggunakan D3.js selesai.
- h) *Selesai Visualisasi Plotly:* Transisi dari *PlotlyVisualization* ke *MenyusunLaporan* setelah proses visualisasi menggunakan Plotly selesai.
- i) *Selesai Visualisasi Chart.js:* Transisi dari *ChartJSVisualization* ke *MenyusunLaporan* setelah proses visualisasi menggunakan Chart.js selesai.
- j) *Selesai Dashboard:* Transisi dari *DashboardVisualization* ke *MenyusunLaporan* setelah pembuatan dashboard selesai.
- k) *Selesai Memilih Visualisasi:* Transisi dari *MemilihTipeVisualisasi* ke *MenyusunLaporan* setelah seluruh proses pembuatan visualisasi selesai.
- l) *Laporan Disusun:* Transisi dari *MenyusunLaporan* ke *MenyimpanLaporan* setelah laporan disusun.

- m) *Laporan Disimpan dan Dikirim*: Transisi dari *MenyimpanLaporan* kembali ke *Idle* setelah laporan disimpan dan dikirim.

6. Modul Integrasi dan Pengelolaan Data

Modul ini memastikan bahwa sistem cerdas dapat terintegrasi dengan berbagai platform dan sistem pembelajaran lain yang sudah ada (LMS, SIS). Modul ini juga mengelola pertukaran data antar sistem dan menjaga konsistensi data.

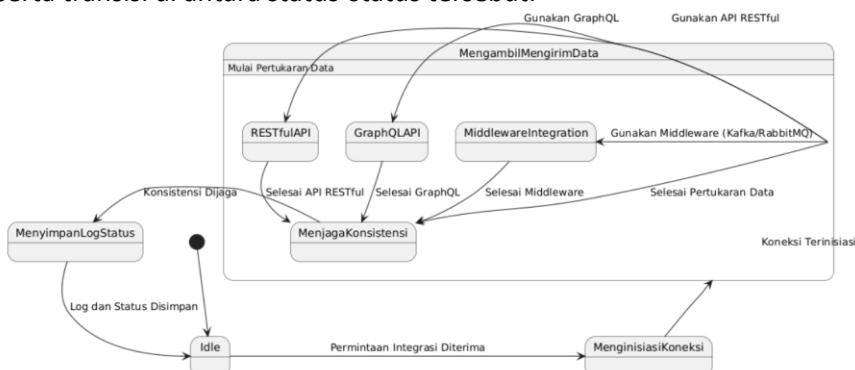
a) Fungsi

Dengan menyediakan mekanisme integrasi yang kuat, modul ini memastikan bahwa semua data yang diperlukan untuk personalisasi pembelajaran tersedia secara *real-time* dan dapat diakses dengan mudah oleh komponen lain dalam sistem.

b) Teknologi yang Digunakan

Modul ini menggunakan API RESTful, GraphQL, dan alat *middleware* seperti Apache Kafka atau RabbitMQ untuk manajemen dan pertukaran data antar sistem.

Gambar 2.3.6 menunjukkan status utama dalam siklus kerja modul, serta transisi di antara status-status tersebut.



Gambar 2.3. 6 Alur Kerja Modul Integrasi dan Pengelolaan Data

Berikut adalah penjelasan rinci dari setiap elemen dalam diagram: antara status-status tersebut.

1. *Idle (Status Awal dan Akhir)*

Modul dimulai dalam status *Idle*, di mana modul menunggu permintaan integrasi untuk memulai proses pertukaran dan pengelolaan data. Setelah seluruh proses selesai (log dan status disimpan), modul kembali ke status *Idle*.

2. *MenginisiasiKoneksi*

Ketika permintaan integrasi diterima, modul beralih ke status *MenginisiasiKoneksi*. Pada status ini, modul memulai proses membuka koneksi dengan berbagai sistem pembelajaran lainnya (LMS, SIS). Koneksi ini penting untuk memastikan bahwa pertukaran data dapat dilakukan dengan aman dan efisien.

3. *MengambilMengirimData*

Setelah koneksi terinisiasi, modul berpindah ke status *MengambilMengirimData*. Status ini adalah status kompleks (komposit) yang mencakup beberapa sub-proses untuk pertukaran data menggunakan berbagai teknologi:

a) *RESTfulAPI*: Menggunakan API RESTful untuk komunikasi dan pertukaran data yang cepat dan mudah diimplementasikan. Ini adalah metode yang sangat umum untuk mengintegrasikan aplikasi web dan layanan.

b) *GraphQLAPI*: Menggunakan GraphQL untuk query data yang lebih efisien dan fleksibel. Teknologi ini memungkinkan klien untuk meminta data spesifik yang mereka butuhkan, mengurangi overhead data yang tidak diperlukan.

c) *MiddlewareIntegration*: Menggunakan middleware seperti Apache Kafka atau RabbitMQ untuk manajemen data secara real-time dan mengatur alur data antara sistem yang berbeda. Middleware ini

memungkinkan komunikasi asinkron antar sistem, yang sangat penting untuk sistem yang membutuhkan skalabilitas tinggi.

Setelah setiap sub-proses selesai (baik RESTful API, GraphQL, atau Middleware), status beralih ke *MenjagaKonsistensi*.

4. *MenjagaKonsistensi*

Setelah proses pertukaran data selesai, modul akan berpindah ke status *MenjagaKonsistensi*. Pada status ini, modul memastikan bahwa data yang diterima dan dikirim tetap konsisten di seluruh sistem. Konsistensi data sangat penting untuk memastikan integritas data dan akurasi analisis yang dilakukan oleh sistem lain.

5. *MenyimpanLogStatus*

Setelah konsistensi data terjaga, modul berpindah ke status *MenyimpanLogStatus*. Pada status ini, log proses dan status integrasi disimpan untuk keperluan audit, pemantauan, dan troubleshooting di masa depan.

6. Transisi

- a) *Permintaan Integrasi Diterima*: Transisi dari *Idle* ke *MenginisiasiKoneksi* ketika ada permintaan integrasi.
- b) *Koneksi Terinisiasi*: Transisi dari *MenginisiasiKoneksi* ke *MengambilMengirimData* setelah koneksi dengan sistem lain berhasil dibuat.
- c) *Gunakan API RESTful*: Transisi dari *MengambilMengirimData* ke *RESTfulAPI* untuk memulai proses pertukaran data menggunakan API RESTful.
- d) *Gunakan GraphQL*: Transisi dari *MengambilMengirimData* ke *GraphQLAPI* untuk memulai proses pertukaran data menggunakan GraphQL.
- e) *Gunakan Middleware (Kafka/RabbitMQ)*: Transisi dari *MengambilMengirimData* ke

MiddlewareIntegration untuk memulai pertukaran data menggunakan middleware seperti Kafka atau RabbitMQ.

- f) *Selesai API RESTful*: Transisi dari *RESTfulAPI* ke *MenjagaKonsistensi* setelah proses pertukaran data menggunakan API RESTful selesai.
- g) *Selesai GraphQL*: Transisi dari *GraphQLAPI* ke *MenjagaKonsistensi* setelah proses pertukaran data menggunakan GraphQL selesai.
- h) *Selesai Middleware*: Transisi dari *MiddlewareIntegration* ke *MenjagaKonsistensi* setelah proses pertukaran data menggunakan middleware selesai.
- i) *Selesai Pertukaran Data*: Transisi dari *MengambilMengirimData* ke *MenjagaKonsistensi* setelah seluruh proses pertukaran data selesai.
- j) *Konsistensi Dijaga*: Transisi dari *MenjagaKonsistensi* ke *MenyimpanLogStatus* setelah konsistensi data terjaga.
- k) *Log dan Status Disimpan*: Transisi dari *MenyimpanLogStatus* kembali ke *Idle* setelah log dan status disimpan.

Modul-modul ini bekerja secara terintegrasi untuk memberikan dukungan komprehensif kepada siswa, guru, dan administrator dalam mencapai hasil pembelajaran yang optimal. Dengan memanfaatkan teknologi AI dan analitik data, modul-modul ini tidak hanya mendukung pembelajaran yang lebih efektif tetapi juga memberikan wawasan yang lebih mendalam bagi semua pemangku kepentingan dalam lingkungan pendidikan.

2.4 Interaksi Antar Komponen

Interaksi antar komponen dalam LENTERAMU memainkan peran penting dalam memastikan bahwa berbagai modul dan komponen bekerja secara harmonis untuk menyediakan pengalaman belajar

yang personal dan adaptif. Setiap komponen dalam arsitektur aplikasi cerdas ini dirancang untuk saling berkomunikasi dan bertukar data secara efektif, sehingga memungkinkan pemrosesan informasi yang efisien dan penyediaan layanan yang akurat. Selanjutnya, akan dijelaskan bagaimana komponen-komponen utama dalam sistem berinteraksi satu sama lain, termasuk mekanisme aliran data, dependensi antar modul, dan teknologi yang digunakan untuk integrasi.

1. Interaksi antara Modul Analisis Data Siswa dan Data Warehouse

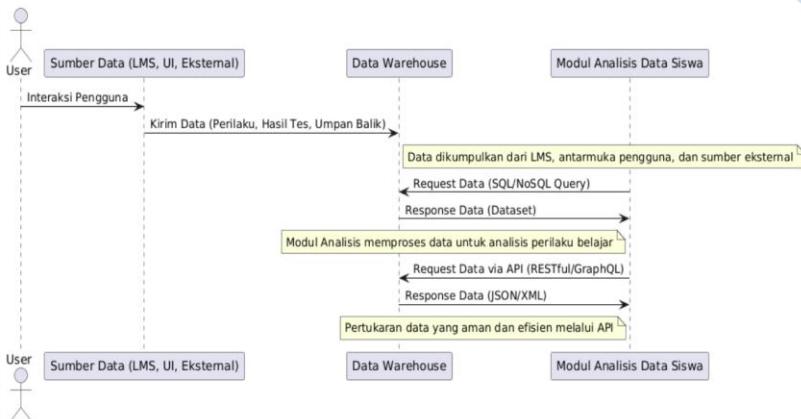
“Modul Analisis Data Siswa” bergantung pada *Data Warehouse* untuk mendapatkan data historis dan *real-time* terkait perilaku belajar siswa, hasil tes, pola interaksi, dan umpan balik guru.

a) Aliran Data

Data Warehouse mengumpulkan data dari berbagai sumber, seperti antarmuka pengguna, sistem LMS, dan sumber eksternal lainnya. “Modul Analisis Data Siswa” kemudian mengambil data ini secara berkala melalui *query* database yang dioptimalkan atau API yang disediakan oleh *Data Warehouse*.

b) Mekanisme Komunikasi

Interaksi ini diimplementasikan melalui *query* SQL atau NoSQL yang dijalankan pada *Data Warehouse*, serta API RESTful atau GraphQL untuk pertukaran data yang efisien dan aman.



Gambar 2.4. 1 Alur Interaksi antara Modul Analisis Data Siswa dan Data Warehouse

2. Interaksi antara Modul Personalisasi Konten dan Modul Analisis Data Siswa

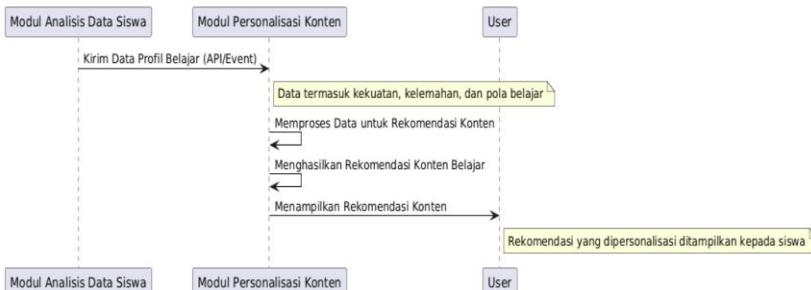
“Modul Personalisasi Konten” bergantung pada hasil analisis dari “Modul Analisis Data Siswa” untuk merekomendasikan konten pembelajaran yang sesuai dengan preferensi dan kebutuhan siswa.

a) Aliran Data

Data tentang profil belajar siswa, kekuatan, kelemahan, dan pola belajar yang diidentifikasi oleh “Modul Analisis Data Siswa” dikirimkan ke “Modul Personalisasi Konten”. Berdasarkan data ini, modul ini menghasilkan rekomendasi konten belajar yang relevan.

b) Mekanisme Komunikasi

Penggunaan API atau *event-driven* messaging untuk mengirimkan data hasil analisis ke “Modul Personalisasi Konten”. *Event-driven architecture* seperti Apache Kafka atau RabbitMQ digunakan untuk memastikan bahwa data dikirim dan diproses secara *real-time*.



Gambar 2.4. 2 Alur Interaksi antara Modul Personalisasi Konten dan Modul Analisis Data Siswa

3. Interaksi antara Modul Umpan Balik Adaptif dan Sistem Pemantauan Kinerja

“Modul Umpan Balik Adaptif” membutuhkan data *real-time* dari *Sistem Pemantauan dan Penilaian Kinerja* untuk menyesuaikan umpan balik berdasarkan performa siswa yang terkini.

a) Aliran Data

Sistem Pemantauan dan Penilaian Kinerja mengumpulkan data dari hasil belajar siswa, seperti skor tes dan respon terhadap tugas, dan menyediakan data ini ke “Modul Umpan Balik Adaptif”. Berdasarkan informasi ini, “Modul Umpan Balik Adaptif” memberikan umpan balik yang relevan dan strategi belajar yang sesuai.

b) Mekanisme Komunikasi

Integrasi dilakukan melalui API RESTful untuk mendapatkan data performa siswa dan mengirimkan hasil umpan balik, atau menggunakan webhook untuk memicu umpan balik adaptif segera setelah data performa diperbarui.



Gambar 2.4. 3 Alur Interaksi antara Modul Umpan Balik Adaptif dan Sistem Pemantauan Kinerja

Webhook adalah mekanisme yang memungkinkan satu aplikasi mengirimkan data secara otomatis ke aplikasi lain ketika suatu peristiwa atau event tertentu terjadi. Webhook berfungsi dengan cara mengirimkan HTTP request (biasanya dalam format JSON atau XML) ke URL yang telah ditentukan ketika event tersebut terjadi. Berbeda dengan API tradisional, di mana aplikasi harus terus-menerus meminta (polling) data dari server.

4. Interaksi antara Modul Integrasi dan Pengelolaan Data dengan Sistem Eksternal

“Modul Integrasi dan Pengelolaan Data” mengelola pertukaran data antara sistem cerdas LENTERAMU dengan sistem eksternal, seperti LMS dan SIS, serta platform *e-learning* lainnya.

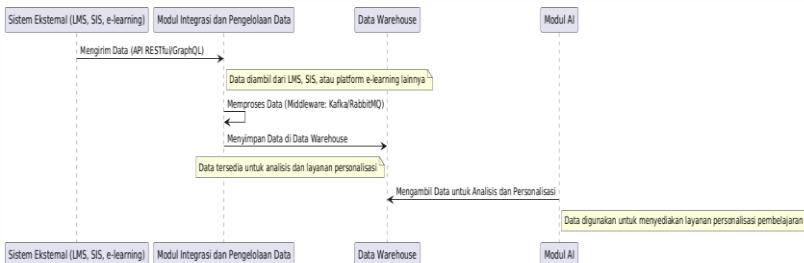
a) Aliran Data

Data dari sistem eksternal diambil, diproses, dan disimpan di *Data Warehouse*. Data ini kemudian digunakan oleh berbagai modul AI untuk menyediakan layanan personalisasi pembelajaran.

b) Mekanisme Komunikasi

Penggunaan API RESTful, GraphQL, dan *middleware* Apache Kafka atau RabbitMQ untuk pertukaran data antar sistem. Penggunaan *API management platform* seperti Postman

dan Swagger juga digunakan untuk membantu dalam dokumentasi dan pengujian integrasi.



Gambar 2.4. 4 Alur Interaksi antara Modul Integrasi dan Pengelolaan Data dengan Sistem Eksternal

5. Interaksi antara Antarmuka Pengguna dan Layanan AI serta Modul Pembuatan Laporan

Antarmuka Pengguna (UI) berinteraksi dengan berbagai *layanan AI (modul AI dan analitik)* dan “Modul Pembuatan Laporan” untuk menampilkan informasi yang relevan dan visualisasi data yang interaktif bagi siswa, guru, dan administrator.

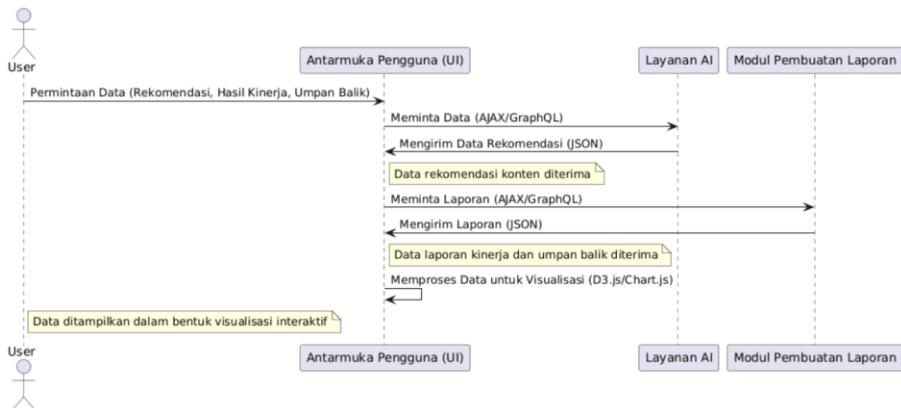
a) Aliran Data

UI menerima data yang dihasilkan oleh “Modul Pembuatan Laporan” dan *modul AI dan analitik* melalui API. Data ini mencakup rekomendasi konten, hasil pemantauan dan penilaian kinerja, dan umpan balik adaptif.

b) Mekanisme Komunikasi

Front-end aplikasi menggunakan AJAX atau GraphQL untuk mendapatkan data dari server secara *asynchronous*, sehingga memastikan pengalaman pengguna yang responsif. *Library* visualisasi data

seperti D3.js atau Chart.js digunakan untuk menampilkan data secara dinamis.



Gambar 2.4. 5 Alur Interaksi antara Antarmuka Pengguna dan Layanan AI serta Modul Pembuatan Laporan

6. Interaksi antara Komponen Keamanan dan Privasi dengan Semua Modul Lainnya

Komponen Keamanan dan Privasi berinteraksi dengan semua modul dalam sistem untuk memastikan bahwa data yang dikirim dan diterima aman dan sesuai dengan regulasi perlindungan data.

a) Aliran Data

Semua data yang ditransfer antar modul dienkripsi, dan autentikasi serta otorisasi dilakukan untuk mengontrol akses.

b) Mekanisme Komunikasi

Penggunaan protokol keamanan seperti HTTPS, enkripsi data dengan SSL/TLS, dan implementasi RBAC. Sistem juga memanfaatkan OAuth 2.0 atau JWT (JSON Web Tokens) untuk manajemen sesi dan autentikasi.



Gambar 2.4. 6 Alur Interaksi antara Komponen Keamanan dan Privasi dengan Semua Modul Lainnya

7. Interaksi antara Modul Pembuatan Laporan dan Sistem Pemantauan dan Penilaian Kinerja

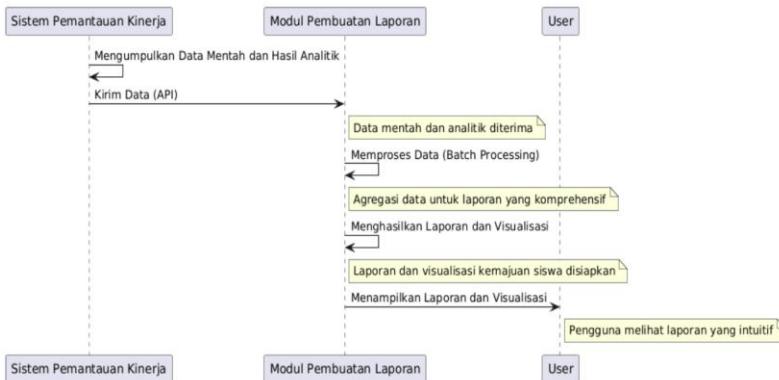
“Modul Pembuatan Laporan” mengumpulkan data dari *Sistem Pemantauan dan Penilaian Kinerja* untuk menghasilkan laporan dan visualisasi yang intuitif tentang kemajuan siswa dan efektivitas pembelajaran.

a) Aliran Data

Sistem Pemantauan dan Penilaian Kinerja menyediakan data mentah dan hasil analitik yang kemudian diproses oleh “Modul Pembuatan Laporan” untuk menghasilkan laporan yang informatif.

b) Mekanisme Komunikasi

Penggunaan API dan *batch processing* untuk mengirimkan data secara berkala dan melakukan agregasi data untuk laporan yang lebih komprehensif.



Gambar 2.4. 7 Alur Interaksi antara Modul Pembuatan Laporan dan Sistem Pemantauan dan Penilaian Kinerja

Dengan menggunakan kombinasi API, *event-driven messaging*, protokol keamanan, dan metode komunikasi lainnya, interaksi antar komponen dalam arsitektur ini dirancang untuk memastikan bahwa sistem dapat bekerja secara sinergis dan efisien.

2.5 Diagram Arsitektur Sistem Cerdas

Untuk memberikan pemahaman yang lebih jelas tentang struktur dan aliran data dalam gambaran desain LENTERAMU, diagram arsitektur sistem cerdas ini menggambarkan detail hubungan antara berbagai komponen dan modul dalam sistem, serta bagaimana data mengalir dari satu komponen ke komponen lainnya. Diagram ini dirancang untuk memvisualisasikan interaksi antarmodul, aliran informasi, dan dependensi antar komponen untuk menciptakan sistem pembelajaran yang adaptif dan personal.

Diagram arsitektur sistem cerdas ini terdiri dari beberapa lapisan dan komponen utama yang diorganisir untuk menciptakan aliran data yang efisien dan proses pembelajaran yang dinamis. Berikut adalah deskripsi elemen-elemen kunci yang ditampilkan dalam diagram:

1. Lapisan Pengumpulan Data (Data Collection Layer)

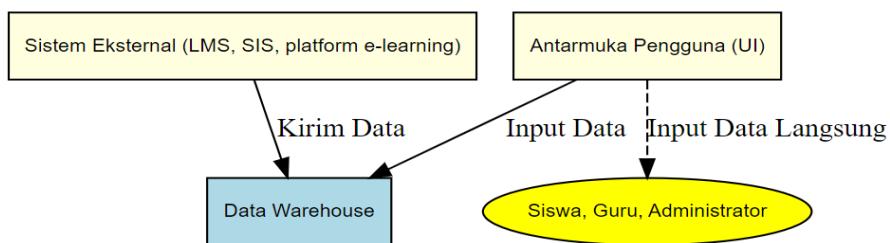
a) Komponen

- 1) Data Warehouse
- 2) Sistem Eksternal (LMS, SIS, platform e-learning)
- 3) Antarmuka Pengguna

b) Aliran Data

Data dari sistem eksternal dan antarmuka pengguna dikumpulkan dan disimpan di *Data Warehouse*. *Antarmuka Pengguna* juga memungkinkan input data langsung dari siswa, guru, dan administrator.

Garis panah menggambarkan aliran data dari *antarmuka pengguna* dan sistem eksternal ke *Data Warehouse*.



Gambar 2.5. 1 Arsitektur Lapisan Pengumpulan Data

2. Lapisan Pemrosesan dan Analisis (Processing and Analytics Layer)

a) Komponen:

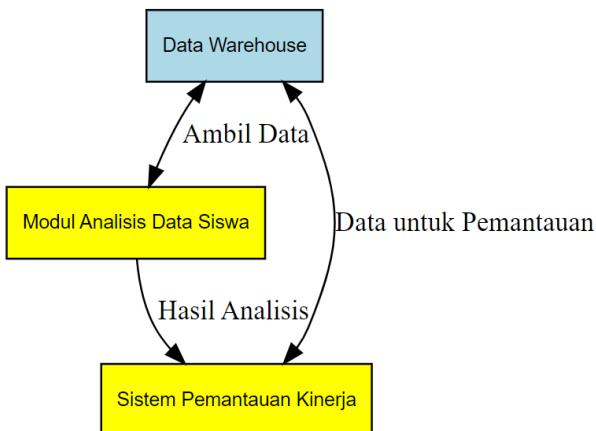
- 1) Modul Analisis Data Siswa
- 2) Sistem Pemantauan Kinerja

b) Aliran Data

Data dari *Data Warehouse* diambil oleh “Modul Analisis Data Siswa” untuk dianalisis lebih lanjut. Hasil analisis ini dikirim

ke *Sistem Pemantauan dan Penilaian Kinerja* untuk pemantauan dan penilaian.

“Modul Analisis Data Siswa” dan *Sistem Pemantauan dan Penilaian Kinerja* dihubungkan dengan *Data Warehouse* melalui panah dua arah yang menunjukkan aliran data masuk dan keluar.



Gambar 2.5. 2 Arsitektur Lapisan Pemrosesan dan Analisis

3. Lapisan Layanan AI dan Personalisasi (AI Services and Personalization Layer)

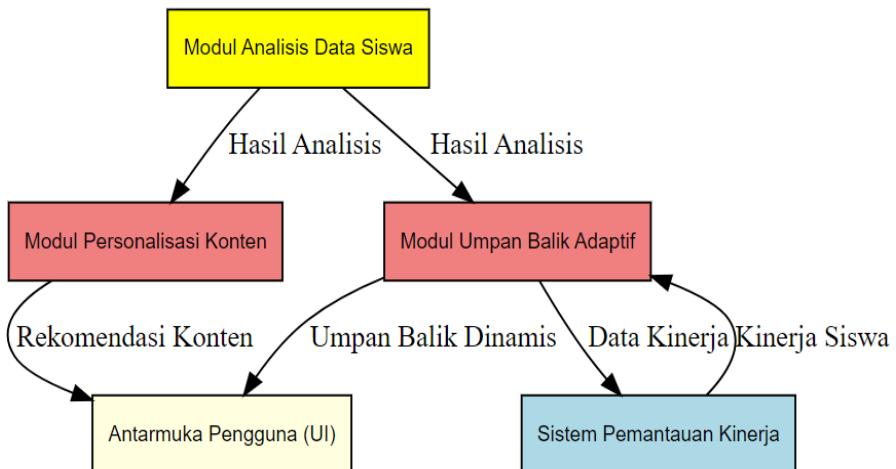
a) Komponen:

- 1) Modul Personalisasi Konten
- 2) Modul Umpan Balik Adaptif

b) Aliran Data

Hasil analisis dari “Modul Analisis Data Siswa” diteruskan ke “Modul Personalisasi Konten” dan “Modul Umpan Balik Adaptif”. “Modul Personalisasi Konten” menghasilkan rekomendasi yang dikirim kembali ke *antarmuka pengguna*, sementara “Modul Umpan Balik Adaptif” menghasilkan umpan balik dinamis berdasarkan kinerja siswa.

Modul-modul ini terhubung dengan *Sistem Pemantauan dan Penilaian Kinerja* dan “Modul Analisis Data Siswa”, menunjukkan aliran data dan rekomendasi yang berkelanjutan.



Gambar 2.5. 3 Arsitektur Lapisan Layanan AI dan Personalisasi

4. Lapisan Antarmuka Pengguna (User Interface Layer)

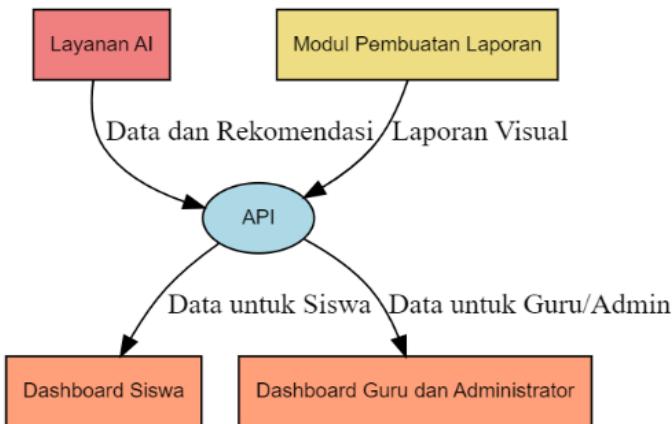
a) Komponen:

- 1) Dashboard Siswa
- 2) Dashboard Guru dan Administrator

b) Aliran Data

Data dan rekomendasi yang dihasilkan oleh berbagai *modul AI dan analitik* dikirimkan ke *antarmuka pengguna* melalui API. Siswa, guru, dan administrator dapat mengakses data dan laporan melalui dashboard masing-masing.

Dashboard Siswa dan Dashboard Guru dihubungkan dengan *Layanan AI (modul AI dan analitik)* dan “Modul Pembuatan Laporan”, menunjukkan penyampaian informasi yang berkelanjutan dan interaktif.



Gambar 2.5. 4 Arsitektur Lapisan Antarmuka Pengguna

5. Lapisan Integrasi dan Keamanan (Integration and Security Layer)

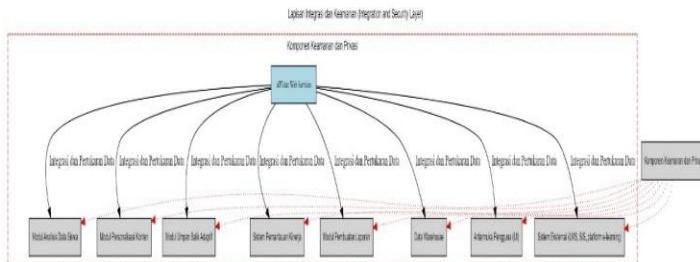
a) Komponen:

- 1) API dan Web Services
- 2) Komponen Keamanan dan Privasi

b) Aliran Data

API dan Web Services memungkinkan komunikasi antara sistem cerdas dengan sistem eksternal. Komponen *Keamanan dan Privasi* memastikan bahwa semua aliran data antar komponen aman dan sesuai dengan standar perlindungan data.

- c) API dan Web Services terhubung dengan semua komponen lain dalam sistem, menunjukkan integrasi yang mendalam. Komponen *Keamanan dan Privasi* berada di sekitar diagram untuk menunjukkan perlindungan di setiap lapisan.



Gambar 2.5. 5 Arsitektur Lapisan Integrasi dan Keamanan

6. Lapisan Laporan dan Visualisasi (Reporting and Visualization Layer)

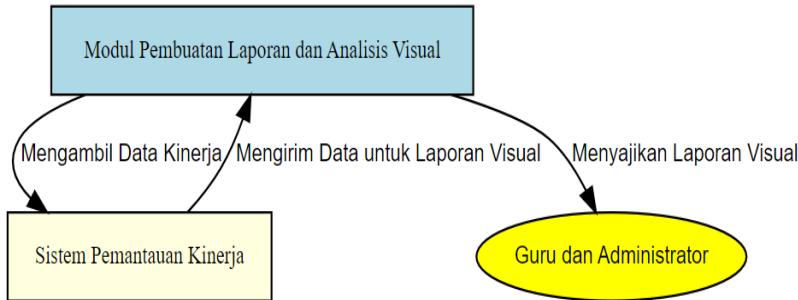
- a) Komponen:

- “Modul Pembuatan Laporan dan Analisis Visual”

- b) Aliran Data

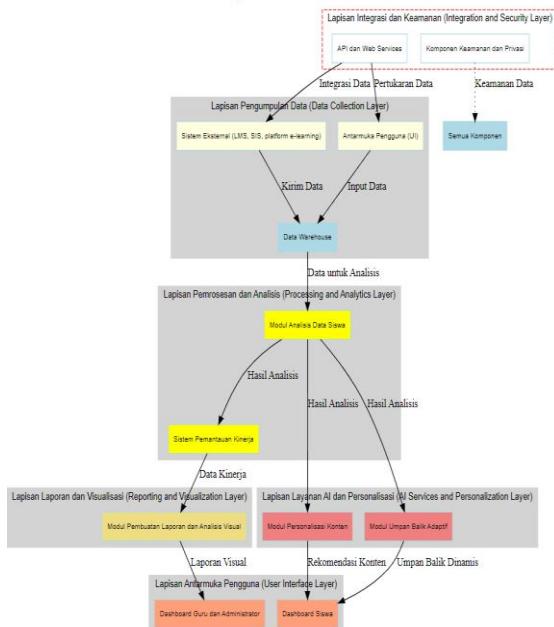
Modul ini menerima data dari *Sistem Pemantauan dan Penilaian Kinerja* dan mengubahnya menjadi laporan visual yang dapat dipahami oleh guru dan administrator.

- c) Modul ini terhubung dengan *Sistem Pemantauan dan Penilaian Kinerja* melalui panah dua arah yang menunjukkan pengambilan dan pengolahan data untuk pembuatan laporan.



Gambar 2.5. 6 Arsitektur Lapisan Laporan dan Visualisasi

Gambar 2.5.7 menyajikan arsitektur utuh sistem yang merupakan representasi dari gabungan setiap lapisan.



Gambar 2.5. 7 Arsitektur Utuh LENTERAMU

Diagram ini mengilustrasikan secara utuh bagaimana komponen-komponen dan modul-modul utama dalam sistem bekerja secara sinergis untuk mencapai tujuan utama sistem—menciptakan pengalaman belajar yang lebih personal dan efektif. Dengan menggunakan diagram arsitektur ini, pengembang, guru, dan pemangku kepentingan lainnya dapat dengan mudah memahami struktur sistem, aliran data, dan cara komponen-komponen utama berkolaborasi untuk menyediakan layanan personalisasi pembelajaran yang berbasis data dan berfokus pada siswa.

2.6 Infrastruktur Teknologi dan Alat yang Digunakan

Untuk mengimplementasikan LENTERAMU yang efektif dan efisien, infrastruktur teknologi yang memadai dan berbagai alat pengembangan sangat diperlukan. Infrastruktur ini harus mampu menangani skala besar data, menyediakan layanan AI yang responsif, mendukung integrasi dengan sistem lain, dan memastikan keamanan data yang tinggi. Selanjutnya akan diuraikan infrastruktur teknologi dan alat-alat yang digunakan dalam pengembangan dan penerapan sistem cerdas ini.

1. Platform Komputasi Awan (Cloud Computing Platform)

Platform komputasi awan merupakan inti dari infrastruktur teknologi yang digunakan untuk mendukung skalabilitas, fleksibilitas, dan efisiensi sistem. Platform ini memungkinkan penyimpanan data yang besar, pemrosesan yang cepat, dan aksesibilitas yang mudah bagi pengguna. LENTERAMU menggunakan *Google Cloud Platform* (GCP) yaitu memanfaatkan *BigQuery* untuk analisis data besar, AI Platform untuk pengembangan dan pelatihan model *machine learning*, serta *Kubernetes Engine* untuk manajemen aplikasi yang terkontainerisasi.

2. Framework dan Library Machine Learning dan AI

Berbagai *framework* dan *library* digunakan untuk mengembangkan model-model AI yang digunakan dalam sistem, seperti analisis data, rekomendasi konten, dan umpan balik adaptif.

a) TensorFlow

Digunakan untuk pengembangan dan pelatihan model *deep learning*, termasuk algoritma NLP dan rekomendasi. TensorFlow juga mendukung *Reinforcement Learning* untuk modul umpan balik adaptif.

b) PyTorch

Framework ini digunakan untuk eksperimen cepat dan pengembangan model pembelajaran mendalam. PyTorch cocok untuk tugas-tugas seperti klasifikasi siswa dan pengenalan pola belajar.

c) Scikit-Learn

Library ini digunakan untuk menerapkan algoritma *machine learning* klasik seperti Decision Trees, Random Forests, dan Clustering dalam modul analisis data dan pemantauan kinerja siswa.

d) Keras-RL

Digunakan untuk mengembangkan model *Reinforcement Learning* yang mendukung sistem umpan balik adaptif.

3. Database dan Penyimpanan Data

Untuk menangani data yang besar dan beragam, infrastruktur sistem menggunakan berbagai teknologi basis data yang mendukung data terstruktur dan tidak terstruktur.

a) NoSQL Databases (MongoDB, Cassandra)

Digunakan untuk menyimpan data yang tidak terstruktur seperti log interaksi siswa, esai, dan umpan balik teks.

b) SQL Databases (PostgreSQL, MySQL)

Digunakan untuk menyimpan data terstruktur seperti hasil tes, profil siswa, dan laporan kinerja.

c) Data Lake (Google Cloud Data Lake)

Untuk mengelola penyimpanan data besar dari berbagai sumber, memungkinkan pemrosesan dan analitik data secara cepat dan terukur.

4. Alat Integrasi dan Middleware

Alat integrasi dan *middleware* digunakan untuk menghubungkan sistem cerdas ini dengan sistem eksternal seperti LMS dan SIS.

a) Apache Kafka

Digunakan untuk pengiriman pesan dan *streaming* data secara *real-time* antara komponen sistem, memungkinkan aliran data yang cepat dan efisien.

b) RabbitMQ

Middleware yang digunakan untuk mendukung komunikasi berbasis pesan antara modul-modul sistem dan sistem eksternal lainnya.

c) RESTful API dan GraphQL

Digunakan untuk pertukaran data yang fleksibel dan aman antar sistem. Postman dan Swagger digunakan untuk pengembangan, dokumentasi, dan pengujian API.

5. Alat Visualisasi dan Pelaporan

Untuk mendukung penyajian data dan laporan yang mudah dipahami oleh pengguna, sistem ini menggunakan berbagai alat visualisasi.

a) Tableau

Digunakan untuk membuat dashboard interaktif dan laporan visual yang dapat diakses oleh guru dan administrator untuk pemantauan kinerja siswa.

b) Power BI

Alat ini digunakan untuk pelaporan data dan visualisasi analitik yang lebih mendalam, membantu pengguna dalam pengambilan keputusan berbasis data.

c) D3.js dan Chart.js

Library JavaScript yang digunakan untuk membuat visualisasi data yang dinamis dan kustom di antarmuka pengguna.

6. Teknologi Front-End dan Back-End

Untuk mendukung antarmuka pengguna yang interaktif dan responsif, sistem ini menggunakan berbagai teknologi *front-end* dan *back-end* yang modern.

- a) *Front-End Frameworks* (React, Angular, Vue.js)

Digunakan untuk membangun antarmuka pengguna yang dinamis dan interaktif bagi siswa, guru, dan administrator.

Framework ini memungkinkan pengembangan komponen UI yang dapat digunakan kembali dan efisien.

- b) *Back-End Frameworks* (Node.js, Django, Flask)

Digunakan untuk mengembangkan layanan *back-end* yang aman dan skalabel. *Back-end* ini menangani permintaan pengguna, pemrosesan data, dan komunikasi dengan layanan AI dan penyimpanan data.

7. Keamanan dan Manajemen Identitas

Keamanan data adalah prioritas utama dalam sistem cerdas ini, terutama karena mengelola data siswa yang sensitif. Oleh karena itu, sistem ini menggunakan alat dan protokol keamanan yang canggih.

- a) OpenSSL dan TLS/SSL

Digunakan untuk enkripsi data dalam perjalanan, memastikan bahwa data yang dikirimkan antar komponen aman dari penyadapan.

- b) OAuth 2.0 dan JWT (JSON Web Tokens)

Digunakan untuk autentikasi dan otorisasi pengguna, memastikan bahwa hanya pengguna yang sah yang dapat mengakses data dan fungsi tertentu.

- c) Platform Manajemen Identitas (Okta, Auth0)

Digunakan untuk manajemen identitas dan RBAC, yang memastikan bahwa akses terhadap data dan fungsi dalam sistem diatur dengan baik.

8. Layanan Keamanan Cloud dan Pemantauan

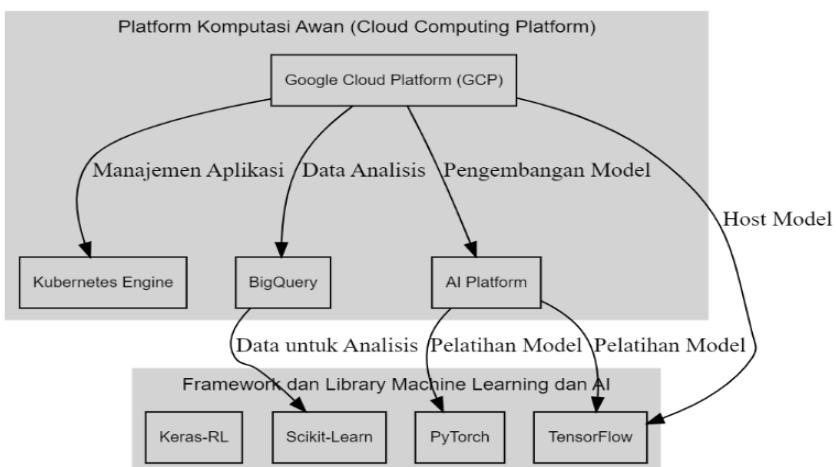
Untuk menjaga integritas dan ketersediaan sistem, layanan keamanan cloud dan pemantauan digunakan untuk mendeteksi dan menangani ancaman secara proaktif.

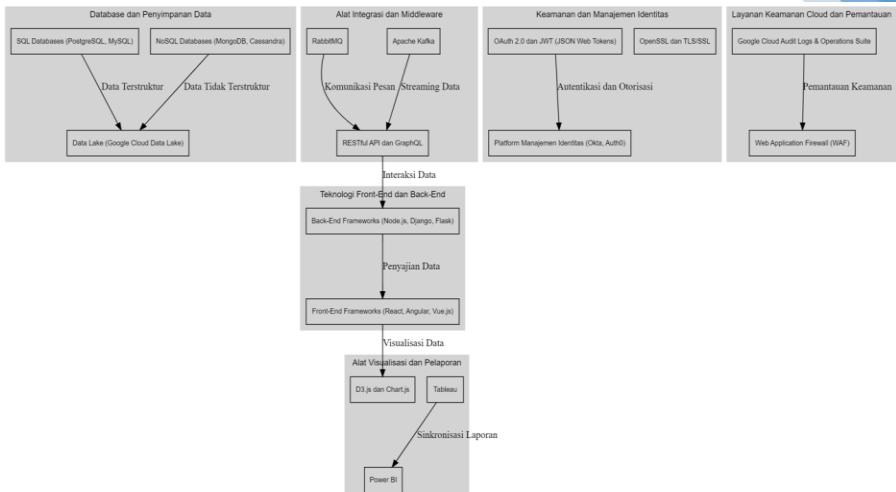
- a) *Google Cloud Audit Logs & Google Cloud Operations Suite*

Digunakan untuk memantau aktivitas pengguna dan log keamanan, serta mendeteksi aktivitas yang mencurigakan.

- b) *Web Application Firewall (WAF)*

Digunakan untuk melindungi aplikasi web dari serangan umum seperti *SQL Injection* dan *Cross-Site Scripting (XSS)*.





Gambar 2.6. 1 Infrasruktur Teknologi dan Alat Yang Digunakan

BAB 3

Desain Model AI

Desain Model AI merupakan inti dari LENTERAMU yang dirancang untuk menciptakan pengalaman belajar yang adaptif dan personal bagi setiap siswa. Model AI yang digunakan dalam sistem ini dikembangkan berdasarkan prinsip-prinsip *machine learning* dan AI untuk mengumpulkan, menganalisis, dan memproses data siswa. Dengan menggunakan pendekatan berbasis data ini, sistem dapat memberikan rekomendasi konten, umpan balik adaptif, serta memantau dan menilai kinerja siswa secara *real-time*.

Bab ini akan menguraikan secara detail mengenai model-model AI yang digunakan dalam sistem ini, komponen utama yang membentuk setiap modul AI, serta proses kerja dari setiap modul. Fokus dari bab ini adalah untuk memberikan pemahaman yang komprehensif tentang bagaimana model AI bekerja, data apa yang digunakan, algoritma apa yang diimplementasikan, dan output apa yang dihasilkan untuk mendukung personalisasi pembelajaran.

3.1 Gambaran Umum Model AI

Model AI pada LENTERAMU menggunakan pendekatan berbasis data untuk menganalisis perilaku belajar siswa, merekomendasikan materi belajar yang sesuai, menyediakan umpan balik yang disesuaikan, dan memantau kemajuan siswa secara berkelanjutan. Desain model AI ini terdiri dari beberapa modul utama yang saling berintegrasi untuk mencapai tujuan ini, yaitu:

1. Modul Analisis Data Siswa:

Modul ini bertanggung jawab untuk menganalisis data siswa yang dikumpulkan dari berbagai sumber, seperti hasil tes, interaksi dengan konten pembelajaran, dan umpan balik dari guru. Modul ini menggunakan kombinasi teknik *Natural Language Processing* (NLP) dan analisis statistik untuk

mengidentifikasi pola belajar, preferensi siswa, dan area yang memerlukan perhatian khusus.

2. Modul Personalisasi Konten:

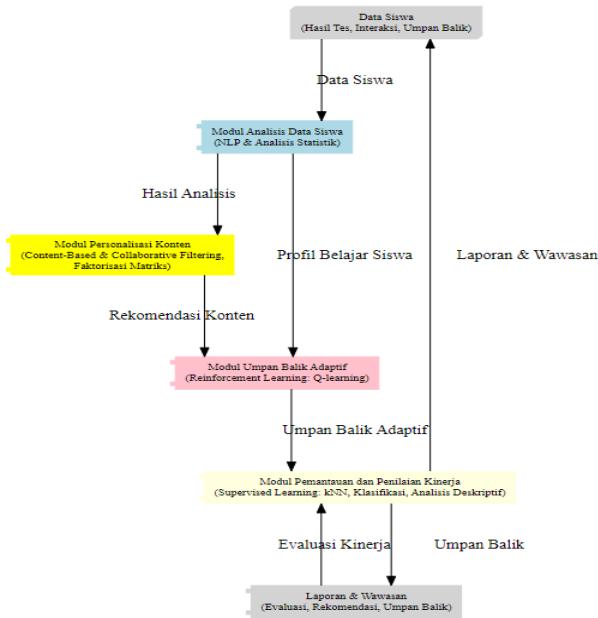
Modul ini menggunakan hasil analisis dari Modul Analisis Data Siswa untuk menyediakan rekomendasi konten yang sesuai dengan kebutuhan dan minat siswa. Algoritma rekomendasi yang digunakan termasuk *Content-Based Filtering* dan *Collaborative Filtering*, yang dilengkapi dengan metode Faktorisasi Matriks untuk menghasilkan rekomendasi yang lebih akurat dan relevan.

3. Modul Umpaman Balik Adaptif:

Modul ini dirancang untuk memberikan umpan balik yang dinamis dan adaptif berdasarkan kinerja siswa. Menggunakan algoritma Reinforcement Learning, seperti Q-learning, modul ini mampu menyesuaikan strategi pembelajaran dan memberikan umpan balik yang optimal untuk mendukung kemajuan siswa.

4. Modul Pemantauan dan Penilaian:

Modul ini bertugas untuk memantau dan mengevaluasi kinerja siswa secara berkelanjutan. Dengan menggunakan teknik pembelajaran supervisi (supervised learning) seperti *k-Nearest Neighbors* (kNN) dan klasifikasi, serta analisis deskriptif, modul ini memberikan laporan performa yang komprehensif dan wawasan untuk membantu guru dalam pengambilan keputusan.



Gambar 3. 1 Arsitektur Model AI

Setiap modul AI ini bekerja secara sinergis untuk mendukung sistem pembelajaran yang lebih personal dan efektif. Data yang dikumpulkan dari berbagai interaksi siswa dengan sistem digunakan untuk melatih model-model AI yang menggerakkan setiap modul, sehingga memungkinkan penyesuaian pembelajaran secara *real-time*. Proses ini melibatkan iterasi berkelanjutan untuk meningkatkan akurasi model dan efektivitas rekomendasi dan umpan balik yang diberikan kepada siswa.

Selain itu, integrasi yang kuat antara modul-modul ini memastikan bahwa aliran data dan komunikasi antar modul berjalan dengan lancar. Hasil analisis dari satu modul dapat digunakan sebagai input untuk modul lain, menciptakan ekosistem pembelajaran yang terintegrasi dan responsif terhadap kebutuhan pembelajaran siswa.

Desain model AI tidak hanya terbatas pada satu jenis algoritma atau teknik, tetapi merupakan kombinasi dari berbagai pendekatan pembelajaran mesin yang dioptimalkan untuk mencapai personalisasi pembelajaran yang lebih baik. Sistem ini terus-menerus belajar dari data siswa untuk mengidentifikasi cara terbaik dalam meningkatkan keterlibatan, motivasi, dan hasil pembelajaran siswa. Diagram visual dari desain model AI ini akan disajikan pada sub bab berikutnya untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai arsitektur dan aliran data dalam sistem.

Sebagai catatan, LENTERAMU memiliki 6 modul utama yaitu 4 modul yang sudah diuraikan diatas ditambah “Modul Pembuatan Laporan” dan “Analisis Visual serta Modul Integrasi dan Pengelolaan Data”. Kedua modul ini tidak dibahas pada bab ini. Modul-modul tersebut umumnya tidak secara langsung memerlukan model AI, karena fokus kedua modul tersebut adalah pada pengelolaan, penyajian, dan integrasi data, bukan pada pembelajaran mesin atau pengambilan keputusan berbasis kecerdasan buatan.

“Modul Pembuatan Laporan dan Analisis Visual” ini lebih berfokus pada penyajian data dalam bentuk laporan dan visualisasi, seperti grafik atau diagram, berdasarkan data yang telah tersedia atau dihasilkan oleh modul AI. Modul ini menggunakan data yang sudah ada untuk menghasilkan laporan performa, statistik, atau ringkasan hasil tanpa memerlukan proses kecerdasan buatan tambahan.

“Modul Integrasi dan Pengelolaan Data” ini bertugas mengelola alur data dari berbagai sumber, seperti mengintegrasikan data dari sistem lain (LMS atau SIS) dan memastikan data tersimpan dengan aman dalam database yang sesuai. Modul ini menangani proses ETL (Extract, Transform, Load), integrasi API, dan pengelolaan data, yang lebih terkait dengan arsitektur data dan pengelolaan informasi, bukan AI.

3.2 Modul Analisis Data Siswa

“Modul Analisis Data Siswa” adalah salah satu komponen penting dalam LENTERAMU yang berfungsi untuk mengumpulkan dan menganalisis data terkait perilaku dan performa belajar siswa. Modul ini dirancang untuk memahami pola belajar siswa, mengidentifikasi preferensi dan kelemahan mereka, serta memberikan wawasan yang mendalam yang dapat digunakan untuk personalisasi pembelajaran. Modul ini menggunakan kombinasi teknik NLP dan analisis statistik untuk menganalisis data kualitatif dan kuantitatif dari berbagai sumber.

Fungsi utama dari Modul Analisis Data Siswa meliputi:

1. Mengumpulkan data belajar siswa dari berbagai sumber, termasuk hasil tes, interaksi dengan konten pembelajaran, umpan balik guru, dan aktivitas belajar lainnya.
2. Menggunakan NLP untuk menganalisis teks dan interaksi verbal atau tertulis siswa, seperti esai atau catatan diskusi, untuk memahami preferensi belajar dan pola pemikiran.
3. Melakukan analisis statistik terhadap data kuantitatif, seperti skor tes, durasi belajar, dan frekuensi interaksi dengan materi, untuk mengevaluasi kinerja dan keterlibatan siswa.
4. Menghasilkan profil belajar siswa yang komprehensif yang digunakan oleh modul-modul lain untuk menyediakan rekomendasi dan penyesuaian pembelajaran.

Modul ini merupakan dasar dari sistem personalisasi pembelajaran, karena informasi yang diperoleh dari analisis data siswa digunakan untuk memandu keputusan yang diambil oleh sistem dalam memberikan pengalaman belajar yang adaptif dan sesuai kebutuhan individu. Pada bagian berikutnya, akan diuraikan lebih rinci mengenai input yang digunakan oleh modul ini dan jenis data yang dikumpulkan.

3.2.1 Input dan Data yang Digunakan

“Modul Analisis Data Siswa” menggunakan berbagai jenis data sebagai input untuk menghasilkan analisis yang komprehensif tentang perilaku dan preferensi belajar siswa. Data yang digunakan dalam modul ini dapat dikategorikan menjadi beberapa jenis berdasarkan sumber dan tipe datanya:

1. Data Hasil Tes dan Evaluasi

Data ini mencakup nilai atau skor dari berbagai tes dan evaluasi yang diikuti siswa, termasuk ujian tengah semester, ujian akhir, kuis, dan tes formatif.

- a) Sumber: LMS atau platform evaluasi lainnya.
- b) Penggunaan: Digunakan untuk mengevaluasi performa akademis siswa, mengidentifikasi area kekuatan dan kelemahan, serta menentukan tingkat kesulitan yang tepat untuk materi belajar berikutnya.

2. Data Interaksi Siswa dengan Konten Pembelajaran

Data ini mencakup pola interaksi siswa dengan materi pembelajaran, seperti durasi waktu yang dihabiskan untuk setiap topik, jumlah materi yang dibaca atau diakses, dan frekuensi latihan soal yang dikerjakan.

- a) Sumber: Data ini dikumpulkan melalui antarmuka pengguna atau sistem *e-learning* yang digunakan dalam proses belajar mengajar.
- b) Penggunaan: Membantu dalam mengukur tingkat keterlibatan siswa dan minat mereka terhadap topik tertentu, serta menentukan rekomendasi konten yang relevan.

3. Data Umpan Balik Guru dan Pengamatan Kelas

Umpan balik kualitatif dari guru atau pengamat tentang kinerja siswa di kelas, termasuk catatan tentang partisipasi, disiplin, dan sikap belajar.

- a) Sumber: Masukan manual oleh guru melalui LMS atau sistem umpan balik yang terintegrasi.

- b) Penggunaan: Digunakan untuk melengkapi analisis kuantitatif dengan informasi kualitatif yang lebih mendalam tentang perilaku dan motivasi siswa.

4. Data Teks dan Esai Siswa

Data teks yang dihasilkan oleh siswa, seperti esai, catatan diskusi, atau jawaban panjang pada tes.

- a) Sumber: Platform pembelajaran yang mendukung penulisan dan pengumpulan teks atau esai siswa.
- b) Penggunaan: *NLP Engine* menganalisis data ini untuk memahami preferensi belajar, gaya berpikir, dan area konsep yang memerlukan lebih banyak penjelasan.

5. Data Aktivitas Belajar Lainnya

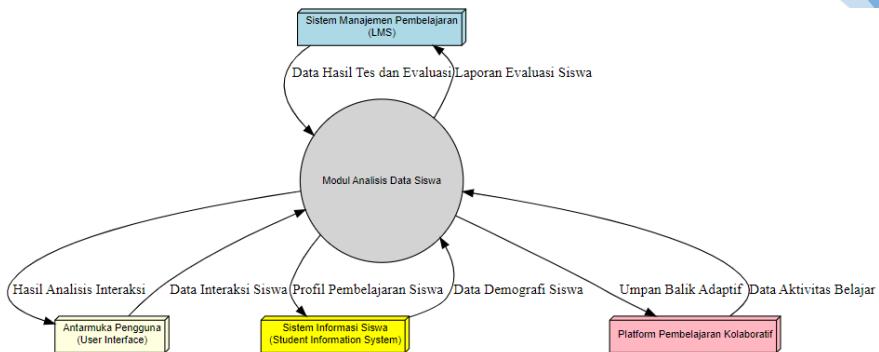
Aktivitas belajar lain yang mungkin tidak tercatat dalam bentuk hasil tes, seperti partisipasi dalam diskusi kelompok, penggunaan alat bantu belajar tambahan, atau kontribusi di forum pembelajaran.

- a) Sumber: Data dikumpulkan dari berbagai platform pembelajaran kolaboratif atau alat bantu belajar lainnya.
- b) Penggunaan: Menganalisis aktivitas belajar untuk memberikan wawasan tambahan tentang keterlibatan siswa dan kemajuan mereka dalam pembelajaran kolaboratif.

6. Data Demografi dan Profil Siswa

Informasi dasar tentang siswa, seperti usia, tingkat kelas, preferensi belajar (visual, auditori, kinestetik), dan latar belakang pendidikan.

- a) Sumber: Data ini berasal dari SIS dan profil pengguna yang dibuat pada platform pembelajaran.
- b) Penggunaan: Digunakan untuk menyesuaikan pendekatan pembelajaran dengan karakteristik individu siswa dan meningkatkan efektivitas pembelajaran.



Gambar 3.2. 1 Diagram Konteks Modul Analisis data Siswa

Analisis Data Siswa untuk mengidentifikasi pola-pola yang relevan, menemukan wawasan, dan memberikan umpan balik yang dapat diimplementasikan oleh modul lain dalam sistem untuk personalisasi pembelajaran. Hasil analisis ini akan menjadi dasar bagi rekomendasi konten, umpan balik adaptif, dan pemantauan kinerja yang lebih lanjut.

3.2.2 Komponen: NLP Engine dan Analisis Statistik

“Modul Analisis Data Siswa” terdiri dari beberapa komponen utama yang bekerja bersama untuk menganalisis data siswa secara menyeluruh dan memberikan wawasan yang mendalam terkait perilaku, preferensi, dan performa belajar mereka. Dua komponen utama dalam modul ini adalah *NLP Engine* dan Analisis Statistik. Kedua komponen ini digunakan untuk menangani data kualitatif dan kuantitatif, masing-masing, sehingga memberikan gambaran lengkap tentang pengalaman dan kemajuan belajar siswa.

1. NLP Engine (Natural Language Processing Engine)

NLP Engine adalah komponen yang dirancang untuk menganalisis data teks yang dihasilkan oleh siswa, seperti esai, catatan diskusi, jawaban panjang pada tes, dan umpan balik tertulis. Komponen ini

menggunakan teknik-teknik pemrosesan bahasa alami untuk memahami dan mengekstrak informasi yang bermakna dari data teks. Tujuan utamanya adalah untuk mengidentifikasi preferensi belajar siswa, area konsep yang dipahami atau tidak dipahami, dan gaya berpikir siswa.

1. Fungsi Utama *NLP Engine*:

a) Analisis Sentimen

Menggunakan algoritma pemrosesan teks untuk mengidentifikasi sentimen dalam teks siswa, seperti sikap positif, negatif, atau netral terhadap topik tertentu. Ini membantu dalam mengidentifikasi motivasi atau masalah yang mungkin dialami siswa selama pembelajaran.

b) Ekstraksi Topik

Memanfaatkan teknik seperti *Latent Dirichlet Allocation* (LDA) atau *Latent Semantic Analysis* (LSA) untuk mengekstrak topik utama dari teks siswa. Ekstraksi topik membantu memahami area fokus dan minat siswa, serta bidang yang memerlukan lebih banyak perhatian.

c) Analisis Entitas Bernama (Named Entity Recognition, NER)

Mendeteksi entitas spesifik dalam teks, seperti nama orang, tempat, atau konsep penting yang mungkin relevan dengan materi pembelajaran.

d) Penandaan Bagian Kata (Part-of-Speech Tagging)

Mengidentifikasi jenis kata dalam teks (kata benda, kata kerja, kata sifat, dll.) untuk memahami struktur kalimat dan makna teks dengan lebih baik. Ini juga berguna dalam menganalisis kompleksitas dan kejelasan pemahaman siswa.

e) Analisis Kesalahan Penulisan dan Tata Bahasa

Menilai tata bahasa, ejaan, dan penggunaan kalimat dalam teks siswa untuk mengidentifikasi area yang

perlu ditingkatkan dalam hal keterampilan menulis dan pemahaman konsep.

2. Teknologi yang Digunakan dalam *NLP Engine*:
 - a) *Natural Language Toolkit (NLTK)* dan *spaCy*: Digunakan untuk *preprocessing* teks, termasuk tokenisasi, *stemming*, *lemmatization*, dan *stop-word removal*.
 - b) *Transformers (Hugging Face)*: Digunakan untuk tugas-tugas NLP lanjutan seperti analisis sentimen, klasifikasi teks, dan ekstraksi topik menggunakan model *deep learning* seperti BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers).
 - c) *Gensim*: Digunakan untuk pengelompokan topik dan pemodelan semantik, memungkinkan identifikasi pola-pola tersembunyi dalam teks siswa.

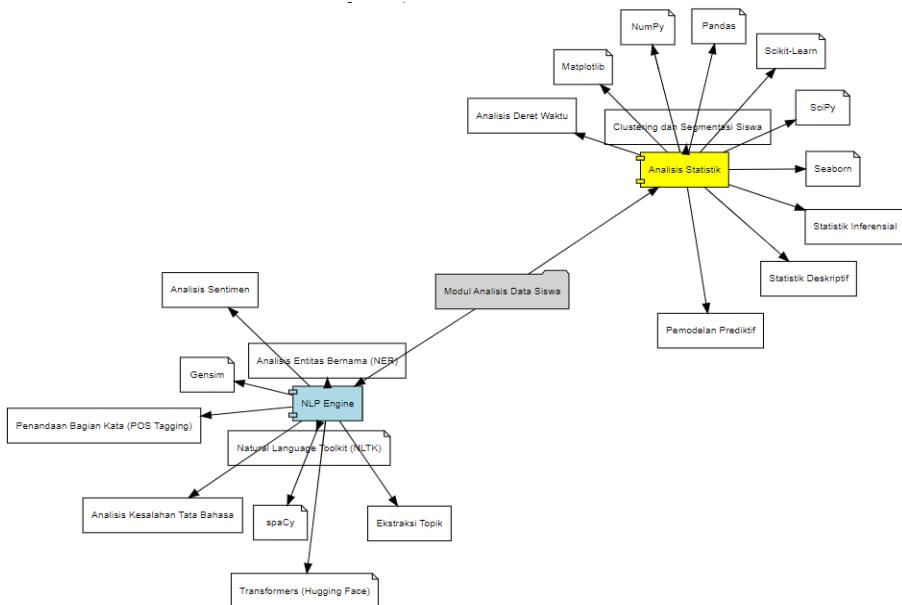
2. Analisis Statistik

Analisis Statistik adalah komponen yang digunakan untuk menganalisis data kuantitatif yang dikumpulkan dari berbagai interaksi dan evaluasi siswa. Komponen ini dirancang untuk memberikan pemahaman berbasis data tentang kinerja siswa, pola belajar, dan keterlibatan mereka dalam proses pembelajaran. Dengan menganalisis data statistik, sistem dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam kepada guru dan administrator, serta membantu menginformasikan rekomendasi konten dan umpan balik yang lebih akurat.

- 1) Fungsi Utama Analisis Statistik:
 - a) *Descriptive Statistics* (Statistik Deskriptif)
Menghitung ukuran sentralitas (mean, median, mode) dan distribusi (standard deviation, variance) untuk data kinerja siswa, seperti skor tes, waktu belajar, dan frekuensi interaksi dengan materi pembelajaran. Ini membantu dalam mengidentifikasi

- pola umum dalam kelompok siswa atau perbedaan individual.
- b) *Inferential Statistics* (Statistik Inferensial)
Menggunakan teknik seperti uji t, ANOVA, dan regresi untuk menentukan hubungan antara variabel, seperti hubungan antara durasi belajar dan peningkatan skor tes, atau efektivitas jenis materi pembelajaran tertentu terhadap hasil siswa.
- c) *Clustering* dan Segmentasi Siswa
Menggunakan metode clustering seperti K-Means atau DBSCAN untuk mengelompokkan siswa berdasarkan perilaku belajar, preferensi konten, atau tingkat pemahaman. Segmentasi ini membantu dalam menargetkan intervensi yang lebih tepat.
- d) *Time Series Analysis* (Analisis Deret Waktu)
Menganalisis data yang berkaitan dengan waktu, seperti perkembangan skor tes dari waktu ke waktu atau perubahan tingkat keterlibatan dalam pelajaran tertentu. Ini membantu dalam mengidentifikasi tren jangka panjang dan efek intervensi tertentu.
- e) *Predictive Modelling* (Pemodelan Prediktif)
Membangun model prediktif untuk mengantisipasi kinerja siswa di masa depan berdasarkan data historis. Teknik seperti regresi linier, regresi logistik, dan model pohon keputusan sering digunakan dalam konteks ini.
- 2) Teknologi yang Digunakan dalam Analisis Statistik:
- a) *Python Libraries*: Pandas dan NumPy digunakan untuk manipulasi dan analisis data, sementara SciPy digunakan untuk uji statistik dan analisis data lanjutan.
- b) *Scikit-Learn*: Digunakan untuk clustering, segmentasi, dan pemodelan prediktif dalam analisis siswa.

- c) *Matplotlib dan Seaborn*: Digunakan untuk visualisasi data, membantu guru dan administrator dalam memahami data secara intuitif melalui grafik dan plot.



Gambar 3.2. 2 Diagram Komponen Modul Analisis Data Siswa

Dengan menggabungkan *NLP Engine* untuk analisis data kualitatif dan Analisis Statistik untuk data kuantitatif, “Modul Analisis Data Siswa” memberikan wawasan yang komprehensif tentang perilaku belajar siswa. Informasi ini digunakan oleh sistem untuk mempersonalisasi pengalaman belajar dan meningkatkan keterlibatan serta hasil pembelajaran siswa secara keseluruhan.

3.2.3 Proses dan Output

“Modul Analisis Data Siswa” dalam LENTERAMU dirancang untuk memproses data siswa secara komprehensif menggunakan

kombinasi teknik NLP dan analisis statistik. Modul ini mengambil berbagai jenis data sebagai input dan melalui serangkaian proses analitik untuk menghasilkan output yang dapat digunakan oleh modul lain dalam sistem untuk mempersonalisasi pembelajaran. Proses ini memastikan bahwa setiap rekomendasi, umpan balik, dan penilaian kinerja siswa didasarkan pada data yang valid dan analisis yang mendalam.

1. Proses dalam Modul Analisis Data Siswa

Modul ini melakukan beberapa tahap pemrosesan data, yang melibatkan serangkaian langkah dari pengumpulan data hingga analisis lanjutan dan pembuatan profil siswa:

1. Pengumpulan dan Pra-pemrosesan Data:

a) Langkah Pengumpulan Data

Data dikumpulkan dari berbagai sumber seperti LMS, ujian dan kuis, esai siswa, forum diskusi, serta umpan balik guru. Data ini dapat berupa teks (esai, catatan diskusi), numerik (skor tes, waktu belajar), atau kategori (preferensi gaya belajar).

b) Pra-pemrosesan Data

Data yang dikumpulkan dibersihkan untuk menghilangkan duplikasi, menangani data yang hilang, dan mengubah format data agar siap untuk analisis. Untuk data teks, pra-pemrosesan mencakup tokenisasi, stemming, lemmatization, dan penghapusan *stop words* menggunakan *NLP Engine*. Data numerik diproses dengan normalisasi atau standarisasi untuk mengurangi *skewness* dan mempermudah analisis.

2. Analisis Data Teks Menggunakan *NLP Engine*:

a) Analisis Sentimen

NLP Engine menganalisis teks siswa (misalnya, esai atau jawaban diskusi) untuk menentukan sentimen (positif, negatif, netral). Ini membantu

mengidentifikasi motivasi siswa atau potensi masalah dalam memahami materi pelajaran.

b) *Ekstraksi Topik*

Topik yang sering muncul diidentifikasi menggunakan teknik pemodelan topik seperti *Latent Dirichlet Allocation* (LDA). Ekstraksi topik membantu memahami bidang minat siswa dan area di mana mereka mungkin memerlukan lebih banyak bantuan.

c) *Analisis Kesalahan Tata Bahasa dan Penulisan*

Mendeteksi dan mengidentifikasi kesalahan tata bahasa dan penulisan dalam teks siswa untuk memberikan umpan balik yang relevan dan membantu mereka meningkatkan keterampilan menulis.

3. Analisis Statistik Data Numerik:

a) *Descriptive Statistics*

Menghitung statistik deskriptif dasar seperti rata-rata, median, standar deviasi, dan distribusi frekuensi untuk memahami kinerja siswa secara keseluruhan. Analisis ini membantu mengidentifikasi pola umum dan mengevaluasi keterlibatan siswa.

b) *Inferential Statistics*

Melakukan uji hipotesis dan analisis regresi untuk memahami hubungan antara variabel, seperti antara durasi belajar dan hasil ujian. Analisis ini membantu mengidentifikasi faktor-faktor yang paling mempengaruhi kinerja siswa.

c) *Clustering* dan Segmentasi Siswa

Mengelompokkan siswa berdasarkan perilaku belajar, keterlibatan, atau performa akademis menggunakan teknik *clustering* seperti K-Means atau DBSCAN. Hasil segmentasi ini digunakan untuk menargetkan strategi intervensi yang berbeda berdasarkan kelompok siswa.

4. Pemodelan Prediktif dan Analisis Lanjutan:

a) *Time Series Analysis*

Menggunakan data historis untuk menganalisis perubahan dalam kinerja siswa dari waktu ke waktu dan memprediksi tren masa depan. Ini membantu dalam memahami efektivitas strategi pengajaran dan penyesuaian pembelajaran.

b) Model Prediksi Kinerja

Menggunakan model prediksi seperti regresi linier, regresi logistik, atau pohon keputusan untuk mengantisipasi kinerja siswa berdasarkan data historis dan tren yang teridentifikasi.

5. Penyusunan Profil Belajar Siswa:

- a) Setelah melakukan berbagai analisis, modul ini menyusun profil belajar yang komprehensif untuk setiap siswa. Profil ini mencakup aspek-aspek seperti kekuatan dan kelemahan dalam mata pelajaran tertentu, gaya belajar yang dominan, dan tingkat keterlibatan.
- b) Profil ini kemudian digunakan oleh modul lain, seperti “Modul Personalisasi Konten” dan “Modul Umpan Balik Adaptif”, untuk menyesuaikan materi dan umpan balik yang disediakan kepada siswa.

2. Output dari Modul Analisis Data Siswa

Output dari “Modul Analisis Data Siswa” terdiri dari berbagai wawasan yang digunakan untuk mempersonalisasi pengalaman belajar dan mendukung keputusan yang lebih baik oleh guru dan administrator. Berikut adalah jenis-jenis output utama yang dihasilkan oleh modul ini:

1. Profil Belajar Siswa

Merupakan ringkasan menyeluruh tentang kinerja siswa, preferensi belajar, dan area yang perlu ditingkatkan. Profil ini

membantu modul-modul lain dalam menyesuaikan strategi pembelajaran dan materi yang ditawarkan.

2. Wawasan Analitik dan Laporan

Laporan berbasis data tentang kinerja siswa yang mencakup statistik deskriptif dan inferensial. Laporan ini dapat digunakan oleh guru untuk memahami perkembangan siswa, merancang rencana pelajaran yang lebih sesuai, dan memberikan intervensi yang tepat waktu.

3. Kelompok dan Segmentasi Siswa

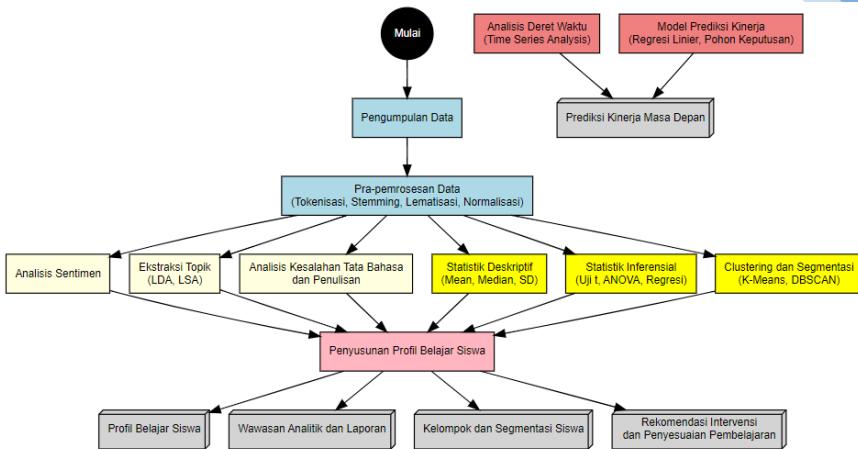
Hasil clustering dan segmentasi siswa berdasarkan perilaku belajar, performa, atau keterlibatan. Kelompok-kelompok ini digunakan untuk strategi pengajaran yang berbeda dan intervensi yang disesuaikan, membantu guru untuk menargetkan kelompok siswa yang membutuhkan perhatian khusus.

4. Prediksi Kinerja Masa Depan

Model prediksi yang menunjukkan kemungkinan kinerja siswa di masa depan berdasarkan data historis. Prediksi ini membantu dalam mengantisipasi masalah potensial dan merencanakan langkah-langkah intervensi yang proaktif.

5. Rekomendasi untuk Intervensi dan Penyesuaian Pembelajaran

Berdasarkan analisis data, modul ini dapat memberikan rekomendasi spesifik untuk intervensi pendidikan, seperti pelajaran tambahan, perubahan strategi pengajaran, atau alat bantu belajar yang lebih sesuai.



Gambar 3.2.3 Proses dan Output Model Analisis Data Siswa

Dengan output ini, Modul Analisis Data Siswa menyediakan dasar yang kuat bagi modul-modul lain dalam sistem untuk membuat keputusan yang lebih baik dan mendukung pengalaman belajar yang lebih personal dan adaptif bagi setiap siswa.

3.3 Modul Personalisasi Konten

“Modul Personalisasi Konten” merupakan komponen kunci dalam LENTERAMU yang bertanggung jawab untuk menyediakan rekomendasi konten pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan, preferensi, dan kemampuan setiap siswa. Modul ini menggunakan berbagai algoritma *machine learning* untuk menganalisis data interaksi siswa dan data kinerja akademis mereka, serta memberikan rekomendasi konten yang optimal guna meningkatkan keterlibatan dan hasil belajar.

Tujuan utama dari Modul Personalisasi Konten adalah untuk:

- Memberikan rekomendasi materi pembelajaran yang relevan, seperti video, artikel, latihan soal, dan modul interaktif, yang disesuaikan dengan profil belajar siswa.

- b) Mengoptimalkan pengalaman belajar siswa dengan menyarankan konten yang tepat pada waktu yang tepat, sehingga siswa tetap termotivasi dan terlibat.
- c) Meningkatkan efektivitas pembelajaran dengan memanfaatkan pendekatan berbasis data untuk memahami preferensi dan kebutuhan belajar individu siswa.

Modul ini menggunakan kombinasi teknik *Content-Based Filtering*, *Collaborative Filtering*, dan Faktorisasi Matriks untuk menghasilkan rekomendasi yang akurat dan relevan. Dengan demikian, Modul Personalisasi Konten membantu dalam menciptakan lingkungan belajar yang lebih adaptif dan personal, yang disesuaikan dengan gaya belajar dan kemampuan setiap siswa.

3.3.1 Input dan Data yang Digunakan

Untuk menghasilkan rekomendasi konten yang akurat dan relevan, “Modul Personalisasi Konten” memerlukan berbagai jenis data sebagai input. Data ini diambil dari beberapa sumber dan mencakup informasi mengenai preferensi belajar siswa, kinerja akademis, dan interaksi mereka dengan konten pembelajaran. Berikut adalah jenis-jenis data yang digunakan sebagai input dalam modul ini:

1. Data Profil Belajar Siswa:

Profil belajar siswa yang mencakup preferensi gaya belajar (visual, auditori, kinestetik), tingkat pemahaman materi, dan minat terhadap topik tertentu. Profil ini juga mencakup informasi demografis seperti usia, tingkat kelas, dan latar belakang pendidikan.

- a) Sumber: Data ini dihasilkan dari “Modul Analisis Data Siswa” yang mengumpulkan dan memproses informasi dari Sistem Informasi Siswa (SIS) dan platform pembelajaran.
- b) Penggunaan: Data ini digunakan untuk menyesuaikan konten yang direkomendasikan dengan karakteristik individu siswa, memastikan

bahwa setiap siswa menerima materi yang paling sesuai dengan preferensi dan kemampuan mereka.

2. Data Interaksi Siswa dengan Konten Pembelajaran:

Data tentang bagaimana siswa berinteraksi dengan berbagai jenis konten pembelajaran di platform, seperti video, artikel, kuis, dan materi interaktif. Ini mencakup durasi waktu yang dihabiskan pada setiap materi, frekuensi interaksi, dan keterlibatan dalam aktivitas pembelajaran.

- a) Sumber: Data dikumpulkan melalui antarmuka pengguna pada platform pembelajaran dan dianalisis secara berkala untuk memperbarui profil interaksi siswa.
- b) Penggunaan: Data ini membantu dalam mengidentifikasi konten mana yang paling menarik bagi siswa dan mana yang kurang efektif, sehingga rekomendasi konten dapat disesuaikan untuk meningkatkan keterlibatan.

3. Data Hasil Tes dan Evaluasi Kinerja:

Nilai dan hasil dari berbagai tes, ujian, dan kuis yang diikuti siswa. Data ini mencakup skor tes, hasil evaluasi formatif dan sumatif, serta tingkat kesulitan soal yang dijawab.

- a) Sumber: Data ini diperoleh dari LMS dan platform evaluasi pembelajaran lainnya yang terintegrasi dengan sistem.
- b) Penggunaan: Data hasil tes digunakan untuk menentukan tingkat pemahaman siswa terhadap suatu materi dan membantu modul ini merekomendasikan konten yang sesuai dengan tingkat kesulitan yang tepat.

4. Data Umpan Balik Guru dan Evaluasi Kualitatif:

Umpan balik kualitatif yang diberikan oleh guru berdasarkan pengamatan di kelas, partisipasi siswa dalam diskusi, dan catatan evaluasi lainnya. Data ini juga bisa berupa catatan

khusus dari guru mengenai kemampuan atau tantangan belajar siswa.

- a) Sumber: Input manual dari guru melalui platform LMS atau sistem umpan balik yang terintegrasi.
- b) Penggunaan: Data ini digunakan untuk melengkapi analisis kuantitatif dan membantu dalam memberikan rekomendasi yang lebih komprehensif dan relevan berdasarkan penilaian manusia.

5. Data Konten dan Metadata Pembelajaran:

Informasi terkait konten pembelajaran yang tersedia di sistem, seperti kategori konten, tingkat kesulitan, topik, panjang durasi, dan format konten (teks, video, interaktif).

- a) Sumber: Diperoleh dari database konten pembelajaran yang diunggah atau tersedia di platform pembelajaran.
- b) Penggunaan: Digunakan untuk mencocokkan karakteristik konten dengan kebutuhan dan preferensi siswa, sehingga rekomendasi yang dihasilkan lebih relevan dan efektif.

6. Data Sosial dan Interaksi Kelompok:

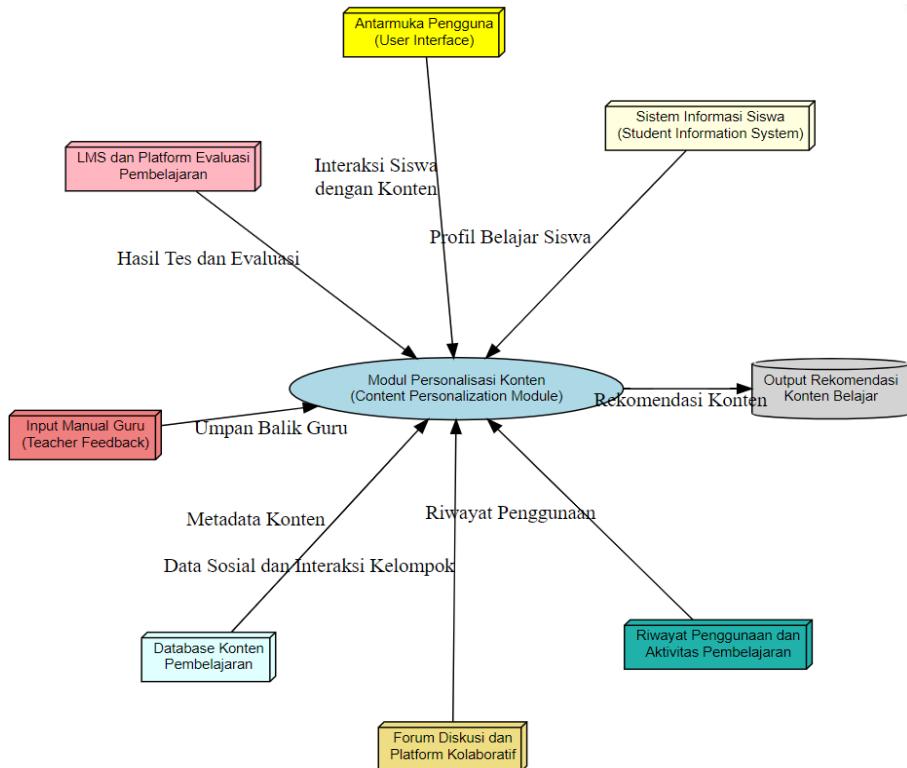
Informasi tentang interaksi sosial siswa dalam lingkungan pembelajaran, termasuk partisipasi dalam forum diskusi, kerja kelompok, dan aktivitas kolaboratif lainnya.

- a) Sumber: Data dikumpulkan dari forum diskusi online, platform kolaboratif, dan LMS.
- b) Penggunaan: Data ini membantu dalam menghasilkan rekomendasi konten berdasarkan pola belajar sosial dan preferensi kolaboratif siswa, seperti rekomendasi topik diskusi atau proyek kelompok.

7. Riwayat Penggunaan dan Aktivitas Pembelajaran:

Riwayat aktivitas belajar siswa di platform, seperti frekuensi login, durasi penggunaan aplikasi, dan riwayat pencarian konten.

- a) Sumber: Data ini dikumpulkan melalui logging sistem dan analitik pengguna pada platform.
- b) Penggunaan: Digunakan untuk menentukan keterlibatan siswa secara keseluruhan dan preferensi penggunaan aplikasi, membantu memprediksi kebutuhan konten di masa depan.



Gambar 3.3.1 Diagram Konteks Modul Personalisasi Konten

Dengan menggunakan data-data ini sebagai input, “Modul Personalisasi Konten” dapat mengoptimalkan rekomendasi yang diberikan kepada setiap siswa, sehingga pengalaman belajar yang dihasilkan menjadi lebih adaptif dan personal. Data ini dianalisis

secara terus-menerus untuk memastikan bahwa rekomendasi konten tetap relevan dengan perubahan kebutuhan dan preferensi siswa.

3.3.2 Komponen: Rekomendasi Konten dan Faktorisasi Matriks

“Modul Personalisasi Konten” dalam LENTERAMU menggunakan beberapa komponen utama untuk menyediakan rekomendasi konten yang disesuaikan dengan kebutuhan dan preferensi setiap siswa. Dua komponen inti dalam modul ini adalah Rekomendasi Konten (Content-Based Filtering, Collaborative Filtering) dan Faktorisasi Matriks. Kedua komponen ini bekerja bersama untuk menghasilkan rekomendasi konten yang akurat dan relevan, membantu meningkatkan keterlibatan siswa dan efektivitas pembelajaran.

1. Komponen Rekomendasi Konten

Komponen *Rekomendasi Konten* bertanggung jawab untuk menyarankan materi pembelajaran yang relevan berdasarkan profil belajar siswa, interaksi sebelumnya dengan konten, dan kinerja akademis mereka. Untuk melakukan ini, sistem menggunakan berbagai algoritma pembelajaran mesin (machine learning) yang memanfaatkan data siswa untuk menentukan materi pembelajaran yang paling cocok bagi mereka.

a) Metode Rekomendasi yang Digunakan

1) Content-Based Filtering:

- Metode ini merekomendasikan konten berdasarkan preferensi dan riwayat interaksi siswa dengan konten yang serupa. Sistem menganalisis fitur konten (misalnya, topik, tingkat kesulitan, format) yang disukai oleh siswa di masa lalu dan kemudian merekomendasikan konten yang memiliki kesamaan.
- Implementasi: Teknik seperti *Term Frequency-Inverse Document Frequency* (TF-IDF)

IDF) atau Representasi Vektor Kata (Word2Vec) digunakan untuk memodelkan fitur konten, yang kemudian dibandingkan dengan konten yang sudah pernah diakses oleh siswa.

2) Collaborative Filtering:

- Metode ini merekomendasikan konten berdasarkan pola interaksi pengguna yang serupa (misalnya, siswa dengan preferensi dan perilaku belajar yang serupa). Sistem menganalisis perilaku sekelompok siswa dan menyarankan konten yang disukai oleh pengguna lain yang memiliki karakteristik serupa.
- Implementasi: Collaborative Filtering dapat dilakukan dengan dua pendekatan: *User-Based Filtering*, di mana rekomendasi dibuat berdasarkan siswa yang serupa, dan *Item-Based Filtering*, di mana rekomendasi dibuat berdasarkan kesamaan konten yang dipilih oleh siswa yang sama.

3) Hybrid Recommendation System:

- Menggabungkan metode Content-Based dan Collaborative Filtering untuk mengatasi kelemahan masing-masing metode dan meningkatkan akurasi rekomendasi. Sistem ini mempertimbangkan baik preferensi individu maupun tren kelompok untuk memberikan saran konten yang lebih kaya.
- Implementasi: Penggunaan model hybrid dapat dilakukan dengan menggabungkan skor rekomendasi dari kedua metode atau dengan menggunakan algoritma yang lebih

kompleks seperti Deep Learning untuk menyatukan berbagai sumber informasi.

b) Fungsi Utama Komponen Rekomendasi Konten:

- 1) Menghasilkan Rekomendasi Personalisasi.

Menyediakan daftar konten yang diprioritaskan berdasarkan analisis preferensi siswa dan data perilaku belajar.

- 2) Memantau Efektivitas Rekomendasi.

Menggunakan data umpan balik dan tingkat keterlibatan siswa dengan konten yang direkomendasikan untuk terus memperbaiki akurasi rekomendasi di masa depan.

- 3) Memperbarui Preferensi Siswa Secara Dinamis.

Menyesuaikan rekomendasi berdasarkan perubahan dalam pola belajar dan kinerja siswa dari waktu ke waktu.

2. Komponen Faktorisasi Matriks

Faktorisasi Matriks adalah metode matematika yang digunakan dalam sistem rekomendasi untuk menguraikan matriks besar menjadi bentuk yang lebih sederhana yang dapat digunakan untuk memprediksi preferensi pengguna terhadap item yang belum mereka nilai. Dalam konteks “Modul Personalisasi Konten”, Faktorisasi Matriks digunakan untuk menghasilkan rekomendasi konten berdasarkan interaksi siswa dengan konten pembelajaran yang berbeda.

a) Metode Faktorisasi Matriks yang Digunakan:

- 1) Singular Value Decomposition (SVD)

Metode SVD memecah matriks besar, seperti matriks siswa-konten, menjadi beberapa matriks kecil yang lebih mudah dianalisis. Matriks hasil dekomposisi ini kemudian digunakan untuk mengidentifikasi korelasi antara siswa dan konten yang mungkin belum pernah diakses oleh siswa tersebut.

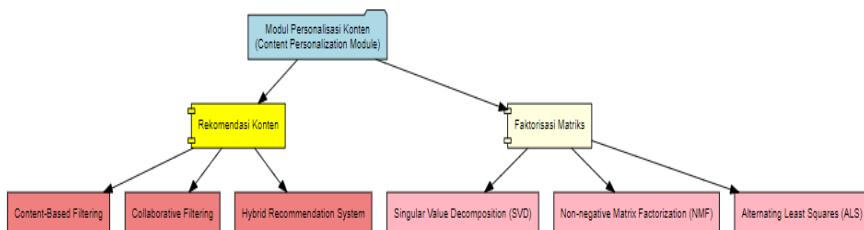
- Implementasi: SVD sering digunakan dalam Collaborative Filtering berbasis model untuk mengurangi dimensi data dan mengatasi masalah sparsity (ketipisan data) dalam sistem rekomendasi.
- 2) Non-negative Matrix Factorization (NMF)
- Metode NMF digunakan untuk memecah matriks nilai menjadi dua matriks dengan nilai non-negatif yang lebih kecil. Pendekatan ini efektif dalam mengidentifikasi faktor-faktor laten yang menggambarkan hubungan antara siswa dan konten.
- Implementasi: NMF digunakan untuk menangani data yang sangat besar dan sparse, dengan tujuan menghasilkan rekomendasi yang lebih akurat dalam konteks data pembelajaran.
- 3) Alternating Least Squares (ALS)
- ALS adalah metode faktorisasi matriks yang sering digunakan dalam sistem rekomendasi skala besar. Metode ini bekerja dengan mengoptimalkan model rekomendasi melalui iterasi yang bertujuan untuk meminimalkan kesalahan prediksi.
- Implementasi: ALS sangat efektif dalam menangani data dengan skala besar dan digunakan secara luas dalam sistem rekomendasi berbasis Collaborative Filtering.

- b) Fungsi Utama Komponen Faktorisasi Matriks:
- 1) Memprediksi Preferensi Siswa Terhadap Konten Baru.
- Menggunakan dekomposisi matriks untuk memprediksi skor preferensi siswa terhadap konten

yang belum mereka akses. Hal ini memungkinkan sistem untuk merekomendasikan konten yang relevan yang kemungkinan besar akan disukai siswa.

- 2) Meningkatkan Akurasi Rekomendasi
Mengurangi bias dan overfitting yang dapat terjadi pada metode rekomendasi lainnya dengan menyederhanakan hubungan kompleks antara siswa dan konten melalui matriks laten.
- 3) Mengelola Data Skala Besar dengan Efisien
Faktorisasi matriks memungkinkan sistem untuk menangani data dengan skala besar secara efisien, menjaga kinerja sistem tetap tinggi meskipun jumlah siswa dan konten yang direkomendasikan meningkat.

Dengan menggunakan *Rekomendasi Konten* dan Faktorisasi Matriks sebagai komponen inti, “Modul Personalisasi Konten” dapat memberikan rekomendasi yang lebih relevan, akurat, dan dinamis kepada setiap siswa. Hal ini memungkinkan pembelajaran yang lebih personal dan adaptif, sesuai dengan kebutuhan dan preferensi individu setiap siswa.



Gambar 3.3.2 Diagram Komponen Modul Personalisasi Konten

3.3.3 Proses dan Output

“Modul Personalisasi Konten” dalam LENTERAMU bekerja melalui serangkaian proses yang mengintegrasikan data siswa, algoritma rekomendasi, dan teknik faktorisasi matriks untuk menghasilkan rekomendasi konten yang relevan dan adaptif. Proses ini melibatkan

beberapa langkah penting mulai dari pengumpulan data hingga pengolahan dan penentuan rekomendasi, diakhiri dengan menghasilkan output berupa saran konten yang disesuaikan dengan kebutuhan belajar setiap siswa. Modul ini dirancang untuk terus belajar dari interaksi siswa dengan konten yang direkomendasikan, sehingga meningkatkan kualitas rekomendasi seiring waktu.

1. Proses dalam Modul Personalisasi Konten

Proses dalam modul ini terdiri dari beberapa tahap yang berurutan, mulai dari pengumpulan dan pra-pemrosesan data hingga rekomendasi konten yang dihasilkan secara real-time:

a) Pengumpulan dan Pra-pemrosesan Data

1) Langkah Pengumpulan Data

Sistem mengumpulkan data yang relevan dari berbagai sumber, seperti data profil belajar siswa, interaksi siswa dengan konten, hasil tes dan evaluasi, serta umpan balik dari guru. Data ini digunakan sebagai input utama dalam proses rekomendasi.

2) Pra-pemrosesan Data

Data yang telah dikumpulkan diproses lebih lanjut untuk menghilangkan outliers, mengatasi data yang hilang, dan menormalkan data agar sesuai dengan model rekomendasi yang digunakan. Data teks seperti deskripsi konten juga melalui langkah pemrosesan seperti tokenisasi dan stemming untuk memudahkan analisis.

b) Penerapan Algoritma Rekomendasi Konten:

1) Content-Based Filtering

Sistem menganalisis fitur konten yang telah diakses oleh siswa dan mencocokkannya dengan konten yang belum diakses tetapi memiliki fitur serupa. Rekomendasi dibuat berdasarkan kesamaan fitur antara konten-konten ini.

2) Collaborative Filtering

Algoritma ini memanfaatkan pola interaksi siswa yang serupa untuk memberikan rekomendasi. Misalnya, jika siswa A dan B memiliki preferensi belajar yang mirip, dan A telah mengakses konten X yang belum diakses oleh B, maka konten X akan direkomendasikan kepada B.

3) Hybrid Recommendation System

Menggabungkan pendekatan Content-Based dan Collaborative Filtering untuk menghasilkan rekomendasi yang lebih robust. Hasil rekomendasi dari kedua metode ini digabungkan untuk memberikan rekomendasi konten yang lebih kaya.

c) Penerapan Teknik Faktorisasi Matriks:

1) Pembentukan Matriks Siswa-Konten

Sistem membentuk matriks besar yang merepresentasikan interaksi antara siswa dan konten, dengan nilai-nilai yang menunjukkan tingkat keterlibatan atau preferensi siswa terhadap konten tertentu.

2) Dekomposisi Matriks Menggunakan SVD atau ALS

Matriks ini kemudian diuraikan menjadi bentuk yang lebih kecil dan terkelola menggunakan teknik faktorisasi matriks seperti *Singular Value Decomposition* (SVD) atau *Alternating Least Squares* (ALS). Teknik ini membantu mengungkapkan faktor-faktor laten yang tidak terlihat secara langsung dalam data mentah.

3) Prediksi Nilai Preferensi

Setelah faktorisasi, sistem dapat memprediksi skor preferensi siswa untuk konten yang belum mereka akses, memungkinkan modul untuk merekomendasikan konten tersebut kepada siswa yang bersangkutan.

d) Evaluasi dan Penyesuaian Rekomendasi:

- 1) Pemantauan Kinerja Rekomendasi
Sistem memantau kinerja konten yang direkomendasikan dengan melacak metrik keterlibatan siswa seperti waktu yang dihabiskan pada konten, frekuensi akses, dan tingkat penyelesaian.
- 2) Penyesuaian Dinamis Berdasarkan Umpan Balik
Berdasarkan umpan balik dan data keterlibatan, model rekomendasi diperbarui secara dinamis untuk meningkatkan akurasi dan relevansi rekomendasi. Sistem belajar dari interaksi baru ini untuk memperbaiki model di iterasi berikutnya.

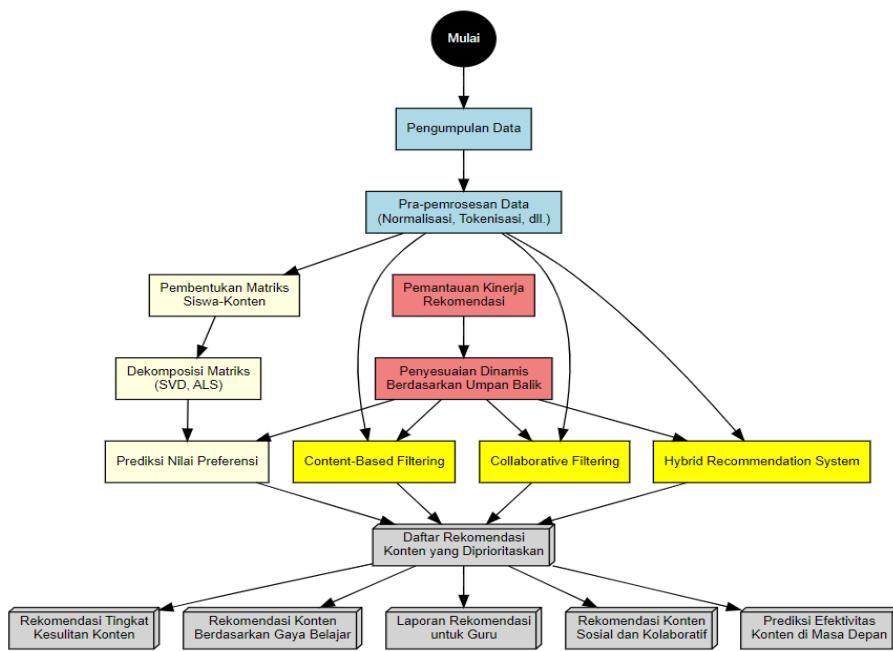
2. Output dari Modul Personalisasi Konten

Output yang dihasilkan oleh “Modul Personalisasi Konten” berupa rekomendasi konten yang dipersonalisasi untuk setiap siswa. Output ini dapat berupa berbagai jenis materi pembelajaran yang disesuaikan dengan profil belajar, preferensi, dan kebutuhan siswa. Berikut adalah jenis-jenis output yang dihasilkan:

- a) Daftar Rekomendasi Konten yang Diprioritaskan:
Daftar materi pembelajaran seperti video, artikel, latihan soal, atau modul interaktif yang disusun berdasarkan relevansi dan prioritas yang paling sesuai dengan siswa.
 - Penggunaan: Daftar rekomendasi ini disajikan kepada siswa melalui antarmuka pengguna, memungkinkan siswa untuk memilih konten yang mereka inginkan sesuai dengan kebutuhan belajar mereka.
- b) Rekomendasi Tingkat Kesulitan Konten
Saran tentang tingkat kesulitan konten yang disesuaikan dengan kemampuan dan kemajuan siswa. Misalnya, siswa dengan pemahaman dasar mungkin akan disarankan konten tingkat dasar, sedangkan siswa dengan pemahaman lebih lanjut akan disarankan konten tingkat lanjutan.

- Penggunaan: Rekomendasi ini membantu siswa untuk belajar dengan ritme yang sesuai dengan kemampuan mereka, sehingga meningkatkan pemahaman dan mengurangi kebosanan atau rasa kewalahan.
- c) Rekomendasi Konten Berdasarkan Gaya Belajar
- Output ini menyarankan konten yang sesuai dengan gaya belajar siswa, seperti konten visual (infografis, video), auditori (podcast, penjelasan audio), atau kinestetik (simulasi, eksperimen interaktif).
- Penggunaan: Membantu siswa untuk belajar dengan cara yang paling efektif bagi mereka, meningkatkan keterlibatan dan hasil belajar.
- d) Laporan Rekomendasi untuk Guru
- Laporan ini memberikan wawasan kepada guru tentang rekomendasi konten yang diberikan kepada setiap siswa, serta alasan di balik rekomendasi tersebut berdasarkan analisis data.
- Penggunaan: Guru dapat menggunakan laporan ini untuk menyesuaikan strategi pengajaran mereka atau memberikan intervensi yang lebih terarah.
- e) Rekomendasi Konten Sosial dan Kolaboratif
- Sistem dapat merekomendasikan topik diskusi, proyek kelompok, atau aktivitas kolaboratif berdasarkan interaksi sosial siswa dan preferensi kelompok belajar.
- Penggunaan: Membantu meningkatkan keterlibatan sosial siswa dan mendorong pembelajaran kolaboratif yang lebih efektif.
- f) Prediksi Efektivitas Konten di Masa Depan
- Prediksi mengenai seberapa besar kemungkinan konten tertentu akan efektif jika direkomendasikan kepada siswa lain dengan profil belajar serupa.
- Penggunaan: Membantu sistem untuk memprioritaskan rekomendasi konten di masa

mendatang, berdasarkan hasil prediksi yang dihasilkan oleh model rekomendasi.



Gambar 3.3.3 Proses dan Output Modul Personalisasi Konten

Output ini dihasilkan secara berkelanjutan dan diperbarui secara real-time, memungkinkan sistem untuk selalu memberikan rekomendasi yang relevan dan sesuai dengan kebutuhan belajar yang terus berkembang. Dengan pendekatan ini, "Modul Personalisasi Konten" memastikan bahwa setiap siswa mendapatkan pengalaman belajar yang optimal dan efektif.

3.4 Modul Umpan Balik Adaptif

“Modul Umpan Balik Adaptif” adalah salah satu komponen penting dalam LENTERAMU yang berfungsi untuk memberikan umpan balik yang disesuaikan dengan kebutuhan belajar dan kinerja individu siswa. Tujuan utama dari modul ini adalah untuk membantu siswa memahami kesalahan mereka, meningkatkan strategi belajar mereka, dan memotivasi mereka untuk mencapai hasil belajar yang lebih baik melalui umpan balik yang tepat waktu dan relevan.

Modul ini menggunakan pendekatan *Reinforcement Learning* (RL), khususnya algoritma Q-learning, untuk memberikan umpan balik yang dinamis berdasarkan respons dan kinerja siswa. Melalui mekanisme ini, sistem dapat menentukan tindakan (misalnya, memberi saran, memberikan peringatan, atau merekomendasikan konten tertentu) yang optimal berdasarkan interaksi siswa sebelumnya dan hasil pembelajaran yang diinginkan.

Fungsi utama dari “Modul Umpan Balik Adaptif” meliputi:

- a) Memberikan Umpan Balik yang Tepat Waktu dan Relevan.
Sistem mengidentifikasi kapan dan jenis umpan balik apa yang paling efektif untuk diberikan berdasarkan aktivitas dan kinerja siswa.
- b) Mendukung Pembelajaran Berkelanjutan.
Dengan menyediakan umpan balik yang spesifik dan konstruktif, modul ini membantu siswa untuk memperbaiki kesalahan mereka dan memperkuat pemahaman konsep.
- c) Mengoptimalkan Pengalaman Belajar.
Sistem secara adaptif menyesuaikan umpan balik berdasarkan interaksi siswa, meningkatkan keterlibatan dan motivasi belajar.

Modul ini terintegrasi erat dengan modul lain dalam sistem untuk mengumpulkan data relevan dan memanfaatkan informasi tersebut untuk memberikan umpan balik yang efektif. Pada bagian berikutnya,

akan dijelaskan secara rinci mengenai jenis input dan data yang digunakan oleh modul ini.

3.4.1 Input dan Data yang Digunakan

Untuk memberikan umpan balik yang adaptif dan efektif, "Modul Umpan Balik Adaptif" menggunakan berbagai jenis data sebagai input. Data ini diambil dari berbagai sumber yang mencakup informasi terkait kinerja siswa, pola belajar, dan interaksi dengan konten pembelajaran. Berikut adalah jenis-jenis data yang digunakan sebagai input dalam modul ini:

1. Data Hasil Tes dan Evaluasi Kinerja:

Data ini mencakup nilai atau skor dari berbagai tes, ujian, kuis, dan tugas formatif yang diberikan kepada siswa. Termasuk juga analisis kesalahan yang dilakukan oleh siswa, seperti jenis kesalahan yang sering terjadi dan frekuensi kesalahan yang dibuat.

- a) Sumber: Data ini diperoleh dari platform evaluasi pembelajaran atau *Learning Management System* (LMS) yang terintegrasi dengan sistem.
- b) Penggunaan: Digunakan untuk mengevaluasi sejauh mana siswa memahami materi yang telah diajarkan dan mengidentifikasi area yang memerlukan perhatian khusus dalam umpan balik.

2. Data Interaksi Siswa dengan Konten Pembelajaran:

Informasi tentang bagaimana siswa berinteraksi dengan berbagai jenis konten pembelajaran, seperti waktu yang dihabiskan pada setiap materi, tingkat penyelesaian tugas, dan jumlah percobaan yang dilakukan dalam latihan soal.

- a) Sumber: Data ini dikumpulkan dari antarmuka pengguna dan platform pembelajaran yang digunakan oleh siswa.
- b) Penggunaan: Data ini membantu dalam memahami pola belajar siswa dan menyesuaikan umpan balik

berdasarkan tingkat keterlibatan mereka dengan materi tertentu.

3. Data Umpan Balik dari Guru dan Observasi Kelas:

Umpan balik kualitatif dari guru yang mencakup pengamatan mengenai perilaku siswa di kelas, partisipasi dalam diskusi, serta catatan mengenai kekuatan dan kelemahan siswa.

- a) Sumber: Data ini diperoleh dari input manual guru melalui sistem LMS atau platform umpan balik yang terintegrasi.
- b) Penggunaan: Umpan balik ini digunakan untuk melengkapi analisis kuantitatif dan membantu sistem dalam memberikan umpan balik yang lebih holistik dan sesuai konteks.

4. Data Profil Belajar Siswa:

Informasi tentang preferensi gaya belajar siswa (misalnya, visual, auditori, kinestetik), kemampuan, dan latar belakang pendidikan mereka.

- a) Sumber: Data ini diambil dari Sistem Informasi Siswa (Student Information System/SIS) dan Modul Analisis Data Siswa yang sudah diolah sebelumnya.
- b) Penggunaan: Data ini membantu sistem untuk menyesuaikan format dan jenis umpan balik yang diberikan agar lebih efektif sesuai dengan karakteristik siswa.

5. Data Historis Umpan Balik dan Respons Siswa:

Data tentang riwayat umpan balik yang telah diberikan kepada siswa sebelumnya dan respons mereka terhadap umpan balik tersebut, termasuk apakah mereka mengambil tindakan yang direkomendasikan atau tidak.

- a) Sumber: Data ini diperoleh dari log interaksi sistem dan modul umpan balik.
- b) Penggunaan: Digunakan untuk mempelajari pola respons siswa terhadap umpan balik yang diberikan

dan menyesuaikan strategi umpan balik untuk di masa depan.

6. Data Analitik Penggunaan dan Aktivitas Siswa:

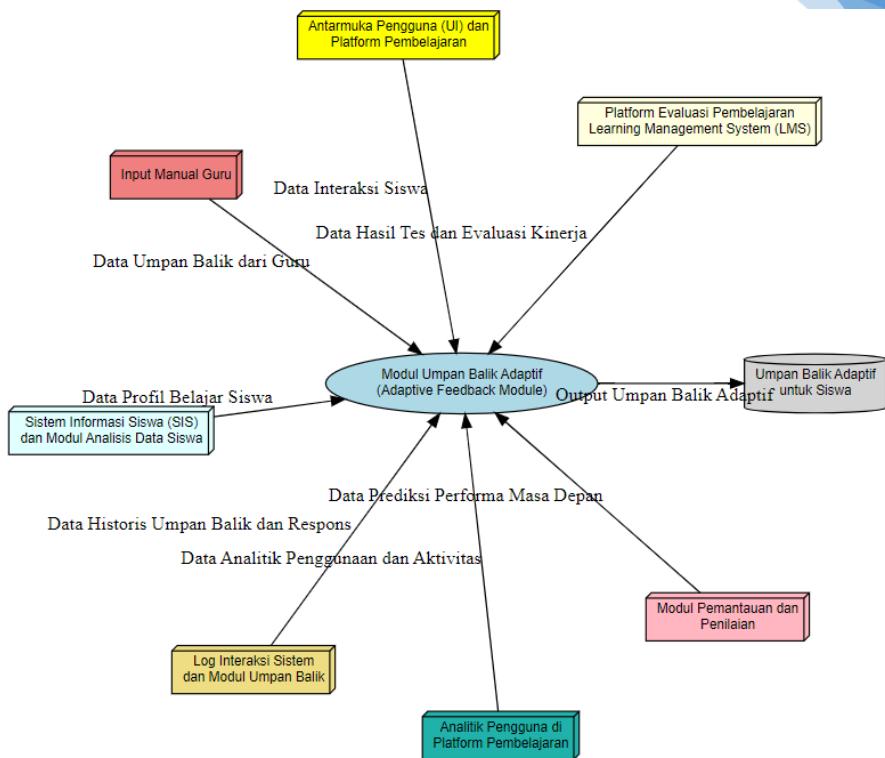
Informasi tentang pola penggunaan aplikasi, seperti frekuensi login, penggunaan fitur tertentu, dan preferensi konten.

- a) Sumber: Data ini diperoleh melalui logging dan analitik pengguna di platform pembelajaran.
- b) Penggunaan: Membantu sistem dalam memahami keterlibatan siswa secara keseluruhan dan menyesuaikan frekuensi dan intensitas umpan balik.

7. Data Prediksi Performa Masa Depan:

Data prediktif yang dihasilkan dari model pembelajaran mesin mengenai kemungkinan kinerja siswa di masa depan berdasarkan pola belajar dan interaksi saat ini.

- a) Sumber: Dihasilkan dari modul pemantauan dan penilaian yang menggunakan algoritma prediktif.
- b) Penggunaan: Data ini membantu sistem untuk memberikan umpan balik yang proaktif guna mencegah potensi masalah belajar di masa depan.



Gambar 3.4.1 Diagram Konteks Modul Umpan Balik Adaptif

Dengan menggunakan berbagai jenis data ini sebagai input, “Modul Umpan Balik Adaptif” dapat memberikan umpan balik yang lebih relevan dan efektif, yang disesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan belajar setiap siswa. Data ini dianalisis secara berkelanjutan untuk memastikan bahwa umpan balik yang diberikan tetap relevan dengan perkembangan dan perubahan dalam proses belajar siswa.

3.4.2 Komponen: Reinforcement Learning (Q-learning)

“Modul Umpan Balik Adaptif” dalam LENTERAMU menggunakan pendekatan *Reinforcement Learning* (RL) untuk memberikan umpan balik yang dinamis dan disesuaikan berdasarkan interaksi dan kinerja siswa. Di dalam modul ini, salah satu teknik utama yang digunakan adalah Q-learning, sebuah algoritma pembelajaran penguatan (reinforcement learning) yang memungkinkan sistem untuk belajar dari pengalaman dan secara bertahap meningkatkan strategi umpan baliknya berdasarkan tindakan siswa dan hasil yang diperoleh.

1. Reinforcement Learning dan Q-learning: Gambaran Umum

Reinforcement Learning (RL) adalah salah satu sub-bidang AI di mana agen belajar untuk membuat keputusan dengan cara mencoba berbagai tindakan di lingkungan tertentu dan mendapatkan penghargaan (reward) atau hukuman (penalty) sebagai hasil dari tindakan tersebut. Tujuan utama RL adalah untuk memaksimalkan nilai kumulatif dari penghargaan yang diperoleh agen selama proses belajar.

Q-learning adalah salah satu algoritma RL yang paling populer. Algoritma ini bekerja dengan membangun fungsi nilai yang disebut *Q-value* yang memetakan setiap tindakan yang mungkin dilakukan di setiap keadaan tertentu ke nilai numerik yang mewakili seberapa baik tindakan tersebut dalam menghasilkan penghargaan di masa depan. Dalam konteks “Modul Umpan Balik Adaptif”, Q-learning digunakan untuk mengoptimalkan strategi pemberian umpan balik yang paling efektif bagi siswa, berdasarkan interaksi mereka dengan sistem dan respons mereka terhadap umpan balik yang diberikan.

Prinsip Kerja Q-learning:

- a) *State (S)*: Mewakili keadaan saat ini dari siswa, seperti tingkat pemahaman konsep, keterlibatan dalam pembelajaran, dan respons terhadap umpan balik sebelumnya.

- b) *Action (A)*: Merupakan tindakan yang diambil oleh sistem untuk memberikan umpan balik, seperti menyarankan materi tambahan, memberikan contoh yang berbeda, atau memberikan pujian atau peringatan.
- c) *Reward (R)*: Adalah nilai yang diterima sistem sebagai hasil dari tindakan yang diambil, yang bisa positif (misalnya, peningkatan skor tes atau keterlibatan siswa) atau negatif (misalnya, penurunan keterlibatan atau skor yang rendah).
- d) *Q-value ($Q(S, A)$)*: Mewakili kualitas dari tindakan A yang diambil pada keadaan S . Q-value diperbarui secara berkelanjutan untuk mencerminkan seberapa baik tindakan tersebut dalam memaksimalkan penghargaan kumulatif.

2. Implementasi Q-learning dalam Modul Umpam Balik Adaptif

Dalam “Modul Umpam Balik Adaptif”, Q-learning digunakan untuk mengelola dan mengoptimalkan umpan balik berdasarkan keadaan dan tindakan siswa di lingkungan pembelajaran digital. Berikut adalah elemen-elemen inti dalam penerapan Q-learning di modul ini:

- a) Representasi Keadaan (State Representation):
 - 1) Sistem memetakan berbagai fitur dan atribut siswa ke dalam ruang keadaan (state space) yang terdefinisi dengan baik. Fitur-fitur ini meliputi tingkat pemahaman konsep, hasil evaluasi terbaru, waktu yang dihabiskan pada materi tertentu, dan pola interaksi dengan konten.
 - 2) Keadaan siswa diperbarui secara dinamis berdasarkan aktivitas terbaru mereka dan hasil pembelajaran. Misalnya, jika siswa gagal dalam beberapa soal latihan berturut-turut, keadaan mereka bisa diperbarui menjadi “pemahaman rendah pada topik tertentu.”
- b) Definisi Tindakan (Action Definition):
 - 1) Sistem memiliki kumpulan tindakan yang telah ditentukan sebelumnya untuk setiap keadaan, seperti memberikan umpan balik spesifik,

merekendasikan sumber belajar tambahan, mengulang materi tertentu, atau memberikan motivasi melalui pujian.

- 2) Tindakan yang tersedia ditentukan berdasarkan analisis kondisi siswa dan strategi pembelajaran yang telah terbukti efektif dalam konteks serupa.
- c) Fungsi Reward (Reward Function):
 - 1) Fungsi *reward* dalam Q-learning didefinisikan untuk mengukur efektivitas tindakan yang diambil oleh sistem. Misalnya, jika tindakan yang diambil menghasilkan peningkatan kinerja siswa pada ujian berikutnya, sistem mendapatkan penghargaan yang lebih tinggi.
 - 2) *Reward* juga dapat mencakup metrik lain seperti peningkatan keterlibatan siswa, waktu yang dihabiskan dalam materi, atau respons positif terhadap umpan balik. Sebaliknya, jika tindakan yang diambil mengakibatkan penurunan keterlibatan atau performa, sistem mendapatkan hukuman.
- d) **Pembaharuan Q-value (Q-value Update):**

Algoritma Q-learning memperbarui nilai Q berdasarkan persamaan berikut:

$$Q(S, A) \leftarrow Q(S, A) + \alpha [R + \gamma \max Q(S', a') - Q(S, A)]$$

Di mana:

$Q(S, A)$ = nilai Q saat ini untuk keadaan S dan tindakan A.

α = laju pembelajaran (learning rate).

R = reward yang diterima setelah mengambil tindakan A pada keadaan S.

γ = faktor diskon yang mengontrol pentingnya reward masa depan.

$\max Q(S', a')$ = nilai Q tertinggi untuk keadaan berikutnya S' .

e) **Eksplorasi dan Eksploitasi (Exploration vs. Exploitation):**

- 1) Sistem menggunakan pendekatan *epsilon-greedy* untuk menyeimbangkan antara eksplorasi tindakan baru yang mungkin lebih efektif (eksplorasi) dan mengeksplotasi tindakan yang sudah diketahui memberikan hasil terbaik (eksploitasi).
- 2) Parameter epsilon (ϵ) digunakan untuk mengatur probabilitas eksplorasi, yang secara bertahap menurun seiring waktu saat sistem belajar dari interaksi.

Dalam pendekatan *epsilon-greedy*:

- 1) Dengan probabilitas $1-\epsilon$, sistem akan mengeksplotasi dan memilih tindakan yang memiliki nilai $Q(S,A)$ tertinggi (memaksimalkan keuntungan berdasarkan data historis).
- 2) Dengan probabilitas ϵ , sistem akan menjelajah (eksplorasi) dan mencoba tindakan acak yang mungkin belum optimal tetapi bisa membuka peluang menemukan solusi atau tindakan yang lebih baik di masa depan.

Korelasi Epsilon-Greedy dengan Rumus Q-learning

1) **Eksploitasi (Menggunakan Q-value)**

Ketika sistem memilih untuk mengeksplotasi, sistem memilih tindakan dengan nilai Q tertinggi saat ini. Ini berarti bahwa dalam rumus Q, $\max Q(S', A')$ digunakan untuk memperbarui nilai Q, dan eksploitasi akan memilih tindakan yang sudah memiliki nilai Q tertinggi untuk keadaan tersebut.

2) **Eksplorasi (Mengabaikan sementara Q-value)**

Ketika sistem memilih untuk mengeksplorasi, tindakan dipilih secara acak, tanpa memperhatikan nilai Q saat ini. Meskipun tindakan tersebut mungkin tidak optimal,

eksplorasi ini membantu sistem menemukan potensi tindakan lain yang mungkin memberikan reward lebih baik di masa depan. Jika eksplorasi menghasilkan reward yang tinggi, nilai Q akan diperbarui menggunakan rumus Q, yang pada akhirnya meningkatkan akurasi sistem dalam memilih tindakan terbaik di masa depan.

3) Pengaruh epsilon

Nilai ϵ mengontrol seberapa sering sistem memilih untuk mengeksplorasi. Pada awalnya, nilai epsilon biasanya besar (sering mengeksplorasi) untuk memberi kesempatan pada sistem menemukan berbagai kemungkinan. Seiring waktu dan sistem mendapatkan lebih banyak data tentang reward yang dihasilkan dari berbagai tindakan, nilai ϵ akan berkurang (lebih sering mengeksplorasi), sehingga sistem lebih sering memilih tindakan berdasarkan nilai Q yang telah diperbarui.

3. Fungsi Utama Q-learning dalam Modul Umpan Balik Adaptif

Q-learning memungkinkan sistem untuk belajar dari pengalaman dan mengoptimalkan umpan balik berdasarkan data historis dan respons siswa. Fungsi utamanya meliputi:

a) Adaptasi Dinamis

Sistem terus belajar dan beradaptasi dengan perubahan perilaku dan kebutuhan siswa, memberikan umpan balik yang lebih relevan dan efektif seiring waktu.

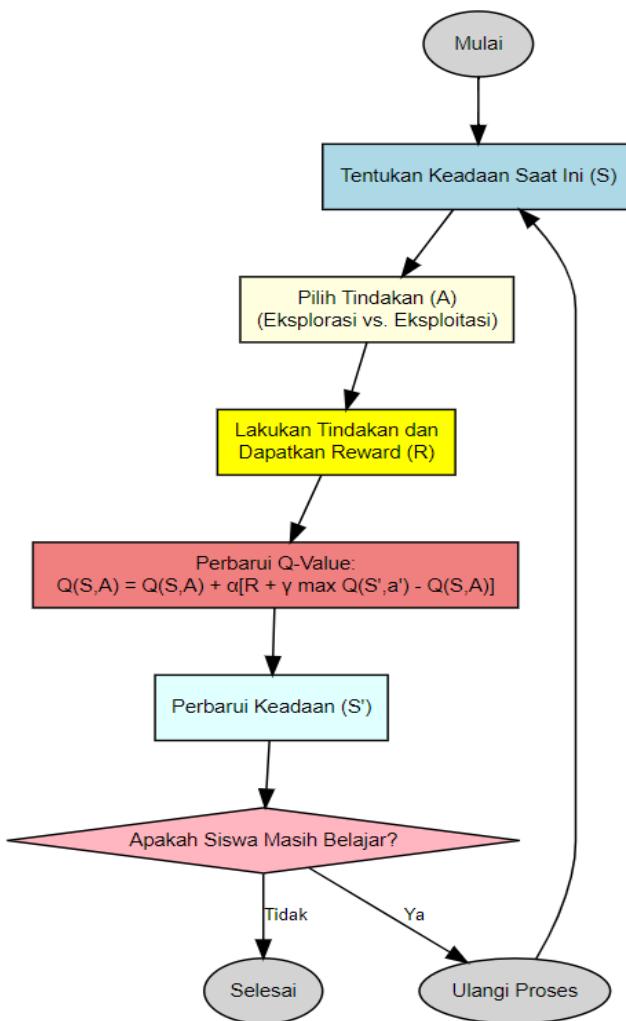
b) Optimalisasi Strategi Pembelajaran

Dengan mempelajari tindakan mana yang paling efektif dalam berbagai keadaan, sistem dapat mengembangkan strategi pembelajaran yang lebih baik yang disesuaikan dengan siswa individu.

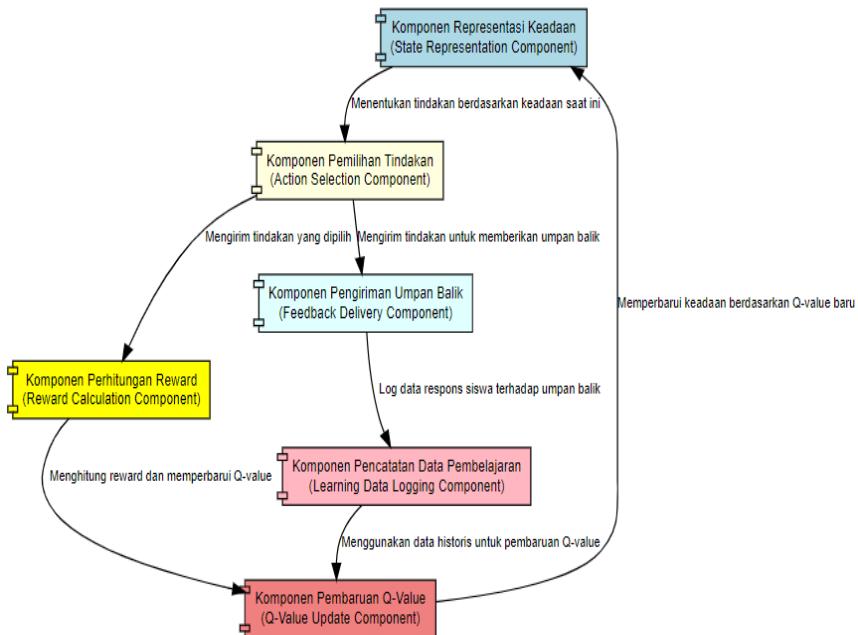
c) Peningkatan Keterlibatan Siswa

Dengan memberikan umpan balik yang tepat waktu dan relevan, Q-learning membantu meningkatkan keterlibatan

siswa dan mendorong mereka untuk belajar lebih aktif dan efektif.



Gambar 3.4.2A Diagram Alur Algoritma Q-Learning dalam Modul Umpang Balik adaptif



Gambar 3.4.2B Diagram Komponen Modul Umpam Balik Adaptif

Dengan menerapkan *Reinforcement Learning* (Q-learning), Modul Umpam Balik Adaptif diharapkan mampu memberikan umpan balik yang disesuaikan secara *real-time*, meningkatkan motivasi siswa, dan mendukung pembelajaran berkelanjutan yang lebih efektif dan personal.

3.4.3 Proses dan Output

“Modul Umpam Balik Adaptif” dalam LENTERAMU dirancang untuk memberikan umpan balik yang dinamis dan disesuaikan dengan kinerja dan kebutuhan siswa menggunakan pendekatan *Reinforcement Learning* (RL), khususnya algoritma Q-learning. Modul ini melalui serangkaian proses untuk mengumpulkan data, menganalisis tindakan siswa, dan memberikan umpan balik yang

optimal berdasarkan pengalaman yang dikumpulkan oleh sistem. Output dari modul ini mencakup berbagai jenis umpan balik yang disesuaikan untuk setiap siswa, yang dirancang untuk meningkatkan keterlibatan, motivasi, dan hasil belajar.

1. Proses dalam Modul Umpan Balik Adaptif

Proses dalam “Modul Umpan Balik Adaptif” melibatkan beberapa tahap, mulai dari pengumpulan data hingga pemberian umpan balik yang dioptimalkan. Berikut adalah langkah-langkah utama dalam proses modul ini:

1. Pengumpulan Data dan Pemantauan Keadaan Siswa:

a) Langkah Pengumpulan Data

Sistem mengumpulkan data yang relevan dari berbagai sumber, termasuk hasil tes dan evaluasi, interaksi siswa dengan konten pembelajaran, umpan balik dari guru, dan data historis tentang umpan balik dan respons siswa sebelumnya.

b) Pemantauan Keadaan Siswa

Berdasarkan data yang dikumpulkan, sistem memetakan keadaan saat ini dari setiap siswa, seperti tingkat pemahaman konsep, keterlibatan dalam pembelajaran, dan respons terhadap umpan balik sebelumnya. Keadaan ini diperbarui secara dinamis untuk mencerminkan perubahan yang terjadi selama proses pembelajaran.

2. Pemilihan Tindakan dengan Q-learning:

a) Evaluasi Q-value untuk Setiap Tindakan

Algoritma Q-learning menghitung *Q-value* untuk setiap tindakan yang mungkin diambil pada keadaan saat ini dari siswa. Tindakan ini bisa berupa memberikan umpan balik tertentu,

merekendasikan materi belajar tambahan, atau memberikan motivasi melalui pujian.

b) Eksplorasi vs Eksloitasi

Sistem menggunakan strategi *epsilon-greedy* untuk memilih tindakan, di mana dengan probabilitas tertentu (ϵ), sistem akan mengeksplorasi tindakan baru yang mungkin lebih efektif, atau mengeksloitasi tindakan yang sudah terbukti memberikan hasil yang baik.

c) Eksekusi Tindakan Optimal

Berdasarkan nilai Q yang dihitung, sistem memilih dan mengeksekusi tindakan yang optimal untuk keadaan siswa saat ini.

3. Pemberian Umpaman Balik dan Observasi Respons Siswa:

a) Pemberian Umpaman Balik

Sistem memberikan umpan balik kepada siswa sesuai dengan tindakan yang dipilih. Umpan balik ini bisa berupa arahan untuk memperbaiki kesalahan, rekomendasi untuk revisi materi, pemberian contoh tambahan, atau bentuk dukungan motivasional lainnya.

b) Pengamatan Respons Siswa

Setelah umpan balik diberikan, sistem mengamati respons siswa terhadap umpan balik tersebut. Respons ini dapat mencakup peningkatan skor tes, peningkatan keterlibatan dengan materi pembelajaran, atau perubahan pola belajar.

4. Pembaharuan Q-value dan Pembelajaran Berkelanjutan:

a) Menghitung Reward dan Memperbarui Q-value

Berdasarkan respons siswa terhadap umpan balik yang diberikan, sistem menghitung reward (penghargaan) yang diperoleh untuk tindakan tersebut. Q-value diperbarui menggunakan

persamaan Q-learning untuk mencerminkan hasil baru dan membantu sistem dalam menentukan tindakan yang lebih baik di masa depan.

b) Pembelajaran Berkelanjutan

Sistem terus memperbarui model Q-learning berdasarkan interaksi dan hasil baru, sehingga meningkatkan kemampuan sistem untuk memberikan umpan balik yang lebih efektif dan relevan seiring waktu.

5. Penyesuaian Dinamis Strategi Umpan Balik:

a) Analisis Kinerja Umpan Balik

Modul ini terus menganalisis efektivitas umpan balik yang diberikan dengan memantau metrik seperti tingkat peningkatan pemahaman konsep, frekuensi penggunaan materi, dan peningkatan keterlibatan siswa.

b) Penyesuaian Strategi Umpan Balik

Berdasarkan analisis ini, sistem dapat menyesuaikan strategi umpan balik untuk lebih sesuai dengan kebutuhan individu siswa. Hal ini termasuk penyesuaian frekuensi, intensitas, dan jenis umpan balik yang diberikan.

2. Output dari Modul Umpan Balik Adaptif

Output yang dihasilkan oleh “Modul Umpan Balik Adaptif” adalah berbagai jenis umpan balik yang disesuaikan dengan setiap siswa. Output ini dirancang untuk mendukung pembelajaran berkelanjutan dan meningkatkan hasil belajar. Berikut adalah jenis-jenis output yang dihasilkan:

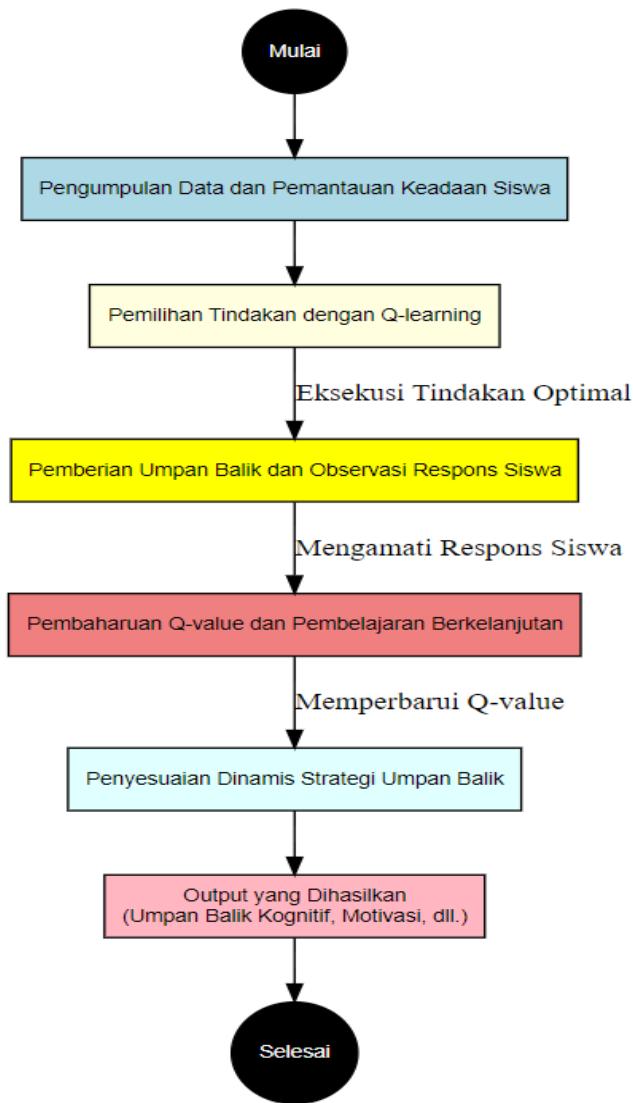
1. Umpan Balik Kognitif

Umpan balik ini berfokus pada pembelajaran kognitif siswa, seperti penjelasan tentang kesalahan yang sering dibuat, saran untuk memperbaiki pemahaman konsep, dan rekomendasi untuk mempelajari materi tambahan.

- Penggunaan: Digunakan untuk membantu siswa memahami kesalahan mereka dan mempelajari strategi yang lebih efektif untuk memecahkan masalah atau menjawab soal.
2. Umpaman Balik Motivasi
- Umpaman balik ini memberikan dorongan motivasi kepada siswa, seperti pujian untuk usaha yang baik, pengakuan atas pencapaian, atau peringatan yang ramah jika ada penurunan kinerja.
- Penggunaan: Meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran, serta mendorong mereka untuk terus belajar dan memperbaiki diri.
3. Rekomendasi Konten dan Materi Tambahan
- Berdasarkan analisis respons dan kinerja siswa, sistem dapat merekomendasikan materi belajar tambahan, seperti video, artikel, latihan soal, atau sumber belajar interaktif lainnya.
- Penggunaan: Membantu siswa yang memerlukan lebih banyak waktu untuk memahami konsep tertentu atau yang ingin mengeksplorasi materi lebih dalam.
4. Umpaman Balik Sosial dan Kolaboratif
- Rekomendasi untuk terlibat dalam diskusi kelompok, proyek kolaboratif, atau aktivitas sosial lainnya yang dapat meningkatkan keterampilan belajar dan pemahaman siswa.
- Penggunaan: Membantu siswa untuk berkolaborasi dengan rekan-rekan mereka, belajar dari satu sama lain, dan mengembangkan keterampilan sosial serta kerja tim.
5. Laporan Progres dan Wawasan Pembelajaran
- Laporan yang memberikan gambaran umum tentang kemajuan belajar siswa, termasuk area di mana siswa menunjukkan perbaikan dan area yang memerlukan perhatian lebih.

- Penggunaan: Laporan ini digunakan oleh guru dan siswa untuk memahami perkembangan pembelajaran dan untuk merencanakan langkah-langkah pembelajaran berikutnya.
6. Prediksi Kinerja Masa Depan
- Prediksi mengenai kemungkinan kinerja siswa di masa depan berdasarkan pola interaksi saat ini dan respons terhadap umpan balik sebelumnya.
- Penggunaan: Membantu guru dan siswa dalam merencanakan strategi pembelajaran yang lebih efektif di masa mendatang, dengan fokus pada area yang memerlukan peningkatan.

Dengan proses ini, “Modul Umpan Balik Adaptif” memberikan umpan balik yang tepat waktu, relevan, dan disesuaikan dengan kebutuhan siswa, sehingga meningkatkan keterlibatan dan efektivitas pembelajaran. Modul ini juga terus belajar dan beradaptasi dengan perubahan dalam pola belajar dan respons siswa, memastikan bahwa strategi umpan balik tetap optimal dan sesuai.



Gambar 3.4.3 Diagram Aktivitas Modul Umpan Balik Adaptif

3.5 Modul Pemantauan dan Penilaian

“Modul Pemantauan dan Penilaian” adalah komponen penting dalam LENTERAMU yang bertugas untuk memantau perkembangan siswa dan mengevaluasi kinerja mereka selama proses pembelajaran berlangsung. Modul ini mengintegrasikan berbagai teknik pembelajaran mesin (machine learning) dan analisis data untuk mengumpulkan, menganalisis, dan menyajikan informasi mengenai kemajuan siswa, keterlibatan dalam kegiatan belajar, dan efektivitas metode pembelajaran yang digunakan.

Fungsi utama dari Modul Pemantauan dan Penilaian adalah:

- 1) Memantau Kinerja Siswa Secara Real-time
Mengumpulkan data secara kontinu tentang kinerja siswa dalam berbagai aktivitas belajar, seperti hasil ujian, interaksi dengan konten pembelajaran, dan partisipasi dalam diskusi kelompok.
- 2) Mengevaluasi Kemajuan Pembelajaran
Menggunakan teknik pembelajaran mesin untuk mengidentifikasi pola-pola dalam data kinerja siswa, membantu guru dalam memahami kemajuan siswa secara lebih mendalam.
- 3) Menyediakan Laporan dan Wawasan Pembelajaran
Menghasilkan laporan yang komprehensif mengenai performa akademik, area kekuatan dan kelemahan, serta rekomendasi intervensi yang dapat diambil oleh guru dan administrator.

Modul ini menggunakan berbagai algoritma seperti klasifikasi, *k-Nearest Neighbors* (kNN), analisis deskriptif, dan teknik pembelajaran supervisi (supervised learning) lainnya untuk memberikan penilaian yang lebih akurat dan mendalam tentang kinerja dan perkembangan siswa. Pada bagian berikutnya, akan diuraikan lebih rinci mengenai input dan data yang digunakan oleh modul ini.

3.5.1 Input dan Data yang Digunakan

Untuk memberikan penilaian yang komprehensif dan akurat mengenai kinerja dan perkembangan siswa, "Modul Pemantauan dan Penilaian" menggunakan berbagai jenis data sebagai input. Data ini dikumpulkan dari beberapa sumber yang terkait dengan proses belajar mengajar dan aktivitas siswa di platform pembelajaran. Berikut adalah jenis-jenis data yang digunakan sebagai input dalam modul ini:

1. Data Hasil Tes dan Evaluasi Akademis

Data ini mencakup skor tes, hasil kuis, nilai ujian tengah semester, ujian akhir, tugas, dan penilaian formatif lainnya yang dilakukan oleh siswa. Data ini juga meliputi tingkat kesulitan soal dan waktu yang dihabiskan untuk menyelesaikan tes.

- a) Sumber: Diperoleh dari Learning Management System (LMS) dan platform evaluasi yang digunakan oleh sekolah atau institusi pendidikan.
- b) Penggunaan: Digunakan untuk mengevaluasi performa siswa dalam berbagai mata pelajaran dan mengidentifikasi area di mana siswa mungkin memerlukan intervensi lebih lanjut atau bantuan tambahan.

2. Data Interaksi Siswa dengan Konten Pembelajaran

Data ini mencakup informasi tentang bagaimana siswa berinteraksi dengan materi pembelajaran, seperti waktu yang dihabiskan pada setiap topik, jumlah latihan yang dikerjakan, tingkat penyelesaian konten, dan aktivitas belajar lainnya.

- a) Sumber: Data dikumpulkan melalui antarmuka pengguna pada platform pembelajaran yang digunakan oleh siswa.
- b) Penggunaan: Membantu dalam mengevaluasi keterlibatan siswa dengan konten pembelajaran dan memahami pola belajar mereka untuk

mengidentifikasi area yang memerlukan perhatian khusus.

3. Data Umpan Balik dan Observasi Guru

Umpan balik kualitatif yang diberikan oleh guru mengenai kinerja siswa, partisipasi dalam diskusi kelas, perilaku belajar, dan observasi umum tentang kemajuan mereka.

- a) Sumber: Input manual dari guru melalui sistem LMS atau platform umpan balik yang terintegrasi.
- b) Penggunaan: Data ini digunakan untuk melengkapi penilaian kuantitatif dan memberikan pandangan yang lebih holistik tentang kemajuan dan kebutuhan belajar siswa.

4. Data Profil Belajar Siswa dan Demografi

Informasi dasar tentang siswa, seperti usia, tingkat kelas, preferensi belajar (visual, auditori, kinestetik), dan latar belakang pendidikan. Profil belajar siswa ini juga mencakup informasi tentang kemampuan, minat, dan motivasi belajar.

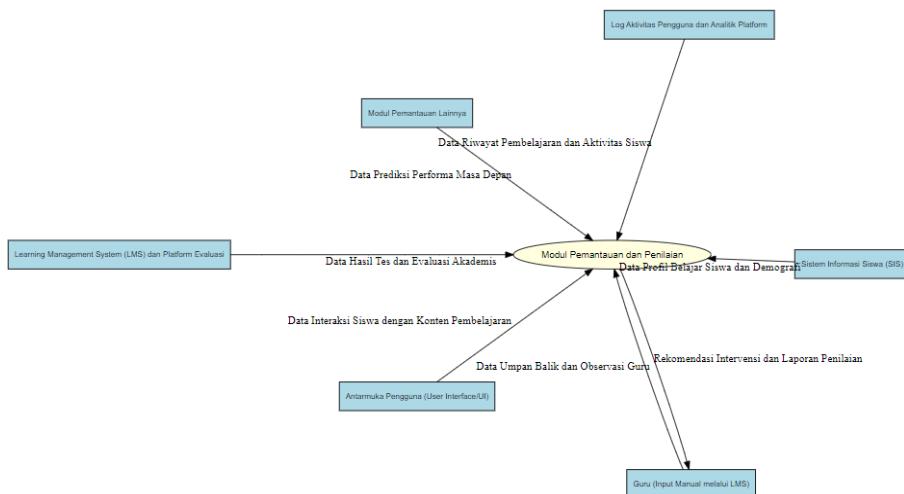
- a) Sumber: Diperoleh dari Sistem Informasi Siswa (Student Information System/SIS) dan data yang dihasilkan oleh Modul Analisis Data Siswa.
- b) Penggunaan: Data ini membantu dalam menyesuaikan pendekatan penilaian dengan karakteristik individu siswa dan meningkatkan relevansi serta akurasi evaluasi.

5. Data Riwayat Pembelajaran dan Aktivitas Siswa

Riwayat aktivitas belajar siswa di platform, termasuk frekuensi login, pencarian konten, penggunaan fitur, dan kontribusi dalam forum diskusi atau aktivitas kolaboratif.

- a) Sumber: Data ini dikumpulkan dari log aktivitas pengguna dan analitik platform pembelajaran.
- b) Penggunaan: Digunakan untuk memahami pola keterlibatan siswa secara keseluruhan dan mengevaluasi efektivitas intervensi dan strategi pembelajaran.

6. Data Analitik Penggunaan Sistem dan Keterlibatan Siswa
Metrik terkait keterlibatan siswa, seperti tingkat partisipasi dalam diskusi kelompok, frekuensi penggunaan materi pembelajaran tambahan, dan pemanfaatan alat bantu belajar.
 - a) Sumber: Dikumpulkan melalui analitik sistem yang melacak aktivitas pengguna di platform pembelajaran.
 - b) Penggunaan: Data ini digunakan untuk mengevaluasi keterlibatan siswa dan mengidentifikasi faktor-faktor yang dapat mempengaruhi motivasi belajar mereka.
7. Data Prediksi Performa Masa Depan
Data prediktif yang dihasilkan dari model pembelajaran mesin untuk memprediksi kinerja siswa di masa depan berdasarkan pola belajar dan hasil evaluasi saat ini.
 - a) Sumber: Dihasilkan dari modul pemantauan yang menggunakan teknik supervised learning seperti regresi atau pohon keputusan.
 - b) Penggunaan: Data ini digunakan untuk memberikan rekomendasi intervensi proaktif dan merencanakan strategi pembelajaran yang lebih efektif.



Gambar 3.5.1 Diagram Konteks Modul Pemantauan dan Penilaian

Dengan menggunakan berbagai jenis data ini sebagai input, “Modul Pemantauan dan Penilaian” mampu memberikan penilaian yang komprehensif mengenai perkembangan siswa dan membantu guru serta administrator dalam membuat keputusan yang lebih baik untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. Data ini diolah dan dianalisis secara berkelanjutan untuk memastikan bahwa penilaian yang diberikan tetap relevan dan akurat.

3.5.2 Komponen: Klasifikasi, kNN, Analisis Deskriptif, Pembelajaran Supervisi

“Modul Pemantauan dan Penilaian” dalam LENTERAMU menggunakan berbagai teknik *machine learning* dan analisis data untuk mengevaluasi kinerja dan kemajuan siswa secara efektif. Empat komponen utama yang digunakan dalam modul ini adalah Klasifikasi, *k-Nearest Neighbors* (kNN), Analisis Deskriptif, dan Pembelajaran Supervisi (Supervised Learning). Masing-masing komponen ini memainkan peran penting dalam memproses data

siswa, mengidentifikasi pola, dan memberikan wawasan yang berguna bagi guru dan siswa.

1. Klasifikasi

Klasifikasi adalah teknik pembelajaran mesin yang digunakan untuk mengelompokkan data siswa ke dalam kategori atau kelas tertentu berdasarkan fitur atau atribut yang relevan. Dalam konteks "Modul Pemantauan dan Penilaian", klasifikasi digunakan untuk menentukan kategori kinerja siswa, seperti "Baik", "Sedang", atau "Perlu Perbaikan," berdasarkan hasil evaluasi akademis dan pola belajar.

- a) Metode Klasifikasi yang Digunakan:
 - 1) *Decision Trees* : Metode ini membuat model keputusan berbasis aturan yang mudah diinterpretasikan. Decision Trees membagi dataset menjadi cabang-cabang yang mewakili keputusan berdasarkan nilai atribut tertentu, seperti hasil tes atau tingkat keterlibatan.
 - 2) *Random Forests*: Kombinasi dari beberapa pohon keputusan yang digunakan untuk meningkatkan akurasi prediksi. Random Forests mengurangi overfitting dan menghasilkan klasifikasi yang lebih stabil dan akurat.
 - 3) *Support Vector Machines (SVM)*: SVM digunakan untuk menemukan hiperplane optimal yang memisahkan kelas data yang berbeda. Ini sangat efektif dalam menangani data berdimensi tinggi dan digunakan untuk klasifikasi kinerja siswa yang lebih kompleks.
 - 4) *Logistic Regression*: Metode ini digunakan untuk klasifikasi biner (misalnya, "Lulus" atau "Gagal") berdasarkan data fitur siswa. Logistic Regression menghitung probabilitas kejadian suatu kelas dengan fungsi logit.
- b) Fungsi Utama Klasifikasi dalam Modul:

- 1) Mengelompokkan Siswa Berdasarkan Kinerja
Membantu mengidentifikasi kelompok siswa yang memerlukan perhatian khusus atau intervensi tambahan.
- 2) Memprediksi Performa Akademik Masa Depan
Dengan mengklasifikasikan pola belajar dan kinerja siswa, sistem dapat memprediksi kemungkinan hasil akademik di masa depan.
- 3) Mendukung Pembuatan Keputusan Guru
Memberikan informasi yang relevan kepada guru untuk menyesuaikan pendekatan pengajaran mereka dan fokus pada siswa yang memerlukan bantuan lebih lanjut.

2. k-Nearest Neighbors (kNN)

k-Nearest Neighbors (kNN) adalah algoritma pembelajaran supervisi yang digunakan untuk klasifikasi dan regresi. Dalam konteks "Modul Pemantauan dan Penilaian", kNN digunakan untuk mengidentifikasi siswa yang memiliki karakteristik atau pola belajar yang mirip, yang memungkinkan sistem untuk memberikan rekomendasi yang lebih spesifik dan relevan.

a) Prinsip Kerja kNN:

- 1) Mencari Neighbors Terdekat
Algoritma kNN menghitung jarak (misalnya, Euclidean, Manhattan) antara siswa target dengan siswa lain dalam dataset. Kemudian, k siswa terdekat (neighbors) diidentifikasi.
- 2) Penentuan Kelas Berdasarkan Majoritas Tetangga
Kinerja atau kategori siswa target diprediksi berdasarkan kelas mayoritas dari k tetangga terdekatnya. Misalnya, jika sebagian besar tetangga berada di kelas "Baik," maka siswa target juga akan diklasifikasikan sebagai "Baik."

b) Fungsi Utama kNN dalam Modul:

- 1) Mempersonalisasi Rekomendasi Pembelajaran

Mengidentifikasi siswa dengan pola belajar serupa untuk memberikan rekomendasi konten atau intervensi yang lebih relevan.

- 2) Mengklasifikasikan Siswa Berdasarkan Kemiripan Pola Belajar
Yaitu membantu mengelompokkan siswa dalam kategori yang sama berdasarkan karakteristik belajar mereka.
- 3) Menangani Data Non-Linear
kNN efektif dalam menangani dataset yang kompleks dan non-linear, di mana teknik klasifikasi linier mungkin kurang akurat.

3. Analisis Deskriptif

Analisis Deskriptif adalah metode statistik yang digunakan untuk meringkas dan menggambarkan data. Dalam “Modul Pemantauan dan Penilaian”, analisis deskriptif digunakan untuk menyediakan gambaran umum tentang kinerja siswa dan pola keterlibatan mereka dalam proses pembelajaran.

- a) Metode Analisis Deskriptif yang Digunakan:
 - 1) Ukuran Pemusatan (Central Tendency)
Menghitung mean (rata-rata), median, dan mode untuk memberikan gambaran tentang nilai tengah dari data kinerja siswa, seperti skor rata-rata ujian atau tingkat keterlibatan rata-rata.
 - 2) Ukuran Penyebaran (Dispersion Metrics)
Mengukur variabilitas data, termasuk rentang, varians, dan standar deviasi, untuk mengidentifikasi seberapa tersebar data kinerja siswa.
 - 3) Visualisasi Data
Menggunakan grafik seperti histogram, boxplot, dan scatter plot untuk memvisualisasikan distribusi kinerja siswa dan pola belajar mereka.
- b) Fungsi Utama Analisis Deskriptif dalam Modul:
 - 1) Memberikan Wawasan tentang Kinerja Siswa

- Membantu guru dan administrator dalam memahami distribusi kinerja siswa secara keseluruhan, termasuk identifikasi siswa yang berprestasi tinggi atau rendah.
- 2) Mengidentifikasi Tren dan Pola
Menggunakan statistik deskriptif untuk menemukan tren dalam data kinerja siswa dan pola belajar yang signifikan.
 - 3) Mendukung Pembuatan Laporan dan Evaluasi
Menyediakan informasi kuantitatif yang dapat digunakan untuk laporan kinerja dan evaluasi pembelajaran.

4. Pembelajaran Supervisi (Supervised Learning)

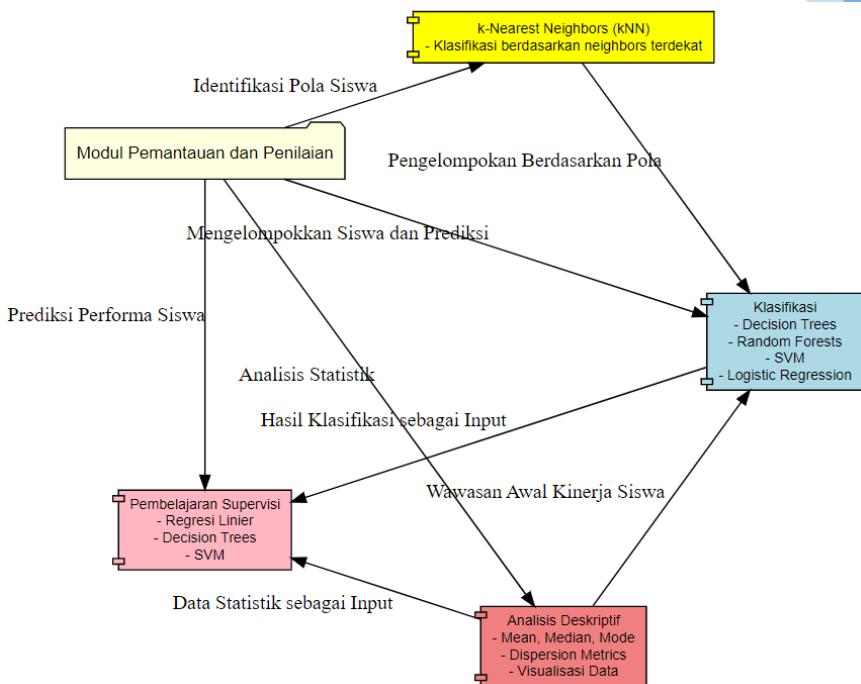
Pembelajaran Supervisi (Supervised Learning) adalah pendekatan pembelajaran mesin di mana model dilatih menggunakan data berlabel untuk memprediksi output berdasarkan input tertentu. Dalam konteks “Modul Pemantauan dan Penilaian”, pembelajaran supervisi digunakan untuk memprediksi hasil belajar siswa dan untuk mengevaluasi efektivitas intervensi pembelajaran.

- a) Metode Pembelajaran Supervisi yang Digunakan:
 - 1) *Regresi Linier dan Regresi Logistik*: Digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel prediktor (seperti keterlibatan siswa, hasil ujian, dll.) dan variabel target (seperti hasil akhir ujian atau tingkat keberhasilan).
 - 2) *Decision Trees* dan *Random Forests*: Digunakan untuk membangun model prediksi yang kuat dengan menggabungkan beberapa pohon keputusan untuk meningkatkan akurasi.
 - 3) *Support Vector Machines (SVM)*: Digunakan untuk klasifikasi kinerja siswa dalam data berdimensi tinggi.
- b) Fungsi Utama Pembelajaran Supervisi dalam Modul:
 - 1) Memprediksi Kinerja Akademik Masa Depan.

Membantu memprediksi hasil belajar siswa di masa depan berdasarkan pola data historis dan variabel prediktor lainnya.

- 2) Mengidentifikasi Faktor-faktor Penentu Kinerja Siswa.
Yaitu menggunakan model prediktif untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang paling memengaruhi kinerja siswa.
- 3) Mengevaluasi Efektivitas Intervensi Pembelajaran.
Menilai apakah intervensi yang dilakukan (misalnya, bimbingan tambahan, materi remedial) memiliki dampak positif terhadap kinerja siswa.

Dengan menggunakan kombinasi teknik Klasifikasi, kNN, Analisis Deskriptif, dan Pembelajaran Supervisi, "Modul Pemantauan dan Penilaian" mampu menyediakan evaluasi yang mendalam tentang kinerja siswa dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik oleh guru dan administrator untuk meningkatkan hasil pembelajaran.



Gambar 3.5 2 Diagram Komponen Modul Pemantauan dan Penilaian

3.5.3 Proses dan Output

“Modul Pemantauan dan Penilaian” dalam LENTERAMU dirancang untuk memproses data siswa secara komprehensif dan memberikan penilaian yang akurat tentang kinerja dan perkembangan mereka. Proses ini melibatkan serangkaian langkah yang mengintegrasikan berbagai teknik pembelajaran mesin, seperti klasifikasi, *k-Nearest Neighbors* (*kNN*), analisis deskriptif, dan pembelajaran supervisi. Tujuan utamanya adalah untuk memberikan wawasan mendalam kepada guru dan administrator mengenai kemajuan siswa serta untuk mendukung strategi pembelajaran yang lebih efektif. Output dari modul ini terdiri dari berbagai laporan, prediksi, dan

rekomendasi yang disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing siswa.

1. Proses dalam Modul Pemantauan dan Penilaian

Proses dalam “Modul Pemantauan dan Penilaian” mencakup beberapa tahap yang berurutan, mulai dari pengumpulan data hingga pembuatan laporan evaluasi kinerja siswa. Berikut adalah langkah-langkah utama dalam proses modul ini:

a) Pengumpulan dan Pra-pemrosesan Data:

1) Langkah Pengumpulan Data

Sistem mengumpulkan data yang relevan dari berbagai sumber, termasuk hasil tes dan evaluasi, interaksi siswa dengan konten pembelajaran, umpan balik dari guru, dan data profil belajar siswa. Data ini dapat berupa data numerik (seperti skor tes) maupun data kualitatif (seperti umpan balik guru).

2) Pra-pemrosesan Data

Data yang dikumpulkan dibersihkan untuk menghilangkan outliers, mengatasi data yang hilang, dan menormalkan data agar sesuai dengan model pembelajaran mesin yang digunakan. Data teks seperti umpan balik guru juga diolah menggunakan teknik *Natural Language Processing* (NLP) untuk analisis lebih lanjut.

b) Penerapan Teknik Klasifikasi dan Analisis Data:

1) Klasifikasi Kinerja Siswa

Sistem menggunakan algoritma klasifikasi seperti *Decision Trees*, *Random Forests*, dan *Support Vector Machines* (SVM) untuk mengelompokkan siswa berdasarkan kinerja mereka. Klasifikasi ini membantu dalam mengidentifikasi siswa yang berprestasi tinggi, rata-rata, dan yang memerlukan intervensi.

2) Penerapan *k-Nearest Neighbors* (kNN)

Algoritma kNN digunakan untuk mengidentifikasi siswa yang memiliki pola belajar serupa. Siswa-siswi ini dapat dikelompokkan bersama untuk memberikan intervensi yang lebih terarah atau untuk menyarankan pembelajaran kelompok yang lebih efektif.

3) Analisis Deskriptif

Sistem melakukan analisis statistik deskriptif untuk memberikan gambaran umum tentang distribusi kinerja siswa, rata-rata hasil tes, tingkat keterlibatan dalam konten, dan variabilitas dalam data.

c) Penerapan Pembelajaran Supervisi (Supervised Learning) untuk Prediksi Kinerja:

1) Membangun Model Prediksi

Sistem menggunakan metode pembelajaran supervisi seperti Regresi Linier, Regresi Logistik, dan Random Forests untuk membangun model prediksi yang dapat memperkirakan kinerja siswa di masa depan berdasarkan data historis dan fitur-fitur pembelajaran.

2) Validasi Model

Model yang dikembangkan divalidasi menggunakan teknik seperti cross-validation untuk memastikan akurasi dan ketahanannya. Hasil prediksi kemudian disesuaikan untuk mempertimbangkan dinamika belajar siswa yang mungkin berubah dari waktu ke waktu.

d) Penyusunan Laporan dan Evaluasi Kinerja Siswa:

1) Pembuatan Laporan Evaluasi

Sistem menyusun laporan evaluasi kinerja siswa yang komprehensif, mencakup skor tes, tingkat keterlibatan, rekomendasi intervensi, dan analisis mendalam mengenai area yang memerlukan peningkatan.

- 2) Visualisasi Data
Hasil analisis dan evaluasi ditampilkan dalam bentuk visualisasi data, seperti grafik garis, histogram, dan heatmaps, untuk membantu guru dan administrator memahami hasil dengan lebih mudah.
- e) Penyediaan Rekomendasi dan Intervensi yang Disesuaikan:
 - 1) Analisis Kinerja untuk Rekomendasi Intervensi
Berdasarkan hasil analisis, sistem memberikan rekomendasi untuk intervensi spesifik, seperti bimbingan tambahan, materi remedial, atau perubahan metode pengajaran untuk kelompok atau siswa tertentu.
 - 2) Penyesuaian Dinamis Strategi Pembelajaran
Sistem juga memungkinkan penyesuaian strategi pembelajaran secara dinamis berdasarkan data terbaru yang masuk, memastikan pendekatan pengajaran selalu relevan dengan kebutuhan siswa.

2. Output dari Modul Pemantauan dan Penilaian

Output yang dihasilkan oleh “Modul Pemantauan dan Penilaian” mencakup berbagai laporan, prediksi, dan rekomendasi yang dirancang untuk memberikan wawasan yang mendalam dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik oleh guru dan administrator. Berikut adalah jenis-jenis output yang dihasilkan:

- 1) Laporan Evaluasi Kinerja Siswa:
Laporan yang memberikan ringkasan kinerja siswa, mencakup hasil tes, tingkat keterlibatan dengan konten, partisipasi dalam diskusi, dan pengamatan guru.
 - Penggunaan: Laporan ini digunakan oleh guru untuk memahami kemajuan siswa, mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan, serta merencanakan strategi pembelajaran yang lebih tepat sasaran.

2) Prediksi Kinerja Akademik Masa Depan:

Prediksi mengenai kemungkinan kinerja siswa di masa depan berdasarkan model pembelajaran mesin yang telah dilatih. Prediksi ini bisa mencakup hasil tes mendatang, potensi peningkatan atau penurunan kinerja, dan area yang mungkin memerlukan perhatian khusus.

- Penggunaan: Membantu guru dan administrator dalam merencanakan intervensi proaktif dan merancang strategi pembelajaran yang lebih efektif untuk siswa.

3) Rekomendasi Intervensi Pembelajaran:

Rekomendasi intervensi yang spesifik untuk siswa atau kelompok siswa berdasarkan analisis kinerja mereka. Rekomendasi ini bisa berupa saran untuk mengikuti bimbingan tambahan, menghadiri kelas remedial, atau menggunakan alat bantu belajar tertentu.

- Penggunaan: Membantu guru dalam menyesuaikan metode pengajaran dan memberikan bantuan tambahan kepada siswa yang memerlukan perhatian lebih.

4) Visualisasi Data Kinerja dan Kemajuan:

Visualisasi data yang interaktif seperti grafik tren, heatmaps, dan diagram batang yang menunjukkan distribusi kinerja siswa dan tren perkembangan mereka dari waktu ke waktu.

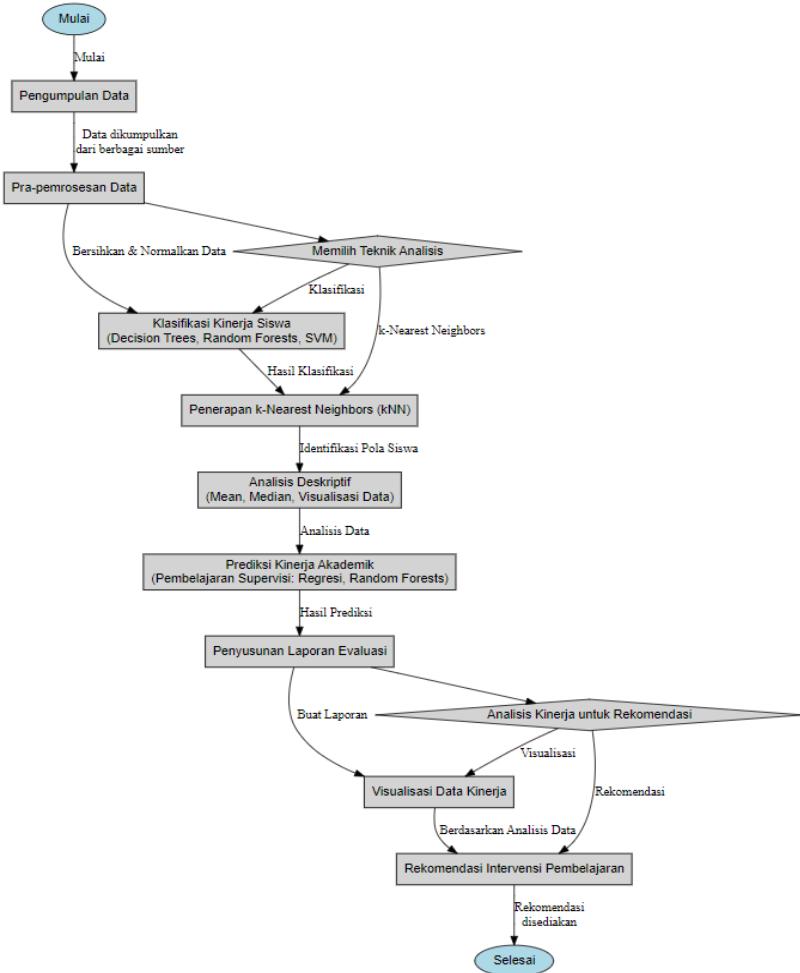
- Penggunaan: Membantu guru dan administrator untuk dengan cepat memahami pola data, mengidentifikasi anomali, dan mengambil tindakan yang tepat berdasarkan informasi visual.

5) Profil Belajar Siswa yang Diperbarui:

Profil belajar yang terus diperbarui untuk setiap siswa berdasarkan analisis data terkini. Profil ini mencakup gaya belajar, tingkat pemahaman, minat, dan rekomendasi personalisasi pembelajaran.

- Penggunaan: Profil ini digunakan oleh sistem dan guru untuk memberikan pembelajaran yang lebih personal dan sesuai dengan kebutuhan individu.
- 6) Identifikasi Kelompok Siswa Berdasarkan Pola Belajar:
- Output yang mengidentifikasi kelompok siswa dengan pola belajar yang serupa, memungkinkan pengelompokan untuk strategi pengajaran atau kegiatan kolaboratif.
- Penggunaan: Membantu dalam merancang kegiatan pembelajaran kolaboratif atau pengajaran yang difokuskan pada kelompok tertentu yang memerlukan pendekatan serupa.

Dengan proses ini, “Modul Pemantauan dan Penilaian” mampu memberikan wawasan yang mendalam dan akurat tentang kinerja siswa dan mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik oleh guru dan administrator untuk meningkatkan hasil pembelajaran. Modul ini juga terus belajar dan beradaptasi dengan data baru untuk memastikan relevansi dan keakuratan evaluasi yang diberikan.



Gambar 3.5 3 Diagram Aktivitas Modul Pemantauan dan Penilaian

3.6 Diagram Desain Model AI

Diagram Desain Model AI memberikan representasi visual yang mendetail mengenai arsitektur model kecerdasan buatan yang digunakan dalam LENTERAMU. Diagram ini fokus pada interaksi antar

modul AI, aliran data yang relevan untuk proses pembelajaran mesin, dan bagaimana setiap komponen AI bekerja secara sinergis untuk menyediakan pengalaman belajar yang personal dan adaptif bagi setiap siswa. Penyajian diagram ini bertujuan untuk menunjukkan integrasi komponen AI, teknik pembelajaran mesin yang digunakan, dan jalur aliran data spesifik yang mendukung pembelajaran berkelanjutan.

1. Struktur dan Komponen dalam Diagram Desain Model AI

Tidak seperti Diagram Arsitektur Aplikasi LENTERAMU yang lebih berfokus pada gambaran infrastruktur dan integrasi sistem secara keseluruhan, Diagram Desain Model AI menyoroti elemen-elemen kunci yang berkaitan langsung dengan pembelajaran mesin dan pemrosesan data AI. Diagram ini terdiri dari beberapa lapisan dan komponen yang berfungsi untuk menangani proses AI secara khusus:

- 1) Lapisan Pengumpulan Data untuk AI (AI Data Collection Layer):
 - a) Komponen Utama: Data Warehouse khusus untuk data pembelajaran, Sistem Eksternal seperti LMS dan SIS, serta Antarmuka Pengguna.
 - b) Fungsi: Mengumpulkan data yang diperlukan untuk melatih model AI, termasuk data hasil tes, interaksi siswa dengan konten pembelajaran, profil siswa, dan umpan balik dari guru. Data ini digunakan sebagai input untuk modul pembelajaran mesin.
- 2) Lapisan Pembelajaran Mesin dan Analisis (Machine Learning and Analytics Layer):
 - a) Komponen Utama: Modul Analisis Data Siswa dan Sistem Pemantauan Kinerja berbasis Pembelajaran Mesin.
 - b) Fungsi: Memproses dan menganalisis data menggunakan algoritma AI untuk menghasilkan wawasan yang mendalam. Misalnya, NLP Engine menganalisis teks siswa, sementara analisis statistik

digunakan untuk menilai performa berdasarkan data kuantitatif. Modul ini juga melatih model untuk prediksi kinerja masa depan.

- 3) Lapisan Model AI dan Personalisasi Pembelajaran (AI Model and Personalization Layer):
 - a) Komponen Utama: Modul Personalisasi Konten dan Modul Umpan Balik Adaptif.
 - b) Fungsi: Mengimplementasikan model AI untuk memberikan rekomendasi yang dipersonalisasi dan umpan balik adaptif. Modul Personalisasi Konten menggunakan algoritma seperti Content-Based Filtering, Collaborative Filtering, dan Faktorisasi Matriks untuk memberikan rekomendasi yang relevan. Modul Umpan Balik Adaptif menggunakan *Reinforcement Learning* (Q-learning) untuk memberikan umpan balik dinamis berdasarkan interaksi siswa.
- 4) Lapisan Evaluasi dan Penyesuaian Model (Model Evaluation and Adjustment Layer):
 - a) Komponen Utama: Modul Pemantauan dan Penilaian dengan Klasifikasi, kNN, Analisis Deskriptif, dan Pembelajaran Supervisi.
 - b) Fungsi: Mengevaluasi kinerja siswa menggunakan model pembelajaran mesin dan menyesuaikan model AI berdasarkan hasil evaluasi. Proses ini memastikan model tetap relevan dan akurat seiring dengan perubahan pola belajar dan kinerja siswa.
- 5) Lapisan Pengoptimalan Model AI (AI Optimization Layer):
 - a) Komponen Utama: Sistem Pembaruan Model dan Validasi Model.
 - b) Fungsi: Mengoptimalkan model AI secara berkelanjutan berdasarkan umpan balik dan hasil evaluasi, menggunakan teknik seperti cross-validation, hyperparameter tuning, dan

reinforcement learning untuk meningkatkan akurasi prediksi dan rekomendasi.

2. Interaksi Antar Komponen AI dan Aliran Data

Diagram Desain Model AI menyoroti interaksi yang lebih spesifik antara komponen AI dan bagaimana data mengalir di antara modul-modul tersebut untuk mendukung proses pembelajaran dan pengambilan keputusan yang optimal:

- a) Aliran Data dari Pengumpulan Data ke Pembelajaran Mesin dan Analisis

Data yang dikumpulkan dari berbagai sumber dikirim ke Modul Analisis Data Siswa, di mana NLP Engine dan analisis statistik digunakan untuk mengubah data mentah menjadi informasi yang bisa ditindaklanjuti oleh modul AI.

- b) Interaksi antara Modul Analisis Data Siswa dan Model AI untuk Personalisasi

Hasil dari Modul Analisis Data Siswa digunakan untuk melatih model rekomendasi dalam Modul Personalisasi Konten dan model umpan balik dalam Modul Umpam Balik Adaptif. Misalnya, data mengenai preferensi belajar siswa digunakan untuk menyarankan konten pembelajaran yang paling sesuai.

- c) Aliran Data dari Evaluasi Model ke Pengoptimalan Model AI
Setelah evaluasi kinerja siswa dilakukan oleh Modul Pemantauan dan Penilaian, data yang dihasilkan digunakan untuk memperbarui dan mengoptimalkan model AI, memastikan bahwa sistem terus belajar dari data terbaru dan meningkatkan rekomendasi serta umpan balik di masa depan.

- d) Loop Pembelajaran Berkelanjutan

Sistem AI ini dirancang untuk bekerja dalam siklus pembelajaran berkelanjutan. Aliran data, proses evaluasi, dan pembaruan model terjadi secara iteratif, yang memungkinkan penyesuaian strategi pembelajaran dan rekomendasi secara *real-time*.

3. Elemen Visual dalam Diagram Desain Model AI

Diagram Desain Model AI menyoroti elemen-elemen berikut untuk memperjelas interaksi dan aliran proses:

- a) Garis Panah Khusus untuk Aliran Data AI
Menunjukkan jalur data yang kritis untuk proses pembelajaran mesin, termasuk data pelatihan, data evaluasi, dan data umpan balik.
- b) Ikon dan Simbol AI
Menggunakan ikon khusus untuk modul AI, seperti simbol otak atau jaringan saraf untuk menandakan pemrosesan AI dan pembelajaran mesin.
- c) Blok Warna untuk Modul AI
Modul AI ditandai dengan warna atau penanda khusus untuk membedakannya dari komponen non-AI lainnya.
- d) Loop dan Siklus Feedback
Menggambarkan bagaimana sistem menggunakan data umpan balik untuk memperbarui model AI dan mengoptimalkan proses secara berkelanjutan.

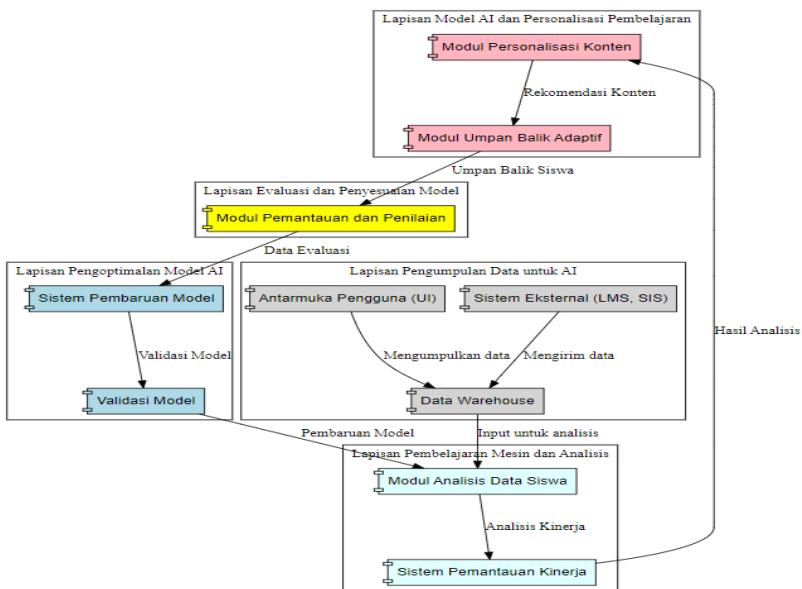
4. Manfaat dan Tujuan Diagram Desain Model AI

Dengan memfokuskan pada komponen dan proses AI secara khusus, Diagram Desain Model AI memberikan beberapa manfaat yang spesifik:

- a) Pemahaman Mendalam tentang Arsitektur AI
Diagram ini membantu pengembang, ilmuwan data, dan pemangku kepentingan lain untuk memahami bagaimana modul AI saling berhubungan dan berinteraksi, serta bagaimana proses AI dijalankan.
- b) Panduan untuk Pengembangan dan Pengoptimalan AI
Diagram ini menjadi acuan bagi tim pengembangan untuk mengidentifikasi area yang memerlukan pengembangan lebih lanjut atau pengoptimalan.
- c) Mendukung Keamanan dan Keandalan Model AI
Dengan menampilkan jalur data spesifik dan komponen keamanan, diagram ini juga memastikan bahwa

pengembangan AI mengikuti standar keamanan dan privasi yang diperlukan.

Gambar 3.6 adalah visualisasi diagram untuk Desain Model AI dari LENTERAMU. Diagram ini menunjukkan interaksi utama antar komponen AI di berbagai lapisan, aliran data, dan loop umpan balik yang digunakan untuk pembelajaran dan pengoptimalan berkelanjutan. Ini memperlihatkan bagaimana setiap lapisan berkontribusi pada proses pembelajaran adaptif.



Gambar 3.2 Diagram Desain Model AI

BAB 4

Integrasi dan Pengembangan Model AI

Bab ini membahas proses integrasi dan pengembangan model kecerdasan buatan dalam LENTERAMU. Fokus utama dari bab ini adalah menguraikan bagaimana modul-modul AI diintegrasikan ke dalam aplikasi cerdas, bagaimana model AI dikembangkan dan dioptimalkan, serta bagaimana model tersebut diimplementasikan, diuji, dievaluasi, dan diintegrasikan ke dalam sistem produksi. Dengan adanya proses pengembangan yang tepat, sistem dapat memastikan bahwa model AI yang digunakan tidak hanya efektif tetapi juga terus berkembang untuk memberikan pengalaman belajar yang personal dan adaptif bagi setiap siswa.

4.1 Integrasi Modul AI dalam LENTERAMU

Integrasi Modul AI dalam LENTERAMU adalah langkah krusial dalam memastikan bahwa seluruh komponen AI yang dikembangkan bekerja secara sinergis di dalam sistem pembelajaran yang lebih luas. Modul-modul AI ini, termasuk “Modul Analisis Data Siswa”, “Modul Personalisasi Konten”, “Modul Umpan Balik Adaptif”, dan “Modul Pemantauan dan Penilaian”, harus diintegrasikan dengan baik untuk memastikan aliran data yang lancar, interoperabilitas antar komponen, dan responsivitas sistem terhadap kebutuhan siswa dan guru.

1. Strategi Integrasi Modul AI

Integrasi modul AI ke dalam LENTERAMU memerlukan strategi yang matang untuk memastikan bahwa setiap modul berfungsi optimal dalam ekosistem pembelajaran yang kompleks. Beberapa strategi integrasi utama yang diterapkan meliputi:

- a) Integrasi Berbasis API (Application Programming Interface): Setiap modul AI dikembangkan sebagai layanan mandiri yang dapat diakses melalui API. Ini memungkinkan setiap modul untuk berkomunikasi satu sama lain dan dengan komponen

lain dalam sistem, seperti antarmuka pengguna dan LMS. API memastikan bahwa modul-modul AI dapat saling bertukar data secara *real-time* dan responsif terhadap permintaan dari sistem utama, seperti permintaan untuk analisis data siswa atau rekomendasi konten.

b) Penggunaan Middleware untuk Interoperabilitas:

Middleware digunakan untuk menangani interoperabilitas antar modul AI dan komponen non-AI dalam sistem. Middleware ini berfungsi sebagai lapisan perantara yang mengelola komunikasi data antara komponen, mengurangi kompleksitas integrasi langsung antara setiap modul AI dan aplikasi. Dengan middleware, data yang dihasilkan oleh satu modul AI dapat dengan mudah diterjemahkan dan diteruskan ke modul lain yang membutuhkannya, memastikan integrasi yang lebih lancar.

c) Arsitektur Berbasis *Microservices Architecture* :

Setiap modul AI dikembangkan sebagai *Microservice* yang independen, yang dapat diskalakan dan dikelola secara terpisah. Ini memberikan fleksibilitas dalam pengembangan dan pemeliharaan modul AI, serta memudahkan penambahan atau penghapusan modul tanpa mengganggu keseluruhan sistem. Dengan pendekatan mikrolayanan, setiap modul AI dapat diatur untuk menangani permintaan dan pemrosesan data secara otonom, tetapi tetap terhubung dengan sistem pusat untuk berbagi informasi.

2. Proses Integrasi Modul AI

Proses integrasi modul AI dalam LENTERAMU melibatkan beberapa langkah penting, yaitu:

a) Pengaturan Lingkungan Integrasi:

Pengaturan lingkungan pengembangan dan pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa modul AI dapat diintegrasikan dengan komponen lain di lingkungan yang mirip dengan produksi. Ini termasuk penyediaan *container* (misalnya, Docker) untuk menjalankan modul AI secara

terisolasi dan menguji interoperabilitasnya dengan layanan lain.

- b) Pengembangan API dan *Endpoint* untuk Setiap Modul:
Setiap modul AI dikembangkan dengan API dan *endpoint* spesifik yang memungkinkan komponen lain dalam aplikasi untuk mengakses fungsionalitasnya. Misalnya, "Modul Personalisasi Konten" menyediakan *endpoint* untuk mengirimkan permintaan rekomendasi konten berdasarkan profil siswa.
- c) Validasi Integrasi Antar Modul dan Sistem Utama:
Setelah API dan *endpoint* dikembangkan, langkah berikutnya adalah melakukan validasi integrasi untuk memastikan bahwa setiap modul AI berfungsi sesuai harapan dan bahwa data dapat mengalir dengan benar antara modul AI dan sistem utama. Validasi dilakukan dengan menguji skenario penggunaan nyata, seperti meminta rekomendasi konten dari "Modul Personalisasi Konten" setelah data siswa dianalisis oleh "Modul Analisis Data Siswa".
- d) Pengelolaan Aliran Data dan Penanganan Kesalahan:
Untuk memastikan aliran data yang lancar, setiap modul AI dikonfigurasi untuk menangani berbagai jenis data, termasuk data terstruktur dan tidak terstruktur. Penanganan kesalahan juga diimplementasikan untuk memastikan bahwa sistem dapat menangani skenario di mana data tidak valid atau permintaan gagal diproses.
- e) Penggunaan Protokol Keamanan dan Privasi Data:
Semua komunikasi antar modul AI dan antara modul AI dengan sistem utama dilakukan menggunakan protokol yang aman (misalnya, HTTPS, OAuth2.0) untuk melindungi data sensitif siswa. Protokol enkripsi dan autentikasi juga digunakan untuk menjaga integritas data selama proses pertukaran data.

3. Keuntungan dan Tantangan Integrasi Modul AI

- a) Keuntungan:

- 1) Efisiensi Pengembangan dan Pemeliharaan.
Pendekatan berbasis API dan *microservice* memungkinkan pengembang untuk memisahkan pengembangan dan pemeliharaan modul AI, sehingga meningkatkan efisiensi.
 - 2) Skalabilitas.
Modul-modul AI dapat diskalakan secara independen sesuai kebutuhan, yang memungkinkan peningkatan kapasitas atau pengenalan fitur baru tanpa mengganggu sistem secara keseluruhan.
 - 3) Interoperabilitas.
Penggunaan *middleware* dan API memastikan bahwa setiap modul dapat berinteraksi dengan lancar dan dapat diakses oleh komponen lain dalam sistem.
- b) Tantangan:
- 1) Kompleksitas dalam Manajemen Data.
Mengelola data yang berbeda dan memastikan aliran data yang tepat antar modul AI bisa menjadi tantangan, terutama ketika modul-modul AI menggunakan teknik dan format data yang berbeda.
 - 2) Keamanan dan Privasi Data.
Dengan integrasi modul AI, keamanan data menjadi lebih penting, terutama karena modul-modul ini akan sering berinteraksi dengan data sensitif siswa. Implementasi keamanan yang kuat diperlukan untuk menjaga integritas dan kerahasiaan data.
 - 3) Penanganan Kesalahan dan Keterbatasan Sistem.
Ketergantungan antar modul berarti kegagalan di satu modul dapat mempengaruhi kinerja sistem secara keseluruhan. Perlu ada mekanisme yang kuat untuk penanganan kesalahan dan pemulihan.

Dengan pendekatan yang terstruktur dan integrasi yang hati-hati, LENTERAMU dapat memanfaatkan kemampuan AI untuk

memberikan pengalaman belajar yang lebih adaptif dan personal bagi siswa, dengan memastikan bahwa semua komponen bekerja bersama secara efisien dan aman.

4.2 Proses Pengembangan Model AI

Proses Pengembangan Model AI merupakan langkah penting dalam membangun sistem AI yang efektif dan efisien untuk LENTERAMU. Pengembangan model AI yang baik memerlukan pendekatan yang terstruktur dan metodologi yang sistematis, yang mencakup pemilihan algoritma, pengumpulan dan praproses data, pelatihan dan evaluasi model, serta penyesuaian berkelanjutan berdasarkan hasil evaluasi. Proses ini memastikan bahwa model yang dikembangkan dapat memberikan hasil yang akurat, relevan, dan sesuai dengan tujuan pembelajaran yang diinginkan.

1. Tahapan Pengembangan Model AI

Pengembangan model AI terdiri dari beberapa tahapan penting yang saling terkait. Berikut adalah tahapan utama dalam pengembangan model AI yang digunakan dalam sistem ini:

1. Identifikasi Tujuan dan Kebutuhan Pembelajaran:

Langkah pertama dalam pengembangan model AI adalah mengidentifikasi tujuan pembelajaran yang spesifik dan kebutuhan pengguna, baik siswa maupun guru. Tujuan ini dapat mencakup peningkatan keterlibatan siswa, personalisasi konten pembelajaran, atau umpan balik adaptif berdasarkan kinerja siswa.

- Aktivitas: Menetapkan metrik keberhasilan yang jelas (seperti akurasi prediksi, precision, recall, dll.) dan menentukan data yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan tersebut.

2. Pemilihan Algoritma dan Teknik AI yang Tepat:

Memilih algoritma AI yang paling sesuai dengan jenis masalah yang ingin diselesaikan. Misalnya, untuk analisis teks dan rekomendasi konten, teknik seperti *Natural Language*

Processing (NLP), Content-Based Filtering, dan Collaborative Filtering dapat digunakan.

- Aktivitas: Memilih algoritma berdasarkan kebutuhan spesifik modul, seperti menggunakan *Reinforcement Learning* (Q-learning) untuk Modul Umpan Balik Adaptif, atau *Supervised Learning* untuk Modul Pemantauan dan Penilaian.

3. Pengumpulan dan Praproses Data:

Data merupakan elemen penting dalam pengembangan model AI. Data yang relevan dikumpulkan dari berbagai sumber seperti LMS, hasil tes siswa, interaksi siswa dengan konten, umpan balik guru, dan data profil siswa.

- Aktivitas:
 - a) Pengumpulan Data: Mengumpulkan data yang relevan dari sumber internal (LMS, SIS) dan eksternal (API, sumber pembelajaran lain).
 - b) Praproses Data: Melakukan pembersihan data (data cleaning), penanganan data yang hilang, normalisasi data, serta transformasi data (misalnya, tokenisasi teks, lemmatization, encoding kategori).

4. Pemisahan Data Latih, Validasi, dan Uji:

Data yang telah diproses dibagi menjadi tiga set: Data Latih (Training Data) untuk melatih model, Data Validasi (Validation Data) untuk menyesuaikan *hyperparameter* dan mencegah *overfitting*, serta Data Uji (Test Data) untuk menguji kinerja model.

- Aktivitas: Memastikan distribusi data yang merata di setiap set dan bahwa data uji tidak pernah digunakan dalam proses pelatihan atau validasi untuk menghindari bias.

5. Pelatihan Model AI (Model Training):

Pada tahap ini, model AI dilatih menggunakan Data Latih untuk mempelajari pola dari data. Teknik pembelajaran mesin seperti *Gradient Descent* digunakan untuk meminimalkan fungsi *loss* dan mengoptimalkan model.

- Aktivitas:
 - a) Menyesuaikan *hyperparameter* seperti *learning rate*, jumlah lapisan dalam jaringan saraf, jumlah pohon dalam *Random Forests*, dan parameter lainnya yang relevan dengan model.
 - b) Menggunakan teknik regularisasi (misalnya, Dropout, L1/L2 regularization) untuk menghindari *overfitting*.

6. Validasi dan Evaluasi Model:

Setelah model dilatih, model tersebut divalidasi menggunakan Data Validasi untuk memastikan bahwa model bekerja dengan baik pada data yang belum pernah dilihat sebelumnya. Ini termasuk tuning hyperparameter berdasarkan hasil validasi.

- Aktivitas:
 - a) Menggunakan metrik evaluasi seperti *Accuracy*, *Precision*, *Recall*, *F1-score*, dan *AUC-ROC* untuk menilai performa model.
 - b) Melakukan *K-Fold Cross-Validation* untuk menguji stabilitas model dan menghindari bias akibat pemilihan data yang tidak representatif.

7. Penyesuaian Model dan Hyperparameter Tuning:

Berdasarkan hasil validasi, hyperparameter model disesuaikan untuk mengoptimalkan performa. Ini bisa mencakup penyesuaian learning rate, jumlah epoch dalam pelatihan, atau parameter lain yang mempengaruhi kinerja model.

- Aktivitas: Menggunakan teknik *Grid Search* atau *Random Search* untuk menemukan kombinasi *hyperparameter* yang optimal.
8. **Uji Coba Model dengan Data Uji (Testing):**
Setelah model dioptimalkan, model diuji menggunakan Data Uji untuk mengukur generalisasi model di data nyata yang belum pernah dilihat sebelumnya.
- Aktivitas: Menilai performa akhir model menggunakan metrik yang sama seperti pada tahap validasi untuk memastikan konsistensi kinerja.
9. **Penyimpanan dan Dokumentasi Model:**
Model yang telah diuji dan disetujui untuk digunakan disimpan dengan versi yang tepat dan terdokumentasi dengan baik. Dokumentasi mencakup arsitektur model, *hyperparameter* yang digunakan, hasil uji, dan persyaratan komputasi.
- Aktivitas: Menggunakan alat seperti MLflow atau DVC untuk versi model dan melacak eksperimen.

2. Praktik Terbaik dalam Pengembangan Model AI

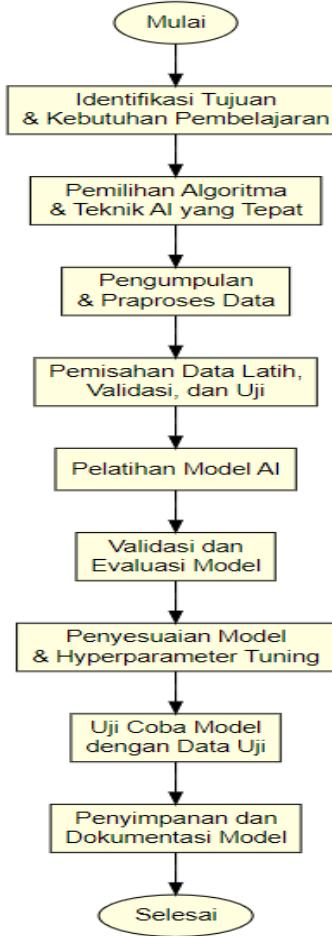
Untuk memastikan model AI yang dikembangkan berkinerja optimal dan memenuhi kebutuhan pembelajaran, berikut adalah beberapa praktik terbaik yang diterapkan:

- a) Penggunaan Data yang Berkualitas Tinggi.
Menggunakan data yang bersih, akurat, dan relevan sangat penting untuk menghasilkan model yang baik. Data yang berkualitas rendah dapat menyebabkan model yang bias atau tidak akurat.
- b) Eksperimen dan Iterasi Berkelanjutan.
Pengembangan model AI sering kali memerlukan iterasi yang berulang untuk menemukan pengaturan terbaik. Eksperimen berkelanjutan dan penyesuaian model diperlukan untuk mencapai performa optimal.
- c) Penanganan *Data Imbalance*.

Menggunakan teknik seperti *oversampling* atau *undersampling* untuk mengatasi ketidakseimbangan kelas dalam data pelatihan, atau menggunakan metode pembobotan untuk meningkatkan akurasi model dalam kasus yang tidak seimbang.

- d) Penggunaan Teknologi Terbaru.

Memanfaatkan kerangka kerja dan pustaka AI terbaru seperti *TensorFlow*, *PyTorch*, *Scikit-Learn*, *Hugging Face Transformers*, dll., untuk mengembangkan dan melatih model AI.



Gambar 4. 2 Alur Proses Pengembangan Model AI

Dengan menerapkan proses pengembangan yang terstruktur dan sistematis, LENTERAMU dapat memastikan bahwa model AI yang dikembangkan efektif, adaptif, dan relevan dengan kebutuhan pembelajaran modern.

4.3 Implementasi dan Uji Coba Model AI

Implementasi dan Uji Coba Model AI adalah langkah kritis setelah pengembangan model AI selesai. Tahap ini melibatkan penyebaran model AI yang telah dikembangkan ke dalam lingkungan aplikasi cerdas dan melakukan serangkaian uji coba untuk memastikan model berfungsi sesuai dengan tujuan yang diharapkan. Uji coba ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan memperbaiki masalah potensial sebelum model diterapkan secara luas. Proses implementasi dan uji coba ini dirancang untuk memastikan bahwa model AI dapat berjalan dengan efisien, responsif, dan memberikan hasil yang akurat dalam skenario dunia nyata.

1. Proses Implementasi Model AI

Implementasi model AI melibatkan serangkaian langkah untuk menyebarluaskan model AI dari lingkungan pengembangan ke lingkungan aplikasi produksi. Langkah-langkah ini mencakup pengaturan infrastruktur, integrasi model dengan sistem, dan pengujian awal. Berikut adalah langkah-langkah utama dalam proses implementasi:

a) Pengaturan Lingkungan Produksi.

Lingkungan produksi disiapkan untuk memastikan model AI dapat diimplementasikan dengan aman dan efisien. Lingkungan ini bisa berupa server fisik, server *cloud*, atau *container* (misalnya, Docker).

- Aktivitas:

- 1) Memilih platform penyebaran yang sesuai (seperti Google AI Platform, atau Kubernetes).
- 2) Menyediakan infrastruktur komputasi yang memadai, seperti CPU, GPU, atau TPU, sesuai dengan kebutuhan model AI.

b) Containerisasi dan Orkestrasi Model.

Model AI yang telah dikembangkan di-package dalam container menggunakan teknologi seperti Docker untuk

memastikan bahwa semua dependensi model termasuk. Orkestrasi model dilakukan menggunakan alat seperti *Kubernetes* untuk mengelola penyebaran skala besar.

- Aktivitas:

- 1) Membangun container *Docker* untuk model AI dengan semua dependensi yang diperlukan.
- 2) Menyusun file konfigurasi *Kubernetes* untuk mengelola dan menskalakan container dalam lingkungan produksi.

c) Integrasi Model dengan Sistem Utama.

Model AI diintegrasikan dengan aplikasi cerdas dan sistem terkait lainnya (seperti LMS, SIS, dan antarmuka pengguna). Ini melibatkan pengaturan API dan *endpoint* yang memungkinkan modul AI untuk berkomunikasi dengan komponen lain.

- Aktivitas:

- 1) Mengembangkan API REST atau GraphQL untuk mengakses model AI.
- 2) Menguji *endpoint* API untuk memastikan interaksi yang lancar antara model AI dan komponen lain dalam aplikasi.

d) Penyiapan Logging dan Monitoring.

Untuk memastikan model AI berjalan dengan benar dan mendeteksi masalah lebih awal, sistem logging dan monitoring dikonfigurasi untuk melacak kinerja model, penggunaan sumber daya, dan respons waktu nyata.

- Aktivitas:

- 1) Menggunakan alat monitoring seperti *Prometheus*, *Grafana*, atau *ELK Stack* untuk pemantauan berkelanjutan.
- 2) Mengonfigurasi sistem alert untuk mendeteksi anomali kinerja atau kesalahan yang mungkin terjadi.

2. Proses Uji Coba Model AI

Setelah model AI diimplementasikan, langkah berikutnya adalah melakukan uji coba untuk memastikan model dapat bekerja secara efektif dalam lingkungan produksi. Uji coba ini mencakup pengujian fungsionalitas, kinerja, dan validasi terhadap data nyata yang digunakan dalam aplikasi cerdas. Berikut adalah tahap-tahap uji coba yang dilakukan:

a) Pengujian Fungsionalitas Model.

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa model AI berfungsi sesuai dengan tujuan yang dirancang. Setiap fungsi atau fitur model, seperti prediksi, rekomendasi konten, atau umpan balik adaptif, diuji untuk validitas hasilnya.

- Aktivitas:

- 1) Menguji setiap fungsi model secara terpisah menggunakan dataset uji yang terpisah.
- 2) Memastikan bahwa output yang dihasilkan oleh model sesuai dengan harapan dan dapat diinterpretasikan dengan jelas oleh pengguna akhir.

b) Pengujian Kinerja dan Skalabilitas.

Pengujian ini fokus pada mengukur kinerja model AI dalam hal waktu respons, penggunaan sumber daya (CPU, GPU, memori), dan kemampuan model untuk menangani sejumlah besar permintaan simultan.

- Aktivitas:

- 1) Melakukan *Load Testing* dan *Stress Testing* untuk mengukur batas kemampuan model AI dalam menangani beban tinggi.
- 2) Menggunakan alat seperti *Apache JMeter* atau *Locust* untuk mensimulasikan ribuan pengguna atau permintaan API simultan dan mengukur respons model.

c) Uji Coba dengan Pengguna Nyata (User Acceptance Testing - UAT).

Uji coba dilakukan dengan melibatkan pengguna akhir (misalnya, guru, siswa) untuk menguji efektivitas model AI dalam skenario nyata. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi apakah model memenuhi kebutuhan dan harapan pengguna.

- Aktivitas:

- 1) Mengumpulkan umpan balik dari pengguna terkait pengalaman mereka menggunakan sistem, akurasi model, dan relevansi hasil yang dihasilkan.
- 2) Melakukan perbaikan atau penyesuaian model berdasarkan umpan balik yang diperoleh untuk meningkatkan kinerja dan pengalaman pengguna.

d) Validasi Model dengan Data Nyata.

Validasi model dilakukan dengan menggunakan data nyata dari lingkungan produksi untuk memastikan bahwa model dapat menangani variasi dan dinamika data yang sebenarnya.

- Aktivitas:

- 1) Menggunakan data dari interaksi siswa dan hasil belajar mereka untuk memvalidasi akurasi prediksi model.
- 2) Melakukan penyesuaian berdasarkan performa model pada data nyata dibandingkan dengan data pelatihan.

e) Pengujian Keamanan dan Privasi Data.

Pengujian ini bertujuan untuk memastikan bahwa model AI tidak hanya akurat tetapi juga aman, terutama dalam mengelola data pribadi dan sensitif siswa.

- Aktivitas:

- 1) Melakukan *Penetration Testing* dan *Vulnerability Assessment* untuk memastikan tidak ada celah keamanan yang dapat dieksloitasi.

- 2) Memastikan bahwa semua data yang ditangani oleh model dienkripsi dan bahwa proses otentikasi serta otorisasi sesuai dengan standar keamanan yang berlaku.

3. Dokumentasi dan Persiapan Rilis Model

a) Pembuatan Dokumentasi Rilis

Dokumentasi yang komprehensif dibuat untuk setiap versi model AI yang diimplementasikan. Dokumentasi ini mencakup arsitektur model, hasil uji coba, penyesuaian yang dilakukan, dan panduan *troubleshooting*.

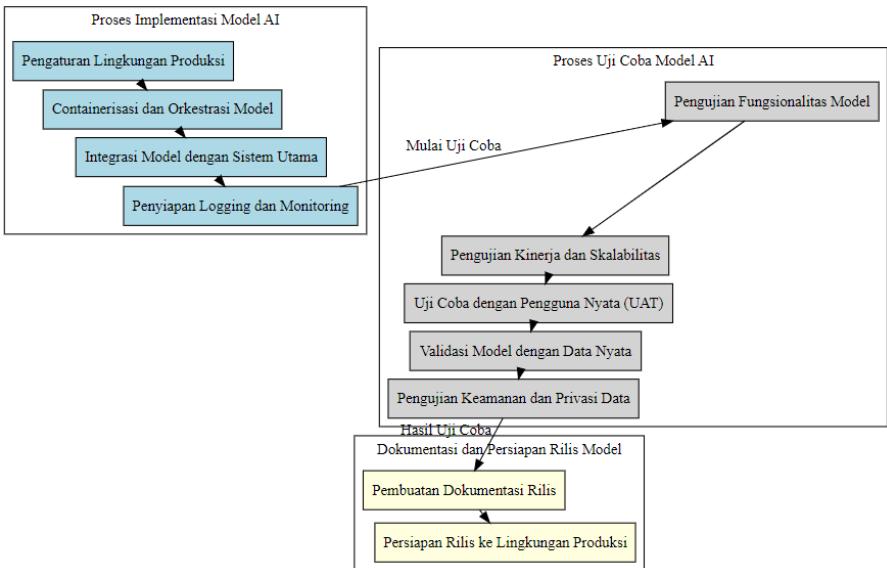
- Aktivitas: Menggunakan alat dokumentasi seperti *Confluence* atau *Github Pages* untuk menyimpan semua dokumentasi yang relevan.

b) Persiapan Rilis ke Lingkungan Produksi.

Setelah model AI lulus semua pengujian, model siap untuk dirilis ke lingkungan produksi. Proses ini melibatkan pemindahan model dari staging ke server produksi.

- Aktivitas:

- 1) Menyusun rencana rilis yang mencakup *rollback strategy* jika ada masalah setelah rilis.
- 2) Mengkomunikasikan perubahan yang akan terjadi kepada semua pemangku kepentingan yang relevan.



Gambar 4. 3 Alur Implementasi dan Uji Coba Model AI

4.4 Optimasi dan Penyesuaian Model

Optimasi dan Penyesuaian Model adalah langkah lanjutan setelah implementasi awal dan uji coba model AI. Tahap ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja model AI agar lebih akurat, efisien, dan responsif terhadap perubahan dalam data dan kebutuhan pengguna. Proses optimasi dan penyesuaian model melibatkan berbagai teknik dan pendekatan untuk memperbaiki model berdasarkan hasil uji coba dan umpan balik pengguna, serta adaptasi terhadap dinamika data yang terus berubah.

1. Teknik Optimasi Model AI

Optimasi model AI adalah proses berkelanjutan yang melibatkan berbagai teknik untuk meningkatkan performa model. Berikut adalah beberapa teknik utama yang digunakan dalam optimasi model AI:

a) Tuning Hyperparameter

Hyperparameter adalah parameter yang dikonfigurasi sebelum proses pelatihan model, seperti *learning rate*, jumlah lapisan dalam jaringan saraf, jumlah pohon dalam algoritma *Random Forest*, dan sebagainya. Tuning hyperparameter bertujuan untuk menemukan kombinasi parameter yang menghasilkan kinerja terbaik.

▪ Teknik:

- 1) *Grid Search*: Metode sistematis untuk mengevaluasi kombinasi *hyperparameter* dengan menguji semua kemungkinan kombinasi pada ruang parameter yang ditentukan.
- 2) *Random Search*: Memilih kombinasi *hyperparameter* secara acak dari ruang parameter dan mengevaluasi kinerjanya, yang sering kali lebih efisien daripada *Grid Search*.
- 3) *Bayesian Optimization*: Menggunakan model probabilistik untuk memilih *hyperparameter* yang diharapkan menghasilkan kinerja terbaik berdasarkan hasil sebelumnya.

b) Regularisasi

Regularisasi adalah teknik untuk mencegah model *overfitting*, yaitu situasi di mana model terlalu cocok dengan data pelatihan sehingga kinerjanya buruk pada data baru. Regularisasi membantu dalam membuat model lebih *generalizable*.

▪ Teknik:

- 1) *L1 Regularization (Lasso)*: Menambahkan penalti absolut terhadap koefisien model, yang dapat mengurangi koefisien beberapa

fitur menjadi nol, membantu dalam seleksi fitur.

- 2) *L2 Regularization (Ridge)*: Menambahkan penalti kuadrat terhadap koefisien model, yang mencegah koefisien menjadi terlalu besar dan membantu menjaga stabilitas model.
- 3) *Dropout*: Teknik yang sering digunakan dalam jaringan saraf, di mana neuron tertentu dihilangkan secara acak selama pelatihan untuk mencegah ketergantungan berlebihan pada neuron tertentu.

c) Data Augmentation

Data augmentation adalah teknik untuk memperbesar dataset dengan membuat variasi data yang ada, sehingga model dapat dilatih pada lebih banyak contoh dan menjadi lebih *robust*.

▪ Teknik:

- 1) Augmentasi pada Data Gambar: Melakukan rotasi, *flipping*, *zooming*, atau perubahan warna pada gambar untuk menghasilkan lebih banyak data pelatihan.
- 2) Augmentasi pada Data Teks: Menggunakan teknik seperti *synonym replacement*, *random insertion*, atau *back-translation* untuk menghasilkan variasi teks dari data asli.
- 3) Augmentasi pada Data Tabular: Menggunakan teknik seperti SMOTE (Synthetic Minority Over-sampling Technique) untuk mengatasi ketidakseimbangan kelas dalam dataset.

d) Optimasi Algoritma

Memilih algoritma optimasi yang tepat untuk pelatihan model dapat secara signifikan mempengaruhi kecepatan konvergensi dan hasil akhir model.

- Teknik:

- 1) *Stochastic Gradient Descent (SGD)*: Algoritma optimasi yang memperbarui bobot model berdasarkan subset acak dari data pelatihan, yang membantu dalam mempercepat pelatihan pada dataset besar.
- 2) *Adam Optimizer*: Kombinasi dari *RMSProp* dan *Momentum* yang menyesuaikan *learning rate* selama pelatihan, yang sering digunakan karena stabilitas dan kecepatan konvergensinya.
- 3) *AdaGrad, RMSProp*: Algoritma yang menyesuaikan *learning rate* berdasarkan sejarah *gradien*, yang membantu dalam mengatasi masalah dengan *learning rate* tetap.

e) Model Ensemble

Teknik *ensemble* menggabungkan prediksi dari beberapa model untuk meningkatkan akurasi dan *robustnes* prediksi.

- Teknik:

- 1) *Bagging*: Menggunakan model yang sama dengan pelatihan pada subset data yang berbeda (misalnya, Random Forest).
- 2) *Boosting*: Menggabungkan model yang dilatih secara berurutan, di mana setiap model baru mencoba memperbaiki kesalahan model sebelumnya (misalnya, XGBoost, AdaBoost).

- 3) *Stacking*: Menggabungkan prediksi dari beberapa model berbeda dan melatih model meta untuk memberikan prediksi akhir.

2. Penyesuaian Model Berdasarkan Umpan Balik dan Evaluasi

Setelah model dioptimalkan, langkah selanjutnya adalah menyesuaikan model berdasarkan hasil evaluasi dan umpan balik dari pengguna serta data baru yang masuk. Penyesuaian ini penting untuk memastikan model tetap relevan dan akurat dalam konteks penggunaan dunia nyata.

a) Penyesuaian Berdasarkan Umpan Balik Pengguna:

Umpan balik dari pengguna akhir, seperti guru dan siswa, memberikan wawasan penting tentang bagaimana model AI berfungsi dalam skenario nyata. Masukan ini digunakan untuk menyesuaikan model agar lebih responsif terhadap kebutuhan pengguna.

- Aktivitas:

- 1) Mengumpulkan umpan balik secara sistematis melalui survei, wawancara, atau analisis penggunaan.
- 2) Mengidentifikasi area di mana model mungkin memberikan hasil yang tidak memuaskan atau memerlukan penyesuaian.
- 3) Melakukan perubahan pada model atau algoritma berdasarkan temuan dari umpan balik pengguna.

b) Penyesuaian Berdasarkan Data Baru.

Data baru yang terus masuk ke dalam sistem, seperti data siswa baru, hasil tes terbaru, dan pola interaksi yang berkembang, dapat mempengaruhi performa model. Model perlu disesuaikan atau dilatih ulang secara berkala untuk menjaga kinerjanya.

- Aktivitas:

- 1) Melakukan *Incremental Learning* jika memungkinkan, untuk menyesuaikan model

- dengan data baru tanpa pelatihan ulang penuh.
- 2) Melakukan pelatihan ulang model secara berkala dengan dataset yang diperbarui untuk memastikan model tetap akurat.
 - 3) Menyesuaikan fitur atau parameter model berdasarkan analisis data terbaru.
- c) Monitoring dan Penyesuaian Berkelanjutan
- Proses penyesuaian model tidak berhenti setelah implementasi. Model perlu dimonitor secara berkelanjutan untuk mendeteksi penurunan performa (*concept drift*) dan melakukan penyesuaian jika diperlukan.
- Aktivitas:
 - 1) Menggunakan alat monitoring untuk melacak metrik kinerja model secara *real-time*.
 - 2) Mendeteksi *concept drift*, di mana distribusi data berubah, sehingga model perlu disesuaikan untuk tetap relevan.
 - 3) Mengintegrasikan *pipeline CI/CD* (*Continuous Integration/Continuous Deployment*) untuk penyesuaian dan penyebaran model yang cepat dan efisien.

3. Dokumentasi dan Pembaruan Model

- a) Pembuatan Dokumentasi Pembaruan

Setiap penyesuaian atau optimasi yang dilakukan pada model harus didokumentasikan dengan jelas, mencakup perubahan yang dibuat, alasan perubahan, dan dampaknya terhadap performa model.

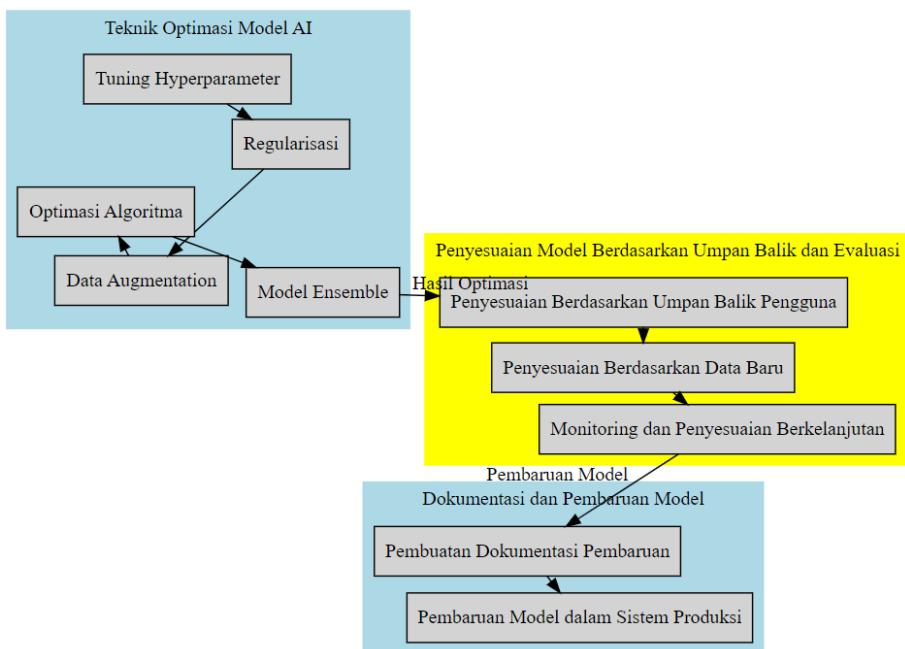
- Aktivitas: Membuat log perubahan versi model dan menyimpan dokumentasi dalam sistem manajemen versi seperti *Git*.

- b) Pembaruan Model dalam Sistem Produksi

Setelah penyesuaian dilakukan, model yang diperbarui perlu diimplementasikan kembali dalam lingkungan produksi. Proses ini harus direncanakan dengan hati-hati untuk meminimalkan gangguan terhadap pengguna.

- Aktivitas:

- 1) Menggunakan *pipeline* CI/CD untuk otomatisasi pembaruan model dalam produksi.
- 2) Melakukan pengujian ulang pada model yang diperbarui sebelum rilis ke lingkungan produksi.
- 3) Mengomunikasikan perubahan kepada pengguna dan pemangku kepentingan yang relevan.



Gambar 4. 4 Alur Optimasi dan Penyesuaian Model

Dengan menerapkan teknik optimasi yang tepat dan melakukan penyesuaian berdasarkan umpan balik serta data terbaru, LENTERAMU dapat memastikan bahwa model AI yang digunakan selalu berada dalam kondisi optimal, memberikan hasil yang akurat, dan terus berkembang sesuai dengan kebutuhan pengguna dan dinamika data.

4.5 Evaluasi Performa Model AI

Evaluasi Performa Model AI adalah proses penting untuk menilai efektivitas, akurasi, dan keandalan model AI yang digunakan dalam LENTERAMU. Evaluasi ini bertujuan untuk memastikan bahwa model AI bekerja sesuai dengan tujuan yang ditetapkan, memberikan hasil yang dapat diandalkan, dan memenuhi kebutuhan pembelajaran yang personal dan adaptif. Proses evaluasi dilakukan dengan menggunakan berbagai metrik kinerja dan pendekatan untuk memantau performa model secara berkelanjutan.

1. Metode Evaluasi Performa Model AI

Evaluasi performa model AI dilakukan dengan berbagai metode dan metrik untuk menilai kualitas prediksi, rekomendasi, dan keputusan yang dihasilkan oleh model. Berikut adalah beberapa metode evaluasi utama yang digunakan:

a) Evaluasi Berdasarkan Metrik Klasifikasi

Metrik klasifikasi digunakan untuk menilai performa model dalam memprediksi kelas atau kategori tertentu. Ini termasuk model yang digunakan untuk mengklasifikasikan kinerja siswa, memberikan umpan balik adaptif, atau menentukan rekomendasi konten.

- Metrik yang Digunakan:

- 1) *Akurasi (Accuracy)*: Proporsi prediksi yang benar dibandingkan dengan total prediksi. Cocok untuk dataset yang seimbang.

- 2) *Presisi (Precision)*: Proporsi prediksi positif yang benar terhadap semua prediksi positif. Penting untuk mengukur ketepatan model dalam mengidentifikasi kelas tertentu.
 - 3) *Recall (Sensitivitas)*: Proporsi prediksi positif yang benar terhadap semua kasus aktual positif. Berguna untuk mengukur sensitivitas model.
 - 4) *F1-Score*: Harmonik rata-rata antara presisi dan recall, digunakan ketika keseimbangan antara presisi dan *recall* diperlukan.
 - 5) *AUC-ROC (Area Under Curve - Receiver Operating Characteristic)*: Mengukur kemampuan model untuk membedakan antara kelas. AUC yang mendekati 1 menunjukkan model yang baik.
- b) Evaluasi Berdasarkan Metrik Regresi
- Metrik regresi digunakan untuk menilai model yang menghasilkan output kontinu, seperti memprediksi nilai skor siswa atau tingkat pemahaman.
- Metrik yang Digunakan:
 - 1) *Mean Absolute Error (MAE)*: Rata-rata nilai absolut dari kesalahan prediksi. Menunjukkan seberapa jauh prediksi rata-rata model dari nilai sebenarnya.
 - 2) *Mean Squared Error (MSE)*: Rata-rata kuadrat dari kesalahan prediksi. Lebih sensitif terhadap outliers karena penalti kuadrat.
 - 3) *Root Mean Squared Error (RMSE)*: Akar kuadrat dari MSE. Menyediakan skala yang sama dengan variabel target.
 - 4) *R-squared (R²)*: Mengukur proporsi variansi dalam variabel dependen yang dapat

dijelaskan oleh variabel independen. Nilai mendekati 1 menunjukkan model yang baik.

c) Evaluasi Berdasarkan Metrik Rekomendasi

Metrik rekomendasi digunakan untuk menilai model yang memberikan rekomendasi konten atau materi pembelajaran kepada siswa berdasarkan preferensi dan kinerja mereka.

- Metrik yang Digunakan:

- 1) *Mean Average Precision (MAP)*: Mengukur rata-rata presisi di berbagai level *cut-off* dalam daftar rekomendasi.
- 2) *Mean Reciprocal Rank (MRR)*: Mengukur peringkat rata-rata dari item pertama yang benar dalam daftar rekomendasi.
- 3) *Normalized Discounted Cumulative Gain (NDCG)*: Mengukur kualitas rekomendasi berdasarkan relevansi yang lebih tinggi di bagian atas daftar rekomendasi.
- 4) *Coverage*: Mengukur proporsi item yang direkomendasikan oleh sistem yang berbeda dari total item yang tersedia.

d) Evaluasi Berdasarkan Metrik Kinerja Model Adaptif

Model AI yang adaptif seperti “Modul Umpam Balik Adaptif” memerlukan metrik evaluasi tambahan untuk menilai seberapa baik model tersebut beradaptasi dengan dinamika data dan perubahan pola perilaku siswa.

- Metrik yang Digunakan:

- 1) *Cumulative Reward*: Dalam konteks *Reinforcement Learning*, ini mengukur jumlah reward yang diakumulasi oleh model selama pelatihan dan pengujian. Lebih tinggi lebih baik.
- 2) *Policy Entropy*: Mengukur ketidakpastian kebijakan model dalam memilih tindakan.

Digunakan untuk memastikan bahwa model tidak menjadi terlalu deterministik.

- 3) *Learning Rate Stability:* Mengukur stabilitas dan konsistensi model dalam memperbarui kebijakan berdasarkan data terbaru.

2. Proses Pemantauan Kinerja Model Secara Berkelanjutan

Evaluasi performa model bukanlah aktivitas sekali saja; ini merupakan proses yang harus dilakukan secara berkelanjutan untuk memastikan model tetap relevan dan berfungsi dengan baik dalam berbagai kondisi. Berikut adalah langkah-langkah pemantauan kinerja model secara berkelanjutan:

a) Pemantauan Real-Time

Pemantauan *real-time* digunakan untuk mendeteksi masalah kinerja model secara langsung dan mengambil tindakan cepat jika diperlukan.

- Aktivitas:

- 1) Menggunakan alat monitoring seperti *Prometheus* atau *Grafana* untuk melacak metrik kinerja model secara *real-time*.
- 2) Mengatur notifikasi otomatis jika metrik tertentu, seperti akurasi atau waktu respons, turun di bawah ambang batas yang ditentukan.

b) Evaluasi Periodik dan Pelaporan

Evaluasi performa model dilakukan secara periodik (misalnya, mingguan atau bulanan) untuk mengevaluasi kinerja model dalam periode tertentu dan mengidentifikasi trend atau pola yang muncul.

- Aktivitas:

- 1) Menyusun laporan evaluasi yang mencakup analisis mendalam tentang kinerja model dan metrik yang digunakan.

- 2) Mengidentifikasi konsep drift atau perubahan distribusi data yang dapat memengaruhi kinerja model.

c) Pengujian Kinerja Model dengan Data Baru

Model AI perlu diuji dengan data baru yang terus diperbarui untuk memastikan bahwa model dapat menangani variasi dan dinamika dalam data yang sebenarnya.

- Aktivitas:

- 1) Menggunakan *Backtesting* untuk mengevaluasi kinerja model pada dataset historis yang baru.
- 2) Melakukan validasi tambahan dengan data yang tidak pernah dilihat model sebelumnya untuk menilai generalisasi.

d) Pemantauan Degradasi Kinerja (Concept Drift)

Konsep drift terjadi ketika distribusi data berubah, menyebabkan model kehilangan akurasi atau relevansi. Deteksi dan penanganan concept drift sangat penting untuk menjaga kinerja model AI.

- Aktivitas:

- 1) Menggunakan teknik *Drift Detection* seperti *Page-Hinkley Test* atau *ADWIN* (Adaptive Windowing) untuk mendeteksi perubahan distribusi data.
- 2) Mengimplementasikan *pipeline* otomatis untuk melatih ulang model ketika *concept drift* terdeteksi.

3. Alat dan Teknik untuk Evaluasi dan Pemantauan

Untuk mendukung proses evaluasi performa model AI, berbagai alat dan teknik digunakan untuk melacak, menganalisis, dan meningkatkan kinerja model:

a) Alat Evaluasi Metrik:

- 1) *Scikit-Learn*: Pustaka Python yang menyediakan berbagai metrik evaluasi untuk klasifikasi, regresi, dan *clustering*.
 - 2) *TensorBoard*: Alat visualisasi untuk *TensorFlow* yang memungkinkan pemantauan dan evaluasi pelatihan model secara interaktif.
 - 3) *MLflow*: Platform untuk mengelola eksperimen pembelajaran mesin, mencatat metrik evaluasi, dan memantau model AI di seluruh siklus hidupnya.
- b) Alat Pemantauan Model:
- 1) *Prometheus* dan *Grafana*: Kombinasi alat open source untuk pemantauan kinerja dan visualisasi metrik secara real-time.
 - 2) *ELK Stack (Elasticsearch, Logstash, Kibana)*: Digunakan untuk analisis log, pemantauan kinerja model, dan deteksi anomali.
- c) Teknik Pengujian Stres dan Keandalan:
- 1) *Load Testing*: Menggunakan alat seperti *Apache JMeter* untuk menguji skenario beban tinggi dan memastikan model tetap responsif.
 - 2) *Chaos Engineering*: Menggunakan alat seperti *Chaos Monkey* untuk mensimulasikan kegagalan dan menguji ketahanan model serta sistem AI secara keseluruhan.

4. Langkah-Langkah Tindak Lanjut Berdasarkan Evaluasi

Setelah proses evaluasi dilakukan, langkah-langkah tindak lanjut diperlukan untuk memperbaiki atau meningkatkan model AI:

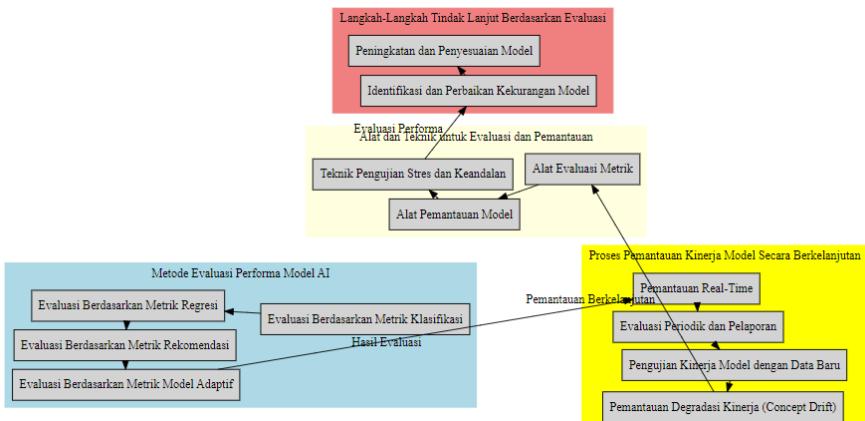
- a) Identifikasi dan Perbaikan Kekurangan Model:
- Berdasarkan hasil evaluasi, identifikasi area di mana model berkinerja buruk dan lakukan perbaikan yang diperlukan.
- Aktivitas:
Menyesuaikan algoritma, tuning hyperparameter, atau melakukan pelatihan ulang model dengan data yang lebih representatif.

b) Peningkatan dan Penyesuaian Model

Berdasarkan tren evaluasi dan data baru, lakukan penyesuaian model untuk meningkatkan akurasi dan kinerja.

- Aktivitas:

Menggunakan teknik optimasi seperti regularisasi, ensemble learning, atau teknik augmentasi data.



Gambar 4. 5 Alur Evaluasi Performa Model AI

4.6 Pipeline Integrasi AI ke Sistem Produksi

Pipeline Integrasi AI ke Sistem Produksi adalah rangkaian proses yang memastikan model AI yang dikembangkan dapat diterapkan secara efektif dalam lingkungan produksi. Pipeline ini mencakup serangkaian langkah otomatisasi yang memungkinkan model AI diterapkan, dipantau, dan diperbarui secara berkelanjutan. Dengan pipeline yang efisien, integrasi model AI ke dalam sistem produksi dapat dilakukan dengan lebih cepat, lebih aman, dan lebih terukur. Pipeline ini juga mendukung siklus hidup pembelajaran mesin (machine learning lifecycle) yang dinamis, di mana model terus ditingkatkan berdasarkan data baru dan hasil evaluasi.

1. Komponen Utama Pipeline Integrasi AI

Pipeline integrasi AI mencakup beberapa komponen utama yang dirancang untuk mengelola dan mengotomatiskan proses integrasi model ke dalam sistem produksi. Komponen-komponen ini bekerja bersama untuk memastikan bahwa model AI dapat diimplementasikan dan dipantau dengan baik dalam lingkungan produksi. Berikut adalah komponen utama dalam pipeline integrasi AI:

a) Continuous Integration (CI)

CI adalah proses otomatisasi yang memastikan setiap perubahan kode, konfigurasi model, atau pembaruan data dapat diuji dan divalidasi sebelum diterapkan ke lingkungan produksi. Ini bertujuan untuk mengintegrasikan perubahan dengan lancar dan mendeteksi kesalahan lebih awal.

- Aktivitas:

- 1) Menggunakan alat seperti *Jenkins*, *GitLab CI*, atau *CircleCI* untuk mengotomatiskan pengujian unit, pengujian integrasi, dan validasi model.
- 2) Mengatur pipeline CI untuk secara otomatis menjalankan serangkaian pengujian setiap kali perubahan kode di-push ke repositori.

b) Continuous Deployment (CD)

CD adalah proses penyebaran otomatis model AI ke lingkungan produksi setelah perubahan diintegrasikan dan diuji. Ini memungkinkan penyebaran model yang lebih cepat dan lebih andal, tanpa campur tangan manual.

- Aktivitas:

- 1) Menggunakan pipeline CD untuk menerapkan model AI yang telah divalidasi langsung ke lingkungan produksi dengan alat seperti *Docker*, *Kubernetes*, atau *Ansible*.
- 2) Mengatur pengendalian versi dan rollback strategi untuk memastikan bahwa model

yang tidak memenuhi ekspektasi dapat dikembalikan ke versi sebelumnya dengan cepat.

c) Model Versioning and Management

Manajemen versi model adalah komponen penting untuk melacak perubahan dan evolusi model AI seiring waktu. Setiap versi model yang baru harus didokumentasikan dan dikelola untuk memastikan bahwa model yang tepat digunakan dalam produksi.

- Aktivitas:

- 1) Menggunakan alat seperti *MLflow*, *DVC* (*Data Version Control*), atau *Weights & Biases* untuk melacak versi model, hyperparameter, data pelatihan, dan hasil evaluasi.
- 2) Mendokumentasikan setiap versi model yang diterapkan, termasuk konfigurasi dan hasil uji coba.

d) Pipeline Data Preparation

Data yang digunakan untuk melatih dan menguji model AI harus diproses dan disiapkan dengan benar sebelum masuk ke pipeline. Komponen ini memastikan bahwa data selalu siap untuk digunakan dalam pembaruan model.

- Aktivitas:

- 1) Menggunakan alat ETL (Extract, Transform, Load) seperti *Apache NiFi*, *Airflow*, atau *Talend* untuk mengelola pipeline persiapan data.
- 2) Mengotomatisasi proses pembersihan, transformasi, dan penggabungan data untuk memastikan kualitas data yang konsisten.

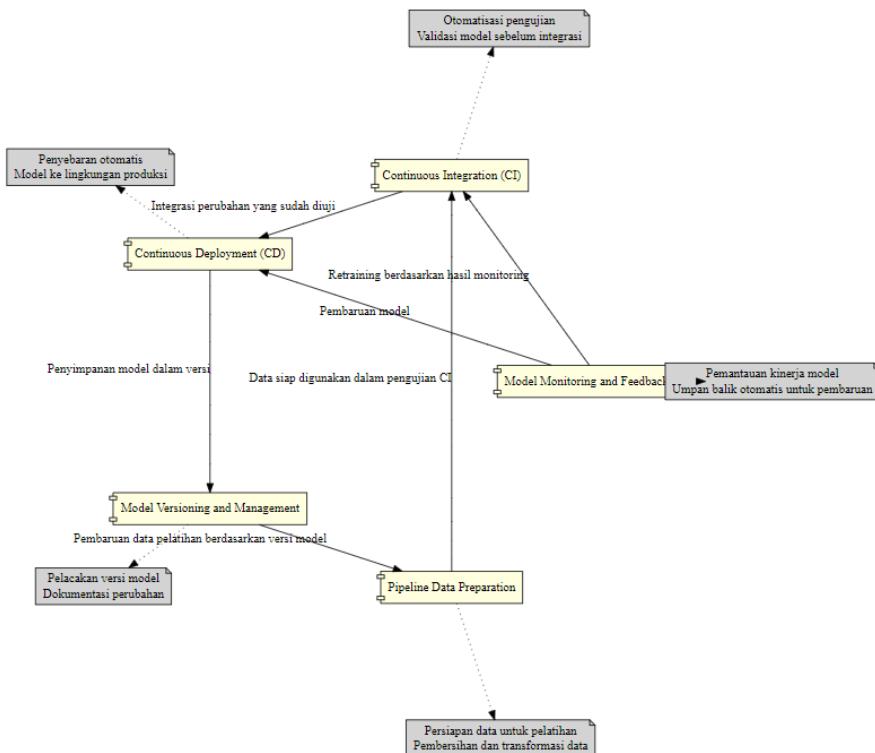
e) Model Monitoring and Feedback Loop

Komponen ini bertanggung jawab untuk memantau performa model AI di lingkungan produksi dan menyediakan

mekanisme umpan balik untuk pembaruan model berkelanjutan.

- Aktivitas:

- 1) Menggunakan alat pemantauan seperti *Prometheus*, *Grafana*, atau *ELK Stack* untuk memantau metrik kinerja model seperti akurasi prediksi, waktu respons, dan penggunaan sumber daya.
- 2) Mengatur umpan balik otomatis berdasarkan hasil pemantauan untuk memicu retraining atau pembaruan model.



Gambar 4.6.1 Komponen Utama Pipeline Integrasi AI

2. Langkah-Langkah Pipeline Integrasi AI ke Sistem Produksi

Pipeline integrasi AI melibatkan beberapa langkah yang saling terkait untuk memastikan model AI dapat diimplementasikan dengan lancar dan efektif dalam sistem produksi. Berikut adalah langkah-langkah utama dalam pipeline integrasi AI:

a) Pengembangan dan Pengujian Model

Model AI dikembangkan dan diuji di lingkungan pengembangan. Langkah ini mencakup pemilihan algoritma, pengumpulan data, praproses data, pelatihan, dan validasi model.

- Aktivitas:

Menggunakan alat CI/CD untuk menjalankan pipeline pengembangan yang mencakup pengujian otomatis, validasi metrik, dan analisis performa.

b) Containerisasi Model dengan Docker

Model AI di-package dalam container menggunakan teknologi seperti *Docker* untuk memastikan bahwa model dapat berjalan di mana saja dengan semua dependensinya.

- Aktivitas:

- 1) Membangun Dockerfile yang mendefinisikan lingkungan pelatihan dan inferensi model.
- 2) Mengunggah image Docker ke registry seperti *Docker Hub* atau *AWS ECR (Elastic Container Registry)* untuk digunakan dalam penyebaran.

c) Orkestrasi dengan Kubernetes

Menggunakan *Kubernetes* untuk mengelola penyebaran model dalam skala besar. Kubernetes memungkinkan orkestrasi container yang efisien, penskalaan otomatis, dan manajemen sumber daya.

- Aktivitas:

- 1) Menyusun file konfigurasi *Kubernetes* (YAML) yang mengatur deployment, service, dan ingress untuk model AI.

- 2) Mengkonfigurasi *autoscaling* untuk menyesuaikan kapasitas berdasarkan beban kerja.
- d) Pengaturan Monitoring dan Logging
- Mengatur sistem monitoring dan logging untuk memantau kinerja model dan mengidentifikasi potensi masalah lebih awal.
- Aktivitas:
 - 1) Menggunakan *Prometheus* untuk mengumpulkan metrik kinerja dan *Grafana* untuk visualisasi.
 - 2) Menggunakan *ELK Stack* (*Elasticsearch*, *Logstash*, *Kibana*) untuk menganalisis log dan melakukan pencarian data secara efisien.
- e) Manajemen Versi dan Rollback
- Mengelola versi model untuk memastikan bahwa setiap versi yang diterapkan dapat dilacak dan diatur. Jika terjadi masalah, sistem harus mendukung rollback cepat ke versi model sebelumnya.
- Aktivitas:
 - 1) Menggunakan *MLflow* atau DVC untuk manajemen versi model dan pengendalian rollback.
 - 2) Mengintegrasikan alat manajemen versi dengan pipeline CI/CD untuk otomatisasi rollback jika diperlukan.
- f) Continuous Monitoring and Feedback Loop
- Memantau performa model AI di lingkungan produksi secara berkelanjutan dan memberikan umpan balik untuk memperbarui atau melatih ulang model sesuai kebutuhan.
- Aktivitas:

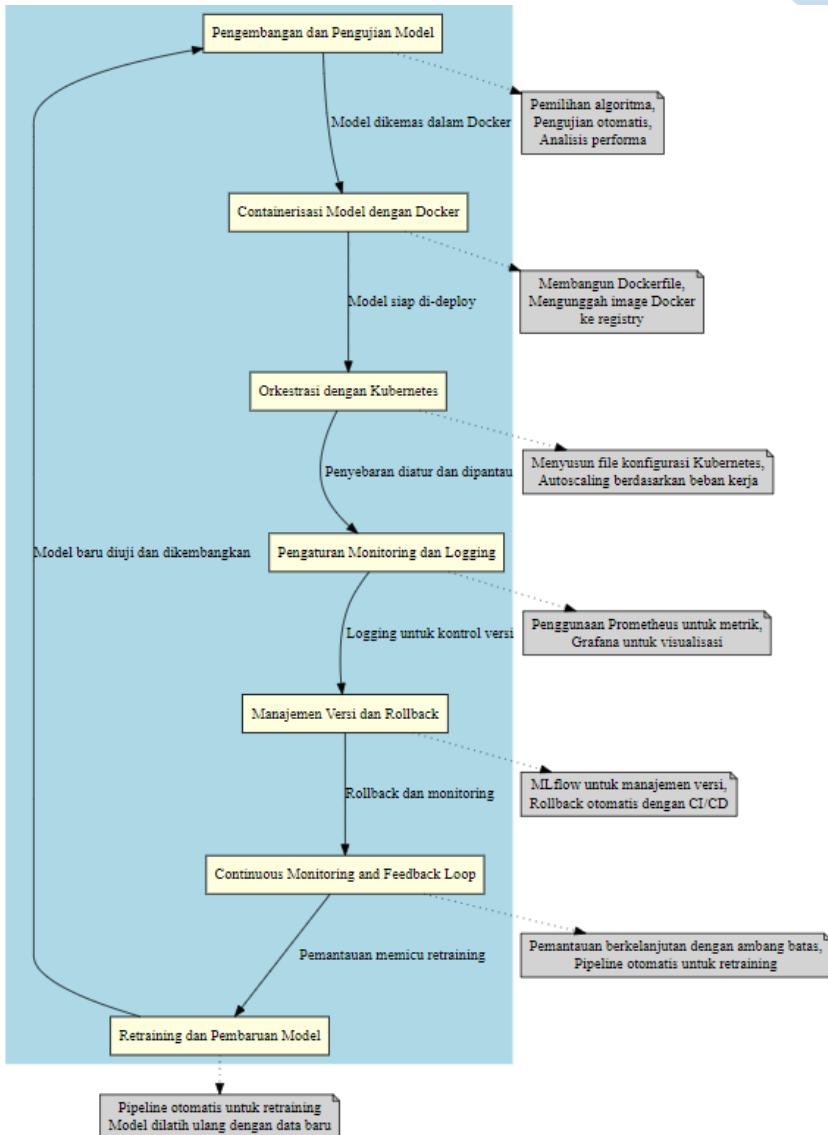
- 1) Menentukan ambang batas untuk metrik performa seperti akurasi atau waktu respons yang memicu retraining otomatis.
 - 2) Menggunakan alat seperti *Kubeflow Pipelines* atau *MLflow* untuk mengatur pipeline pembaruan model berdasarkan hasil pemantauan.
- g) Retraining dan Pembaruan Model
- Model AI yang menunjukkan penurunan performa atau perubahan pola data (concept drift) harus dilatih ulang dengan data terbaru.
- Aktivitas:
 - 1) Menggunakan pipeline otomatis untuk retraining model dengan data baru, termasuk validasi dan pengujian ulang sebelum penyebaran.
 - 2) Menentukan siklus retraining berdasarkan kebutuhan bisnis dan perubahan data.

3. Manfaat dan Tantangan dalam Pipeline Integrasi AI

- a) Manfaat:
- 1) Efisiensi Operasional
Dengan mengotomatiskan proses CI/CD dan manajemen versi model, tim pengembang dapat fokus pada inovasi dan perbaikan tanpa terhambat oleh tugas manual.
 - 2) Skalabilitas
Pipeline ini mendukung penyebaran model dalam skala besar dan memungkinkan sistem untuk menyesuaikan kapasitas berdasarkan kebutuhan.
 - 3) Keamanan dan Keandalan
Pipeline yang baik memastikan bahwa model yang diimplementasikan aman, diuji dengan baik, dan memiliki rollback strategy yang jelas.
- b) Tantangan:

- 1) Kompleksitas dalam Manajemen Pipeline
Mengelola pipeline integrasi AI yang mencakup banyak komponen dan langkah dapat menjadi kompleks dan memerlukan pengaturan yang hati-hati.
- 2) Pemantauan yang Efektif
Memastikan pemantauan yang komprehensif dan mengidentifikasi masalah performa secara real-time memerlukan alat dan konfigurasi yang canggih.
- 3) Penanganan Data Sensitif
Dalam lingkungan produksi, penanganan data sensitif memerlukan protokol keamanan yang ketat dan kepatuhan terhadap regulasi privasi data.

Melalui penggunaan pipeline integrasi AI yang terstruktur dan otomatis, LENTERAMU dapat memastikan bahwa model AI diimplementasikan dengan aman dan efisien, terus dipantau, dan diperbarui



Gambar 4.6.2 Alur Pipeline Integrasi AI ke Sistem Produksi

4.7 Desain Antarmuka Pengguna (UI Design)

Desain antarmuka pengguna merupakan komponen penting dalam pengembangan aplikasi cerdas LENTERAMU. Desain UI yang baik tidak hanya meningkatkan keterlibatan pengguna tetapi juga mengoptimalkan interaksi dan mendukung pembelajaran yang dipersonalisasi, sesuai dengan tujuan yang diuraikan dalam bab-bab sebelumnya.

1. Konsep Desain Antarmuka Pengguna

Desain antarmuka pengguna untuk aplikasi LENTERAMU didasarkan pada konsep-konsep yang mendukung arsitektur dan fungsi-fungsi yang telah diuraikan dalam Bab 2: Arsitektur Aplikasi Cerdas dan Bab 3: Desain Model AI. Konsep desain ini difokuskan pada pendekatan yang adaptif, responsif, dan ramah pengguna untuk memastikan bahwa antarmuka dapat diakses dan digunakan oleh berbagai jenis pengguna, seperti siswa, guru, dan administrator.

a) Adaptif dan Responsif

Mengacu pada kebutuhan “Lapisan Antarmuka Pengguna (User Interface Layer)” yang telah dijelaskan dalam Sub Bab 2.1 dan 2.5, antarmuka harus mampu menyesuaikan diri dengan berbagai perangkat, memastikan pengalaman belajar yang konsisten dan optimal di mana saja.

b) Ramah Pengguna

Sejalan dengan prinsip personalisasi yang dijelaskan dalam Sub Bab 3.3 Modul Personalisasi Konten dan Sub Bab 3.4 Modul Umpan Balik Adaptif, antarmuka harus menyediakan navigasi yang sederhana dan tidak membingungkan, memudahkan pengguna mengakses informasi seperti rekomendasi pembelajaran dan umpan balik.

2. Prinsip Desain Antarmuka Pengguna

Prinsip-prinsip yang digunakan dalam desain antarmuka pengguna untuk aplikasi LENTERAMU didasarkan pada panduan yang sejalan dengan tujuan dan fitur utama yang telah dibahas dalam Bab 4: Integrasi dan Pengembangan Model AI, khususnya terkait bagaimana AI diintegrasikan ke dalam aplikasi dan bagaimana pengguna berinteraksi dengan sistem.

a) Konsistensi

Konsistensi antarmuka penting untuk memastikan pengalaman pengguna yang mulus, seperti dijelaskan dalam Sub Bab 4.1 Integrasi Modul AI dalam Aplikasi Cerdas. Misalnya, konsistensi dalam elemen visual dan navigasi membantu pengguna memahami bagaimana menggunakan aplikasi tanpa harus mempelajari ulang antarmuka.

b) Keterbacaan dan Keterlihatan

Prinsip ini mendukung kebutuhan aksesibilitas dari “Lapisan Antarmuka Pengguna (User Interface Layer)” yang telah dijelaskan di Sub Bab 2.1, yang memastikan bahwa antarmuka dapat diakses oleh semua pengguna, termasuk mereka dengan kebutuhan khusus.

c) Umpan Balik Pengguna

Memberikan umpan balik yang jelas dan langsung untuk setiap interaksi, seperti yang telah diuraikan dalam Sub Bab 3.4 Modul Umpan Balik Adaptif, sangat penting untuk memastikan pengguna memahami status tindakan mereka dan bagaimana sistem merespon input mereka.

3. Panduan Desain Antarmuka Pengguna

Panduan desain UI untuk LENTERAMU diselaraskan dengan strategi pengembangan dan peningkatan sistem yang dijelaskan dalam Bab 8: Rencana Pengembangan dan Peningkatan Sistem. Panduan ini

mencakup spesifikasi teknis yang memungkinkan fleksibilitas dan kemudahan pemeliharaan, serta peningkatan yang berkelanjutan.

a) Skema Warna dan Tipografi

Skema warna yang dipilih harus konsisten dengan Lapisan Laporan dan Visualisasi (Reporting and Visualization Layer) yang diuraikan di Sub Bab 2.1 dan 2.5, untuk memastikan laporan dan grafik mudah dipahami dan menarik bagi pengguna.

b) Ikonografi dan Komponen UI Standar

Menggunakan ikon yang intuitif dan familiar, seperti yang digambarkan dalam *Workflow Diagram* di Bab 6, untuk memandu pengguna melalui alur aplikasi, memudahkan mereka mengakses dan memahami informasi yang disajikan.

4. Wireframes, Mockups, dan Prototipe

Wireframes, mockups, dan prototipe merupakan langkah penting dalam menguji dan memvalidasi antarmuka pengguna, sejalan dengan yang telah dijelaskan di Bab 7: Pengujian dan Validasi Sistem, terutama dalam Sub Bab 7.4 Pengujian Pengguna (User Acceptance Testing).

a) Wireframes

Menyediakan tata letak dasar untuk setiap halaman antarmuka, sesuai dengan alur kerja yang digambarkan di Sub Bab 6.2 Diagram Alur Kerja Pengguna. Misalnya, wireframe untuk halaman dashboard siswa yang menampilkan analisis performa, rekomendasi konten, dan umpan balik personal.

b) Mockups

Menyediakan desain visual yang lebih mendetail yang menggambarkan skema warna, ikon, dan tipografi yang akan

digunakan, sehingga lebih mudah untuk dilakukan uji coba dan pengujian pengguna.

c) Prototipe Interaktif

Dapat dibuat untuk mensimulasikan pengalaman pengguna yang sebenarnya dan melakukan pengujian alur kerja, yang akan diukur dan divalidasi dalam Sub Bab 7.5 Validasi dan Hasil Pengujian.

4.7.1 Daftar Antarmuka Pengguna

Berikut adalah daftar antarmuka pengguna (UI) yang akan dibuat untuk mendukung pengelolaan dan interaksi data dalam Sistem Cerdas LENTERAMU. Antarmuka ini disesuaikan dengan tabel-tabel utama dalam desain skema database dan hubungan antar tabel, serta fungsi yang diharapkan untuk pengguna

a) Dashboard Utama

Halaman awal yang menampilkan ringkasan informasi penting untuk setiap jenis pengguna (siswa, guru, administrator). Menampilkan statistik performa siswa, kursus yang sedang diambil atau diajar, aktivitas terakhir, dan notifikasi.

Fitur Utama:

- 1) Ringkasan performa siswa dan progres belajar.
- 2) Kursus terbaru dan kursus yang akan datang.
- 3) Notifikasi tentang tugas, evaluasi, atau umpan balik baru.

b) Manajemen Pengguna (User Management)

Antarmuka untuk mengelola data profil pengguna (siswa, guru, administrator). Berdasarkan Tabel *Users*.

Fitur Utama:

- 1) Pendaftaran pengguna baru.

- 2) Pengeditan profil pengguna (Nama, Email, Tanggal Lahir, Gaya Belajar).
 - 3) Pengaturan kata sandi dan keamanan.
 - 4) Pencarian dan pengurutan pengguna berdasarkan nama atau jenis pengguna.
- c) Katalog Mata Pelajaran/Kursus (Courses Catalog)

Halaman untuk menampilkan daftar kursus yang tersedia di platform. Berdasarkan Tabel *Courses*.

Fitur Utama:

- 1) Pencarian dan filter kursus berdasarkan judul, subjek, atau tingkat kesulitan.
 - 2) Informasi detail kursus termasuk deskripsi, subjek, tingkat kesulitan, dan guru pengajar.
 - 3) Opsi untuk mendaftar atau memulai kursus (untuk siswa).
- d) Detail Kursus (Course Details)

Halaman yang menampilkan informasi mendetail tentang kursus tertentu, termasuk materi pembelajaran dan evaluasi yang terkait. Berdasarkan Tabel *Content* dan Tabel *Assessments*.

Fitur Utama:

- 1) Daftar konten pembelajaran (video, artikel, kuis).
 - 2) Status kemajuan dan tugas yang harus diselesaikan.
 - 3) Skor evaluasi sebelumnya dan umpan balik.
- e) Manajemen Konten Pembelajaran (Content Management)
- Antarmuka bagi guru atau administrator untuk mengelola konten pembelajaran yang terkait dengan kursus. Berdasarkan Tabel *Content*.

Fitur Utama:

- 1) Upload konten baru (video, artikel, kuis).

- 2) Edit atau hapus konten yang ada.
 - 3) Kategorisasi dan tagging konten.
- f) Evaluasi dan Umpan Balik (Assessment and Feedback)
Antarmuka untuk melihat dan memberikan evaluasi serta umpan balik kepada siswa. Berdasarkan Tabel *Assessments*.

Fitur Utama:

- 1) Lihat hasil evaluasi siswa (skor, tanggal, umpan balik).
 - 2) Berikan umpan balik untuk setiap evaluasi.
 - 3) Analisis performa berdasarkan hasil evaluasi.
- g) Log Interaksi Pengguna (User Interaction Log)
Menampilkan log aktivitas pengguna pada platform pembelajaran. Berdasarkan Tabel *Interactions*.

Fitur Utama:

- 1) Lihat interaksi pengguna seperti waktu yang dihabiskan, jenis konten yang diakses, dan durasi interaksi.
 - 2) Filter dan pencarian log interaksi berdasarkan pengguna, jenis konten, atau jenis interaksi.
- h) Laporan dan Visualisasi (Reporting and Visualization)
Menyediakan visualisasi data tentang performa siswa, penggunaan kursus, dan tren pembelajaran. Berdasarkan analisis dari beberapa tabel (Users, Courses, Content, Assessments, Interactions).

Fitur Utama:

- 1) Dashboard visual dengan grafik dan laporan tentang performa siswa.
- 2) Laporan ringkasan tentang keterlibatan siswa dalam kursus dan hasil evaluasi.

- 3) Ekspor laporan dalam format yang dapat diunduh (PDF, Excel).
- i) Pengaturan Sistem (System Settings)
Antarmuka untuk mengelola pengaturan sistem dan integrasi dengan platform lain. Berdasarkan kebutuhan integrasi dan keamanan di Lapisan Integrasi dan Keamanan.

Fitur Utama:

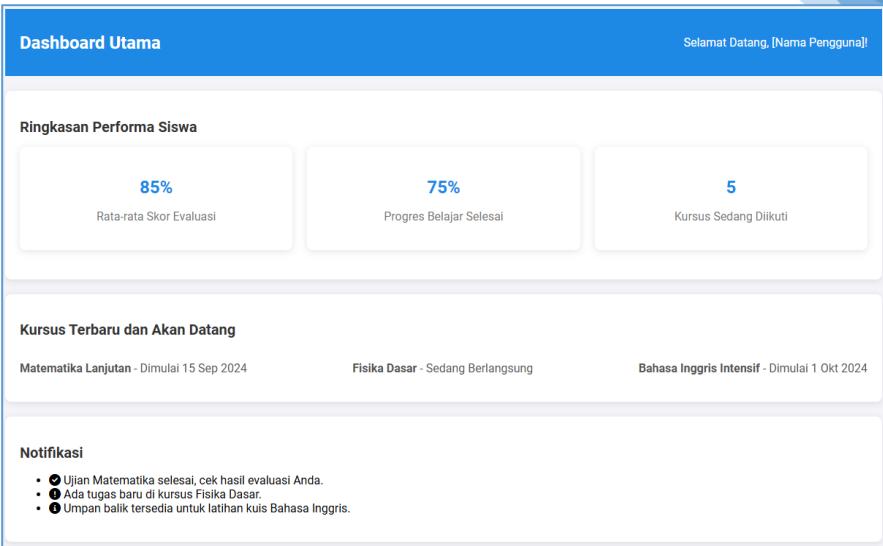
- 1) Pengaturan integrasi dengan LMS atau SIS.
 - 2) Pengaturan keamanan data (role-based access control, enkripsi data).
 - 3) Monitor log akses dan aktivitas administrator.
- j) Pusat Bantuan dan Dukungan (Help and Support Center)
Menyediakan bantuan dan panduan bagi pengguna untuk memahami cara menggunakan platform dan memecahkan masalah umum.

Fitur Utama:

- 1) FAQ (Frequently Asked Questions) dan tutorial pengguna.
- 2) Hubungi dukungan (chat langsung, email).

The screenshot shows the Lentera MU platform interface. At the top, there is a blue header bar with the text "LENTERA MU". Below the header, there is a navigation bar with links: Dashboard, Manajemen Pengguna, Manajemen Konten, Laporan, Pengaturan Sistem, and Bantuan. The main content area is divided into several cards:

- Dashboard**: Akses cepat ke statistik dan performa. Includes a "Buka Dashboard" button.
- Manajemen Pengguna**: Halda data pengguna seperti siswa, guru, dan administrator. Includes a "Halda Pengguna" button.
- Manajemen Konten**: Upload, edit, dan hapus konten pembelajaran. Includes a "Halda Konten" button.
- Laporan dan Visualisasi**: Lihat laporan performa siswa dan penggunaan kelas. Includes a "Buka Laporan" button.
- Pengaturan Sistem**: Atur integrasi dan keamanan platform. Includes a "Atur Sistem" button.
- Pusat Bantuan dan Dukungan**: Bantuan dan panduan untuk menggunakan platform. Includes a "Buka Pusat Bantuan" button.



Gambar 4.7. 1 Tampilan Antar Muka Dashboard Utama Siswa

Dashboard Utama yang menampilkan ringkasan informasi penting untuk setiap jenis pengguna siswa. Antar muka ini mencakup elemen-elemen seperti statistik performa siswa, kursus yang sedang diambil atau diajar, aktivitas terakhir, dan notifikasi.

Dashboard Utama - Administrator

Statistik Pengguna

250 Total Siswa	20 Total Guru	15 Total Kursus
---------------------------	-------------------------	---------------------------

Manajemen Pengguna

Kelola pengguna sistem, tambah, edit, atau hapus pengguna yang ada.

[Kelola Pengguna](#)

Laporan dan Analisis

Lihat laporan performa siswa dan analisis penggunaan platform.

[Lihat Laporan](#)

Gambar 4.7.2 Tampilan antar muka administrator

Dashboard Utama - Guru

Kursus yang Diajar

5 Kursus Aktif	2 Kursus yang Akan Datang	3 Kursus Selesai
--------------------------	-------------------------------------	----------------------------

Manajemen Kursus

Kelola materi kursus, tugas, dan evaluasi untuk siswa.

[Kelola Kursus](#)

Umpam Balik dan Evaluasi

Berikan umpan balik kepada siswa berdasarkan hasil evaluasi mereka.

[Lihat Evaluasi](#)

Gambar 4.7. 3 Tampilan Antar Muka Dashboard Utama Administrator & Guru

Antarmuka ini akan menampilkan informasi penting dan fitur yang relevan bagi masing-masing peran.

Manajemen Pengguna

Pendaftaran Pengguna Baru

Jenis Pengguna:

Nama:

Email:

Tanggal Lahir:

Gaya Belajar (khusus siswa):

Daftar Pengguna

Cari pengguna berdasarkan nama...

Nama	Email	Jenis Pengguna	Tindakan
Asep Sukardi	Asep@xyz.com	Guru	<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Hapus"/>
Tina Mariyadi	Tina@contoh.com	Siswa	<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Hapus"/>

Gambar 4.7. 4 Tampilan Antar Muka manajemen Pengguna

Manajemen Pengguna (User Management) yang mencakup antarmuka untuk mengelola data profil pengguna seperti pendaftaran pengguna baru, pengeditan profil, pengaturan kata sandi, dan pencarian serta pengurutan pengguna.

The screenshot displays the 'Katalog Mata Pelajaran/Kursus' (Course Catalog) page. At the top, there is a search bar labeled 'Cari kursus berdasarkan judul...', a dropdown menu for 'Semua Subjek', another for 'Semua Tingkat', and a blue 'Cari' button. Below the header, three course cards are shown:

- Matematika Lanjut**
Subjek: Matematika
Tingkat: Lanjut
Pengajar: Budi Santoso
Deskripsi: Kursus ini mencakup topik matematika lanjut seperti kalkulus dan aljabar linear.
[Daftar](#)
- Fisika Dasar**
Subjek: Fisika
Tingkat: Pemula
Pengajar: Ani Wijaya
Deskripsi: Kursus ini memperkenalkan konsep dasar dalam fisika, termasuk mekanika dan termodinamika.
[Mulai Kursus](#)
- Bahasa Inggris Intensif**
Subjek: Bahasa Inggris
Tingkat: Menengah
Pengajar: Lisa Mardiana
Deskripsi: Kursus ini dirancang untuk meningkatkan kemampuan berbicara dan menulis dalam bahasa Inggris.
[Daftar](#)

Gambar 4.7.5 Gambar Katalog Mata Pelajaran

Katalog Mata Pelajaran/Kursus (Courses Catalog) yang menampilkan daftar kursus yang tersedia di sistem cerdas **LETERAMU**. Antarmuka ini mencakup fitur pencarian dan filter kursus, serta informasi detail kursus dan opsi untuk mendaftar atau memulai kursus.

Detail Kursus: Matematika Lanjutan

Materi Pembelajaran

Video: Kalkulus Dasar
Durasi: 20 menit

[Tonton Video](#)

Artikel: Teorema Fundamental Kalkulus
Baca artikel ini untuk memahami dasar-dasar kalkulus.

[Baca Artikel](#)

Kuis: Deratifif dan Integral
Latihan kuis untuk menguji pemahaman Anda tentang topik ini.

[Kerjakan Kuis](#)

Status Kemajuan
Kemajuan Kursus: 70%

Tugas yang Harus Diselesaikan

Tugas: Penyelesaian Soal Integral
Batas Waktu: 20 September 2024

[Kerjakan Tugas](#)

Evaluasi dan Umpan Balik

Evaluasi: Kuis Kalkulus Dasar
Skor: 85%
Umpan Balik: Bagus, teruskan belajar Anda. Fokus pada pemahaman konsep integral.

Evaluasi: Tugas Teori Limit
Skor: 90%
Umpan Balik: Sangat baik! Anda memahami konsep dengan baik.

Gambar 4.7.6 Gambar Detail Kursus

Detail Kursus (Course Details) yang menampilkan informasi mendetail tentang kursus tertentu, termasuk materi pembelajaran, tugas yang harus diselesaikan, dan skor evaluasi sebelumnya serta umpan balik. Antarmuka ini sesuai dengan struktur tabel *Content* dan *Assessments* yang ada di basis data aplikasi LENTERA MU.

Manajemen Konten Pembelajaran

Upload Konten Baru

Judul Konten:

Jenis Konten:

Video

Upload File Konten:

No file chosen

Deskripsi Konten:

Tag Konten:

Pisahkan dengan koma, misal: Matematika, Aljabar, Kalkulus

Daftar Konten Pembelajaran

Judul Konten	Jenis Konten	Tag	Aksi
Video: Kalkulus Dasar	Video	Matematika, Kalkulus	<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Hapus"/>
Artikel: Teorema Fundamental Kalkulus	Artikel	Matematika, Teorema	<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Hapus"/>
Kuis: Derivatif dan Integral	Kuis	Matematika, Kuis	<input type="button" value="Edit"/> <input type="button" value="Hapus"/>

Gambar 4.7.7 Gambar Konten Pembelajaran

Manajemen Konten Pembelajaran (Content Management), yang merupakan antarmuka bagi guru atau administrator untuk mengelola

konten pembelajaran terkait kursus di aplikasi cerdas LENTERAMU. Antarmuka ini mencakup fitur untuk mengunggah konten baru, mengedit atau menghapus konten yang ada, serta melakukan kategorisasi dan tagging konten.

Evaluasi dan Umpan Balik

Hasil Evaluasi Siswa

Nama Siswa	Kursus	Skor	Tanggal	Umpan Balik	Aksi
Asep	Matematika Lanjutan	85%	20 Sep 2024	Bagus, tingkatkan pada materi integral.	<button style="border: none; background-color: #0072BD; color: white; padding: 2px 10px;">Edit Umpan Balik</button>
Tina	Fisika Dasar	90%	18 Sep 2024	Sangat baik! Pertahankan pemahaman ini.	<button style="border: none; background-color: #0072BD; color: white; padding: 2px 10px;">Edit Umpan Balik</button>

Berikan Umpan Balik

Nama Siswa:

Kursus:

Skor:

Umpan Balik:

Simpan Umpan Balik

Analisis Performa

Grafik dan data analisis performa siswa berdasarkan hasil evaluasi.

Lihat Analisis Performa

Gambar 4.7.8 Gambar Evaluasi dan Umpan Balik

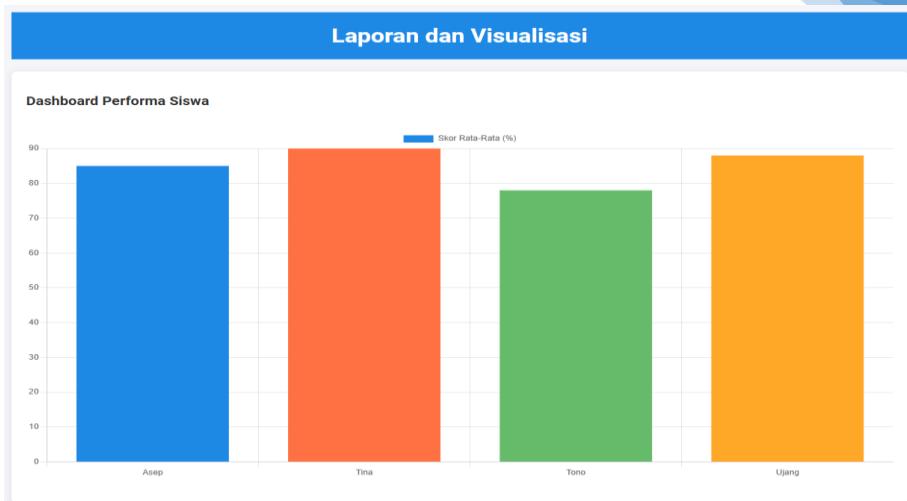
Evaluasi dan Umpan Balik (Assessment and Feedback), yang merupakan antarmuka bagi guru atau administrator untuk melihat dan memberikan evaluasi serta umpan balik kepada siswa di aplikasi cerdas LENTERAMU. Antarmuka ini mencakup fitur untuk melihat

hasil evaluasi siswa, memberikan umpan balik, dan menganalisis performa berdasarkan hasil evaluasi.

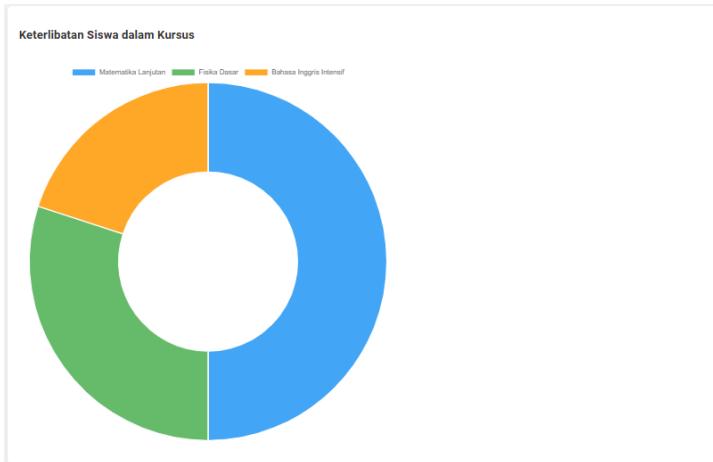
Log Interaksi Pengguna				
Cari berdasarkan nama pengguna...		Semua Jenis Konten	Semua Jenis Interaksi	Filter
Daftar Log Interaksi				
Nama Pengguna	Jenis Konten	Jenis Interaksi	Tanggal dan Waktu	Durasi (menit)
Asep	Video: Kalkulus Dasar	Menonton	20 Sep 2024, 14:30	45
Tina	Artikel: Teorema Fundamental Kalkulus	Mengakses	18 Sep 2024, 10:15	20
Tono	Kuis: Derivatif dan Integral	Menyelesaikan Kuis	19 Sep 2024, 11:00	30

Gambar 4.7.9 Gambar Log Interaksi Pengguna

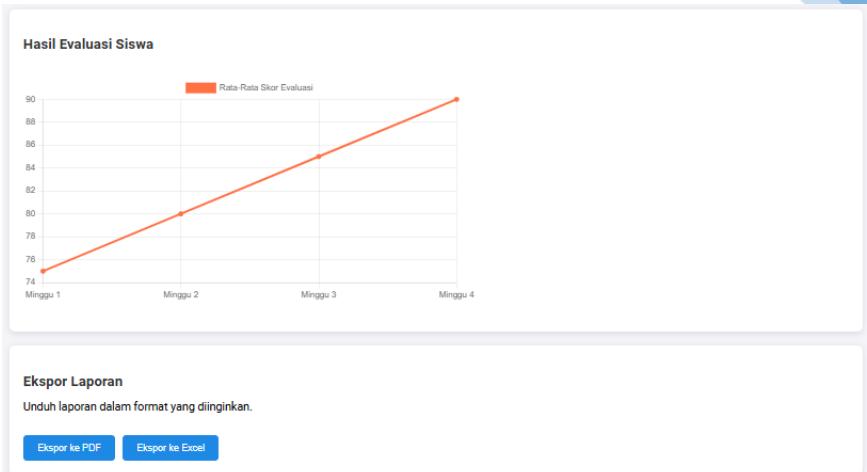
Log Interaksi Pengguna (User Interaction Log), yang merupakan antarmuka untuk menampilkan dan mengelola log aktivitas pengguna LENTERAMU. Antarmuka ini memungkinkan administrator atau guru untuk melihat dan memfilter log interaksi pengguna berdasarkan waktu yang dihabiskan, jenis konten yang diakses, dan durasi interaksi.



Gambar 4.7.10 Dashboard Laporan dan Visualisasi



Gambar 4.7.11 Dashboard Keterlibatan dalam Kursus



Gambar 4.7.12 Gambar Laporan dan Visualisasi

Laporan dan Visualisasi (Reporting and Visualization) yang merupakan antarmuka untuk menampilkan visualisasi data performa siswa, penggunaan kursus, dan tren pembelajaran di aplikasi LENTERAMU. Antarmuka ini mencakup dashboard visual dengan grafik, laporan ringkas, dan fitur untuk mengekspor laporan dalam format PDF atau Excel.

Pengaturan Sistem

Pengaturan Integrasi dengan LMS/SIS

Pilih Platform LMS/SIS:

API Key:

Simpan Pengaturan

Pengaturan Keamanan Data

Metode Enkripsi Data:

Pengaturan Role-Based Access Control (RBAC):

Contoh: Admin - akses penuh, Guru - akses terbatas

Simpan Pengaturan Keamanan

Monitor Log Akses dan Aktivitas Administrator

Nama Pengguna	Aktivitas	Tanggal dan Waktu	IP Address
Admin1	Login ke sistem	20 Sep 2024, 14:30	192.168.1.10
Admin2	Menambah pengguna baru	18 Sep 2024, 10:15	192.168.1.11
Admin3	Mengubah pengaturan keamanan	19 Sep 2024, 11:00	192.168.1.12

Gambar 4.7.13 Gambar Pengaturan Sistem

Pengaturan Sistem (System Settings), yang merupakan antarmuka untuk mengelola pengaturan sistem dan integrasi dengan platform lain di aplikasi cerdas LENTERAMU. Antarmuka ini mencakup fitur untuk mengatur integrasi dengan LMS atau SIS, mengatur keamanan data seperti *Role-Based Access Control* (RBAC) dan enkripsi, serta memonitor log akses dan aktivitas administrator.

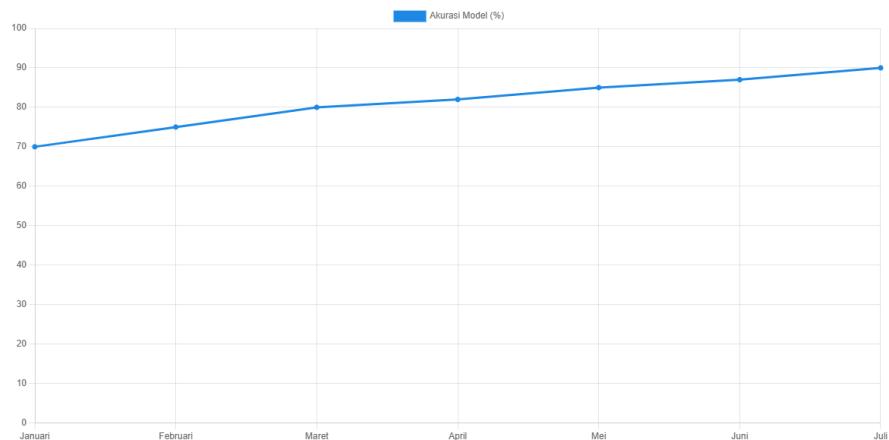
The screenshot shows a support center page with a blue header bar containing the title "Pusat Bantuan dan Dukungan". Below the header, there is a section titled "FAQ dan Tutorial Pengguna" which contains three questions: "Bagaimana cara mendaftar di platform LENTERA MU?", "Bagaimana cara mengakses kursus yang telah saya daftarkan?", and "Apa yang harus dilakukan jika saya lupa kata sandi?". Each question has a corresponding explanatory text below it. At the bottom of this section, there is a "Hubungi Dukungan" section with two blue buttons: "Chat Langsung dengan Dukungan" and "Kirim Email ke Dukungan".

Gambar 4.7.14 Gambar Pusat Bantuan

Pusat Bantuan dan Dukungan (Help and Support Center) yang merupakan antarmuka untuk memberikan bantuan dan panduan kepada pengguna agar mereka dapat memahami cara menggunakan aplikasi cerdas LENTERAMU serta memecahkan masalah umum. Antarmuka ini mencakup fitur FAQ (Frequently Asked Questions), tutorial pengguna, dan opsi untuk menghubungi dukungan melalui chat langsung atau email.

Monitoring dan Update Model AI

Monitoring Performa Model AI



Gambar 4.7.15 Gambar Grafik Monitoring dan Update Model AI

Update atau Tuning Model AI

Pilih Versi Model:

Versi 1.0 (Stabil)

Learning Rate:

Misal: 0.01

Jumlah Epochs:

Misal: 100

Update Model

Gambar 4.7.16 Gambar Monitoring

Antarmuka ini memungkinkan administrator atau pengembang untuk memonitor performa model AI yang berjalan serta melakukan *update* atau *tuning* model jika diperlukan.

BAB 5

Desain Data

Bab ini membahas mengenai Desain Data yang digunakan dalam LENTERAMU. Desain data merupakan aspek krusial dalam pengembangan aplikasi cerdas, karena data yang dihasilkan dan dikelola akan menjadi fondasi utama untuk analisis, pembelajaran mesin, dan keputusan yang diambil oleh sistem. Bab ini akan menguraikan berbagai komponen dari desain data, termasuk model data yang digunakan, desain skema database, struktur penyimpanan data, representasi hubungan antar entitas dalam bentuk ER Diagram, serta pengelolaan dan keamanan data yang diterapkan untuk menjaga integritas dan kerahasiaan data.

5.1 Model Data Aplikasi Cerdas

Model Data Aplikasi Cerdas LENTERAMU merujuk pada struktur konseptual yang mengatur bagaimana data dikumpulkan, disimpan, dan digunakan oleh aplikasi cerdas dalam sistem ini. Model data mencakup berbagai jenis data yang dihasilkan dan diolah, serta bagaimana data tersebut diorganisasikan untuk mendukung fungsionalitas aplikasi, termasuk personalisasi pembelajaran, analisis kinerja siswa, dan pemberian umpan balik adaptif. Dalam sistem ini, model data yang dirancang mencakup berbagai jenis data dan entitas yang terkait dengan pengguna (siswa, guru), konten pembelajaran, interaksi pembelajaran, serta hasil evaluasi dan umpan balik.

1. Jenis-Jenis Data dalam Aplikasi Cerdas

Model data aplikasi cerdas dibangun berdasarkan berbagai jenis data yang dikumpulkan dari aktivitas pengguna dan interaksi dalam platform. Berikut adalah jenis-jenis data utama yang digunakan:

a) Data Profil Siswa dan Guru

Data ini mencakup informasi dasar tentang pengguna, termasuk nama, usia, jenis kelamin, informasi kontak, dan preferensi belajar. Untuk siswa, data ini juga bisa mencakup

riwayat pendidikan, kebutuhan belajar khusus, dan gaya belajar. Untuk guru, data ini mencakup bidang keahlian, pengalaman mengajar, dan preferensi metode pengajaran.

- Atribut Utama:
 - 1) Siswa: *StudentID, Name, Age, Gender, LearningStyle, SpecialNeeds*.
 - 2) Guru: *TeacherID, Name, Expertise, Experience, PreferredTeachingMethod*.

b) Data Interaksi Pembelajaran

Data ini mengacu pada semua aktivitas yang dilakukan oleh pengguna di dalam platform pembelajaran, seperti akses ke materi pembelajaran, partisipasi dalam kuis atau ujian, interaksi dalam forum diskusi, dan penggunaan alat bantu belajar lainnya. Data ini penting untuk mengukur keterlibatan dan kemajuan belajar siswa.

- Atribut Utama:
InteractionID, UserID, ContentID, InteractionType, Timestamp, Duration, EngagementScore.

c) Data Konten Pembelajaran

Data ini mencakup informasi tentang materi pembelajaran yang tersedia di platform, seperti video, artikel, buku, latihan soal, dan modul interaktif lainnya. Data konten perlu disusun secara sistematis untuk mendukung modul personalisasi konten dalam sistem.

- Atribut Utama:
ContentID, ContentType, Title, Subject, DifficultyLevel, Keywords, ContentFormat.

d) Data Evaluasi dan Hasil Belajar

Data ini mencakup hasil tes, kuis, dan evaluasi lainnya yang diambil oleh siswa, termasuk skor, umpan balik, dan rekomendasi perbaikan. Data evaluasi digunakan oleh sistem untuk menilai kemajuan siswa dan mengidentifikasi area yang perlu diperbaiki.

- Atribut Utama:

EvaluationID, StudentID, TestType, Score, Feedback, Date, Recommendations.

e) Data Umpan Balik Adaptif

Data ini berisi tentang umpan balik yang diberikan kepada siswa berdasarkan kinerja mereka dan perilaku belajar yang teramati. Umpan balik adaptif disesuaikan secara dinamis dengan model AI yang menggunakan *Reinforcement Learning*.

- Atribut Utama:

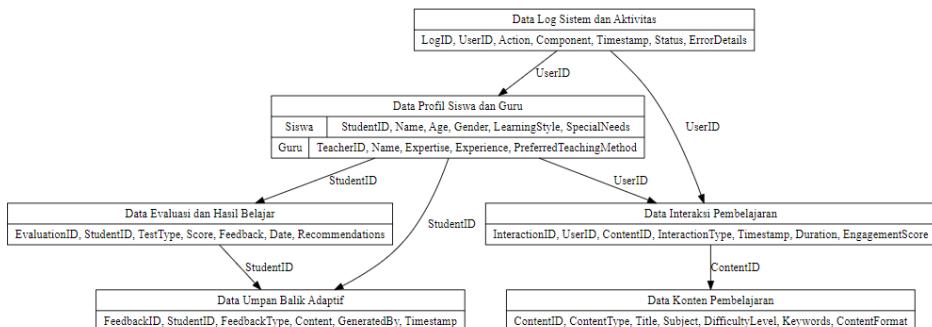
FeedbackID, StudentID, FeedbackType, Content, GeneratedBy, Timestamp.

f) Data Log Sistem dan Aktivitas

Data log mencatat semua aktivitas sistem dan interaksi antara modul-modul AI, termasuk log pengguna, log aplikasi, dan log infrastruktur. Data ini digunakan untuk pemantauan, audit, dan debugging sistem.

- Atribut Utama:

LogID, UserID, Action, Component, Timestamp, Status, ErrorDetails.



Gambar 5.1 1 Model Data

2. Organisasi dan Kategori Data

Model data aplikasi cerdas dirancang untuk mengelompokkan data berdasarkan entitas dan hubungannya. Pengorganisasian data ini dilakukan untuk memastikan bahwa data mudah diakses, diintegrasikan, dan dianalisis oleh berbagai modul AI yang digunakan dalam sistem. Berikut adalah beberapa kategori pengorganisasian data dalam model ini:

a) Entitas Pengguna (User Entities)

Mencakup data yang berkaitan dengan siswa, guru, dan administrator. Data ini dihubungkan melalui hubungan seperti StudentID dan TeacherID untuk mengaitkan aktivitas, interaksi, dan hasil evaluasi dengan pengguna tertentu.

b) Entitas Konten Pembelajaran (Content Entities)

Data tentang konten pembelajaran yang tersedia dan bagaimana konten tersebut dihubungkan dengan kurikulum, subjek, tingkat kesulitan, dan preferensi pengguna.

c) Entitas Interaksi dan Aktivitas (Interaction and Activity Entities)

Data yang berkaitan dengan interaksi pengguna dalam platform pembelajaran, yang digunakan untuk memantau keterlibatan dan kinerja pengguna.

d) Entitas Evaluasi dan Umpan Balik (Assessment and Feedback Entities)

Data hasil evaluasi dan umpan balik yang digunakan untuk menyesuaikan strategi pembelajaran dan memberikan rekomendasi personal kepada siswa.

3. Kebutuhan Data untuk Operasi AI dan Personalisasi

Dalam konteks LENTERAMU, model data harus mampu memenuhi kebutuhan untuk mendukung operasi AI seperti:

a) Personalisasi Konten

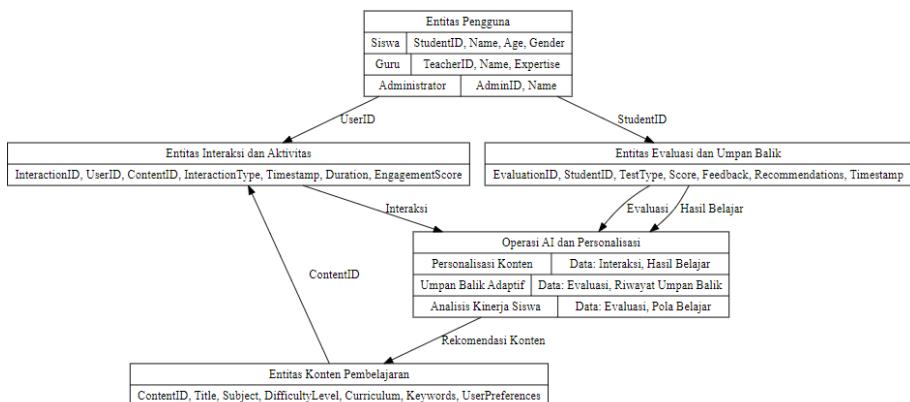
Menggunakan data interaksi pengguna dan hasil belajar untuk merekomendasikan materi yang sesuai dengan kebutuhan dan preferensi siswa.

b) Umpan Balik Adaptif

Menggunakan data hasil evaluasi dan riwayat umpan balik untuk memberikan saran yang lebih relevan dan tepat waktu kepada siswa.

c) Analisis Kinerja Siswa

Menggunakan data evaluasi untuk mengidentifikasi pola belajar, mengukur kemajuan, dan menyesuaikan strategi pembelajaran berdasarkan analisis kinerja.



Gambar 5.1 2 Organisasi dan Kategori Data

5.2 Desain Skema Database

Desain Skema Database merupakan elemen krusial dalam pengembangan LENTERAMU yang menentukan bagaimana data disimpan, diatur, dan diakses dalam sistem. Skema database ini mengacu pada struktur logis dari basis data, termasuk tabel, kolom, hubungan antar tabel, indeks, serta kunci utama dan kunci asing yang digunakan untuk memastikan integritas data. Desain skema yang baik diperlukan untuk mendukung performa, skalabilitas, dan efisiensi sistem, terutama dalam menangani volume data yang besar dan beragam dari berbagai aktivitas pengguna dan modul AI.

1. Pemilihan Jenis Database

Pemilihan jenis database sangat penting dalam mendukung kebutuhan operasional dan analitik sistem. Sistem Cerdas LENTERAMU dapat menggunakan kombinasi database relasional dan non-relasional untuk memenuhi kebutuhan penyimpanan data yang berbeda:

- a) Database Relasional (RDBMS - Relational Database Management System)

Database relasional seperti *MySQL*, *PostgreSQL*, atau *Microsoft SQL Server* digunakan untuk menyimpan data yang terstruktur dan memiliki hubungan yang jelas antar entitas. Contoh data yang cocok untuk RDBMS adalah data profil pengguna, hasil evaluasi, dan data interaksi pembelajaran.

Keuntungan:

- 1) Normalisasi Data

Memungkinkan pengorganisasian data dalam tabel-tabel yang terhubung dengan baik, sehingga mengurangi redundansi.

- 2) Integritas Data

Dukungan untuk transaksi ACID (Atomicity, Consistency, Isolation, Durability) memastikan integritas data.

- 3) Penggunaan SQL

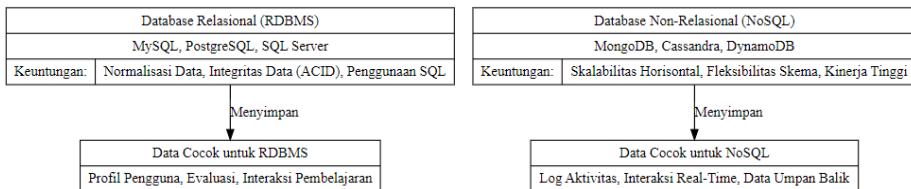
Bahasa SQL yang kuat untuk kueri data, manipulasi, dan manajemen basis data.

- b) Database Non-Relasional (NoSQL)

Database NoSQL seperti *MongoDB*, *Cassandra*, atau *DynamoDB* digunakan untuk menyimpan data yang tidak terstruktur atau semi-terstruktur, seperti log aktivitas pengguna, data interaksi *real-time*, atau data umpan balik. NoSQL juga lebih baik dalam menangani volume data yang sangat besar dan dinamis.

Keuntungan:

- 1) **Skalabilitas Horisontal**
Dapat dengan mudah diskalakan dengan menambah node dalam kluster database.
- 2) **Fleksibilitas Skema**
Tidak memerlukan skema tetap, memungkinkan penambahan dan penghapusan atribut tanpa mengubah struktur database.
- 3) **Kinerja Tinggi**
Cepat dalam pengambilan dan penyimpanan data untuk aplikasi yang membutuhkan respons real-time.



Gambar 5.2 1 Desain Skema Database

2. Struktur Tabel-Tabel Utama dalam Database

Desain skema database dalam LENTERAMU mencakup beberapa tabel utama yang dirancang untuk menyimpan berbagai jenis data yang digunakan dalam aplikasi. Berikut adalah beberapa tabel utama beserta strukturnya:

1) Tabel Users (Pengguna)

Menyimpan data profil untuk semua jenis pengguna, termasuk siswa, guru, dan administrator.

Kolom-Kolom Utama:

- *UserID (Primary Key)*: ID unik untuk setiap pengguna.
- *UserType*: Jenis pengguna (Siswa, Guru, Administrator).
- *Name*: Nama pengguna.

- *Email*: Alamat email pengguna.
 - *PasswordHash*: Hash dari kata sandi pengguna.
 - *DateOfBirth*: Tanggal lahir.
 - *Gender*: Jenis kelamin.
 - *LearningStyle*: Preferensi gaya belajar (khusus untuk siswa).
- 2) Tabel Courses (Mata Pelajaran/Kursus)
Menyimpan informasi tentang mata pelajaran atau kursus yang tersedia di platform.
- Kolom-Kolom Utama:
- *CourseID (Primary Key)*: ID unik untuk setiap kursus.
 - *Title*: Judul kursus.
 - *Description*: Deskripsi singkat kursus.
 - *Subject*: Subjek yang diajarkan.
 - *Level*: Tingkat kesulitan kursus.
 - *TeacherID (Foreign Key)*: ID guru yang mengajar kursus tersebut.
- 3) Tabel Content (Konten Pembelajaran)
Menyimpan data tentang konten pembelajaran yang terkait dengan kursus.
- Kolom-Kolom Utama:
- *ContentID (Primary Key)*: ID unik untuk setiap konten.
 - *CourseID (Foreign Key)*: ID kursus yang terkait dengan konten ini.
 - *ContentType*: Jenis konten (Video, Artikel, Kuis, dll.).
 - *URL*: Tautan ke lokasi konten.
 - *UploadDate*: Tanggal konten diunggah.
- 4) Tabel Assessments (Evaluasi)
Menyimpan hasil evaluasi dan penilaian siswa.

Kolom-Kolom Utama:

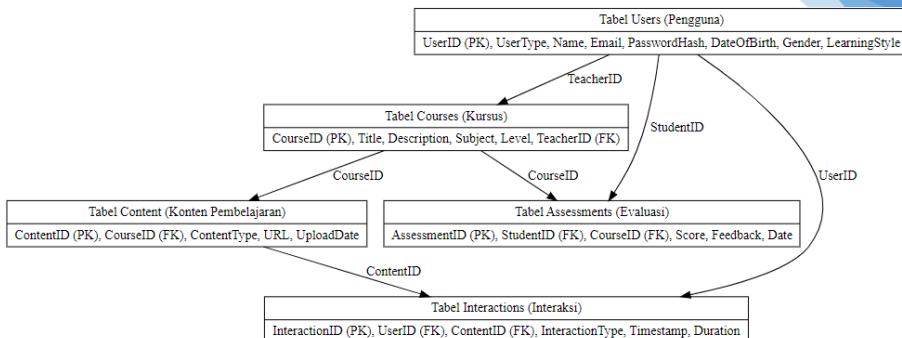
- *AssessmentID (Primary Key)*: ID unik untuk setiap evaluasi.

- *StudentID (Foreign Key)*: ID siswa yang mengikuti evaluasi.
 - *CourseID (Foreign Key)*: ID kursus yang dievaluasi.
 - *Score*: Skor yang diperoleh siswa.
 - *Feedback*: Umpaman balik yang diberikan untuk evaluasi.
 - *Date*: Tanggal evaluasi dilakukan.
- 5) Tabel Interactions (Interaksi Pengguna)

Menyimpan log interaksi siswa dengan platform pembelajaran, seperti waktu yang dihabiskan, aktivitas yang dilakukan, dan hasilnya.

Kolom-Kolom Utama:

- *InteractionID (Primary Key)*: ID unik untuk setiap interaksi.
- *UserID (Foreign Key)*: ID pengguna yang melakukan interaksi.
- *ContentID (Foreign Key)*: ID konten yang diakses pengguna.
- *InteractionType*: Jenis interaksi (Mengakses, Menonton, Menyelesaikan Kuis, dll.).
- *Timestamp*: Waktu ketika interaksi terjadi.
- *Duration*: Durasi interaksi.



Gambar 5.2.2 Desain Interaksi Pengguna

3. Hubungan Antar Tabel dan Penggunaan Kunci

Untuk memastikan integritas data dan mengelola hubungan antar entitas dengan baik, skema database menggunakan kunci utama (Primary Key) dan kunci asing (Foreign Key). Berikut adalah beberapa contoh penggunaan kunci dan relasi antar tabel:

1) Relasi Antara *Users* dan *Courses*

Setiap kursus memiliki seorang guru yang mengajarnya. Relasi ini diwakili oleh *TeacherID* sebagai kunci asing di tabel *Courses* yang merujuk ke *UserID* di tabel *Users*.

- Jenis Relasi:
Satu-ke-banyak (One-to-Many), di mana satu guru bisa mengajar banyak kursus, tetapi satu kursus hanya diajarkan oleh satu guru.

2) Relasi Antara *Courses* dan *Content*

Setiap kursus memiliki beberapa konten pembelajaran yang terkait dengannya. *CourseID* sebagai kunci asing di tabel *Content* merujuk ke *CourseID* di tabel *Courses*.

- Jenis Relasi:
Satu-ke-banyak (One-to-Many), di mana satu kursus dapat memiliki banyak konten.

3) Relasi Antara *Users* dan *Assessments*

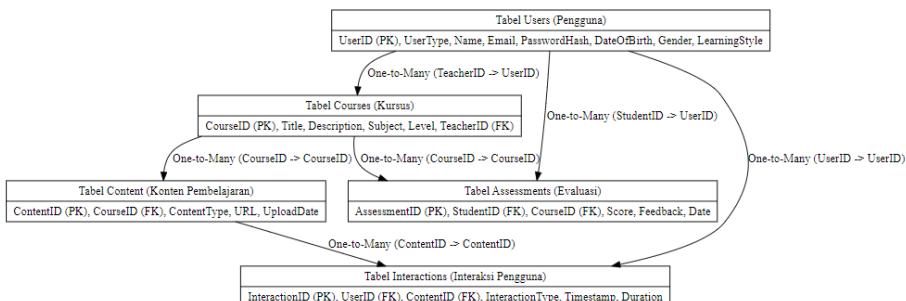
Setiap siswa memiliki banyak hasil evaluasi. *StudentID* sebagai kunci asing di tabel *Assessments* merujuk ke *UserID* di tabel *Users*.

- Jenis Relasi:
Satu-ke-banyak (One-to-Many), di mana satu siswa dapat memiliki banyak hasil evaluasi.

4) Relasi Antara Users dan Interactions

Setiap pengguna (siswa atau guru) dapat melakukan banyak interaksi di platform. *UserID* sebagai kunci asing di tabel *Interactions* merujuk ke *UserID* di tabel *Users*.

- Jenis Relasi:
Satu-ke-banyak (One-to-Many).



Gambar 5.2.3 Desain Relasi Antar Tabel

4. Normalisasi Database

Untuk menghindari redundansi data dan memastikan konsistensi dalam skema database, normalisasi dilakukan hingga bentuk normal ketiga (3NF):

1) First Normal Form (1NF)

Semua atribut dalam tabel hanya mengandung nilai atomik (tidak ada data terulang atau grup berulang).

2) Second Normal Form (2NF)

Setiap atribut non-primer bergantung sepenuhnya pada kunci utama (tidak ada ketergantungan parsial).

3) Third Normal Form (3NF)

Tidak ada ketergantungan transitif (atribut non-primer tidak bergantung pada atribut non-primer lainnya).

5. Penggunaan Indeks untuk Optimasi Kinerja

Untuk meningkatkan kinerja kueri, terutama dalam menangani volume data yang besar, skema database menggunakan indeks pada kolom-kolom yang sering digunakan dalam pencarian dan pengurutan:

1) Indeks pada Kunci Utama (Primary Key Indexes)

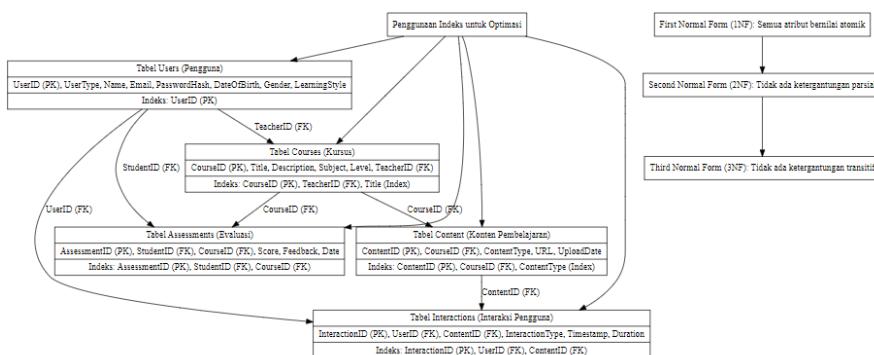
Otomatis dibuat pada kolom kunci utama untuk mempercepat pencarian dan penggabungan (joins).

2) Indeks pada Kolom Kunci Asing (Foreign Key Indexes)

Dibuat pada kolom kunci asing untuk mempercepat kueri join antar tabel.

3) Indeks Tambahan

Dibuat pada kolom-kolom yang sering digunakan dalam pencarian seperti *Title* pada tabel *Courses* atau *ContentType* pada tabel *Content*.



Gambar 5.2 4 Desain Normalisasi Database

Dengan skema database yang dirancang secara efisien, LENTERAMU dapat memastikan bahwa data yang digunakan oleh aplikasi dikelola dengan baik, mudah diakses, dan aman. Ini memungkinkan kinerja sistem yang optimal, terutama dalam menangani volume data yang besar dan beragam.

5.3 Struktur Penyimpanan Data

Struktur Penyimpanan Data dalam LENTERAMU mencakup bagaimana data disimpan secara fisik dalam sistem penyimpanan, teknologi penyimpanan yang digunakan, manajemen penyimpanan, dan strategi partisi data. Struktur penyimpanan data yang dirancang dengan baik memungkinkan pengelolaan data yang efisien, pencarian cepat, dan pemrosesan yang optimal, serta skalabilitas dalam menghadapi pertumbuhan volume data yang besar.

1. Teknologi Penyimpanan yang Digunakan

Dalam LENTERAMU, berbagai jenis teknologi penyimpanan digunakan untuk menangani beragam tipe data dan kebutuhan performa. Berikut adalah teknologi penyimpanan yang diterapkan:

1. Penyimpanan Berbasis Disk Lokal (On-Premises Storage)
Penyimpanan berbasis disk lokal digunakan untuk data yang sering diakses dan memerlukan waktu akses yang cepat, seperti data profil pengguna, hasil evaluasi, dan interaksi pengguna.
 - a) Keuntungan:
 - 1) Kecepatan Akses Tinggi
Karena data disimpan di lokasi fisik yang dekat dengan server aplikasi, waktu aksesnya lebih cepat.
 - 2) Kontrol Penuh atas Data
Memberikan kontrol penuh atas data yang disimpan, termasuk kebijakan keamanan dan backup.

- b) Kekurangan:
- 1) Keterbatasan Skalabilitas
Membutuhkan penambahan hardware fisik untuk meningkatkan kapasitas penyimpanan.
 - 2) Pemeliharaan dan Biaya
Memerlukan biaya pemeliharaan infrastruktur yang tinggi.
2. **Penyimpanan Berbasis Cloud (Cloud Storage):**
Penyimpanan berbasis cloud seperti *Amazon S3 (Simple Storage Service)*, *Google Cloud Storage*, atau *Azure Blob Storage* digunakan untuk data yang memerlukan skalabilitas tinggi dan fleksibilitas akses dari berbagai lokasi.
- a) Keuntungan:
- 1) Skalabilitas Tinggi
Dapat dengan mudah diskalakan untuk menangani pertumbuhan volume data yang besar tanpa memerlukan pengelolaan infrastruktur fisik.
 - 2) Akses Global
Data dapat diakses dari mana saja, yang mendukung pembelajaran jarak jauh dan distribusi konten yang lebih luas.
 - 3) Keamanan dan Kepatuhan
Penyedia *cloud* besar memiliki kebijakan keamanan yang ketat dan kepatuhan terhadap berbagai standar privasi data.
- b) Kekurangan:
- 1) Biaya Berlangganan
Memerlukan biaya berlangganan yang terus menerus, yang bisa menjadi signifikan untuk data dalam jumlah besar.
 - 2) Ketergantungan pada Penyedia Layanan

Ketergantungan pada penyedia layanan *cloud* untuk ketersediaan dan keamanan data.

3. Penyimpanan Hybrid

Kombinasi antara penyimpanan berbasis disk lokal dan *cloud storage*, digunakan untuk mengoptimalkan kecepatan akses dan skalabilitas. Data yang sering diakses atau data sensitif dapat disimpan di disk lokal, sementara data yang jarang diakses atau berskala besar disimpan di *cloud*.

a) Keuntungan:

1) Fleksibilitas

Menggabungkan keunggulan dari penyimpanan lokal dan *cloud*, memungkinkan pengelolaan data yang lebih dinamis.

2) Efisiensi Biaya

Mengurangi biaya penyimpanan *cloud* dengan menyimpan data kritis secara lokal.

b) Kekurangan:

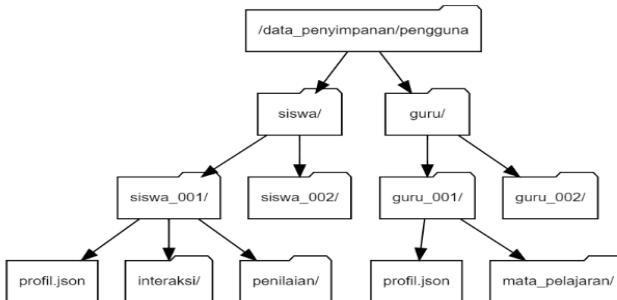
Memerlukan strategi manajemen yang lebih kompleks untuk sinkronisasi data dan keamanan.

2. Manajemen Penyimpanan dan Struktur Direktori

Manajemen penyimpanan yang baik memerlukan struktur direktori yang jelas dan terorganisir untuk memastikan data dapat diakses dengan mudah dan efisien. Berikut adalah pendekatan manajemen penyimpanan dan struktur direktori yang digunakan dalam sistem:

- 1) Struktur Direktori untuk Penyimpanan Data Profil Pengguna
Data profil pengguna (siswa, guru) diorganisasikan dalam direktori berdasarkan jenis pengguna dan sub-kategori yang relevan.

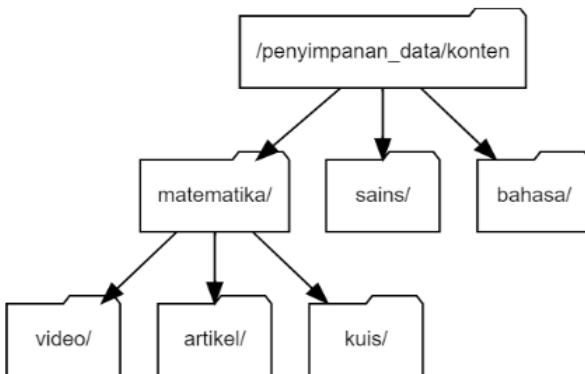
Contoh Struktur:



Gambar 5.3 1 Desain Struktur Data

- 2) Struktur Direktori untuk Penyimpanan Konten Pembelajaran
Konten pembelajaran diorganisasikan berdasarkan subjek, jenis konten (video, artikel, kuis), dan tingkat kesulitan.

Contoh Struktur:

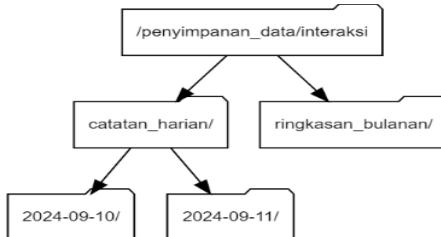


Gambar 5.3 2 Desain Struktur Direktori Penyimpanan Konten

- 3) Struktur Direktori untuk Penyimpanan Data Interaksi dan Aktivitas

Data interaksi dan aktivitas pengguna disimpan dalam format log terstruktur untuk keperluan analisis dan pemantauan kinerja sistem.

Contoh Struktur:



Gambar 5.3 3 Desain Struktur Direktori Penyimpanan Data

3. Strategi Partisi dan Pengindeksan Data

Untuk menangani volume data yang besar dan meningkatkan efisiensi kueri, strategi partisi dan pengindeksan data diterapkan dalam sistem. Strategi ini membantu mengelola beban kerja dan meningkatkan performa pencarian data.

- 1) Partisi Data Berdasarkan Waktu (Time-Based Partitioning).
Data dibagi menjadi partisi berdasarkan periode waktu tertentu, seperti harian, mingguan, atau bulanan. Strategi ini cocok untuk data log aktivitas atau interaksi pengguna yang besar. Adapun keuntungannya adalah :
 - a) Peningkatan Performa Kueri
Mengurangi jumlah data yang dipindai untuk kueri berdasarkan waktu tertentu.
 - b) Manajemen Data yang Lebih Mudah
Memudahkan pengelolaan dan pengarsipan data lama yang tidak sering diakses.
- 2) Partisi Data Berdasarkan Atribut (Attribute-Based Partitioning)
Data dipecah berdasarkan atribut tertentu, seperti CourseID atau UserType. Strategi ini membantu mengisolasi data yang

sering diakses dan relevan dengan kueri tertentu. Adapun keuntungannya adalah :

- a) Optimalisasi Kueri Tertentu
Mengoptimalkan kinerja kueri untuk data tertentu yang sering diakses.
 - b) Skalabilitas
Memudahkan distribusi data di beberapa server atau node untuk menangani beban kerja yang lebih besar.
- 3) Pengindeksan Data untuk Kinerja Pencarian yang Lebih Cepat
Indeks dibuat pada kolom-kolom kunci yang sering digunakan dalam pencarian dan pengurutan data, seperti UserID, CourseID, Timestamp. Adapun keuntungannya:
- a) Akses Data yang Lebih Cepat
Mempercepat pencarian data dan eksekusi kueri.
 - b) Pengurangan Beban Kerja I/O
Mengurangi jumlah operasi baca/tulis yang diperlukan untuk mengakses data.

4. Teknik Kompresi dan Replikasi Data

Untuk lebih mengoptimalkan penggunaan penyimpanan dan meningkatkan ketersediaan data, teknik kompresi dan replikasi diterapkan:

- 1) Kompresi Data
Menggunakan kompresi data (misalnya, Gzip, Snappy) untuk mengurangi ukuran data yang disimpan, terutama untuk data log atau arsip yang tidak sering diakses. Adapun keuntungannya:
 - a) Pengurangan Penggunaan Penyimpanan
Mengurangi ukuran file data, yang menghemat ruang penyimpanan.
 - b) Peningkatan Kinerja Transfer Data
Mengurangi waktu yang diperlukan untuk mentransfer data melalui jaringan.
- 2) Replikasi Data

Data direplikasi di beberapa lokasi atau server untuk memastikan ketersediaan dan redundansi. Teknik ini digunakan baik untuk penyimpanan berbasis disk lokal maupun *cloud*. Adapun keuntungannya:

a) Ketersediaan Tinggi

Memastikan bahwa data tetap dapat diakses meskipun terjadi kegagalan di satu lokasi penyimpanan.

b) Keamanan Data

Mengurangi risiko kehilangan data dengan menyimpan salinan di beberapa tempat.

5.4 Diagram Entitas-Relasi (ER Diagram)

Diagram Entitas-Relasi (ER Diagram) merupakan representasi visual dari struktur data yang menunjukkan hubungan antar entitas dalam sistem database. Dalam LENTERAMU, ER Diagram digunakan untuk merancang skema database, mengidentifikasi entitas data utama, atribut-atribut mereka, dan bagaimana entitas tersebut berhubungan satu sama lain. ER Diagram ini menjadi dasar dalam desain skema database, memastikan integritas data, dan mendukung proses pengembangan yang lebih efisien.

1. Tujuan dan Fungsi ER Diagram dalam LENTERAMU

ER Diagram dalam konteks aplikasi cerdas LENTERAMU ini berfungsi sebagai alat perencanaan dan dokumentasi yang penting dalam pengembangan sistem database. Beberapa tujuan dan fungsi utama ER Diagram adalah:

a) Menggambarkan Struktur Data Secara Visual

ER Diagram memberikan pandangan visual yang jelas tentang bagaimana data diorganisasikan dalam sistem. Ini membantu pengembang, analis data, dan pemangku kepentingan lainnya untuk memahami hubungan antar entitas dan atributnya.

b) Mendefinisikan Entitas dan Hubungan

ER Diagram mendefinisikan berbagai entitas (seperti Users, Courses, Content, Assessments, Interactions) yang ada dalam sistem dan bagaimana entitas-entitas ini saling berhubungan (misalnya, satu guru dapat mengajar banyak kursus, satu siswa dapat memiliki banyak hasil evaluasi).

c) Mendukung Desain Skema Database

Diagram ini menjadi dasar dalam perancangan skema database relasional, membantu dalam menentukan tabel, kolom, kunci utama (Primary Key), kunci asing (Foreign Key), serta memastikan bahwa database terstruktur dengan baik untuk meminimalkan redundansi dan memaksimalkan integritas data.

d) Memfasilitasi Komunikasi Antar Tim

ER Diagram berfungsi sebagai dokumentasi yang berguna untuk komunikasi antara tim pengembang, arsitek database, ilmuwan data, dan pemangku kepentingan lainnya.

2. Komponen-Komponen dalam ER Diagram

ER Diagram terdiri dari beberapa komponen utama yang digunakan untuk menggambarkan entitas, atribut, dan hubungan antar entitas dalam sistem. Berikut adalah komponen-komponen kunci dalam ER Diagram untuk sistem cerdas ini:

1) Entitas (Entities)

Entitas adalah objek atau konsep dalam sistem yang memiliki keberadaan yang jelas dan didefinisikan dengan atribut. Dalam sistem ini, entitas mencakup *Users*, *Courses*, *Content*, *Assessments*, *Interactions*, dan *Feedback*.

- *Users*: Mewakili pengguna sistem, termasuk siswa, guru, dan administrator.
- *Courses*: Mewakili kursus atau mata pelajaran yang tersedia di platform.
- *Content*: Mewakili konten pembelajaran yang terkait dengan kursus tertentu.

- *Assessments*: Mewakili evaluasi atau tes yang diambil oleh siswa.
 - *Interactions*: Mewakili log aktivitas pengguna di dalam platform.
- 2) Atribut (Attributes)
- Atribut adalah karakteristik atau properti yang menggambarkan entitas. Atribut sering kali diwakili oleh oval yang terhubung ke entitas dalam ER Diagram.
- *Users*: UserID (Primary Key), Name, Email, UserType, DateOfBirth.
 - *Courses*: CourseID (Primary Key), Title, Description, Subject, Level, TeacherID.
 - *Content*: ContentID (Primary Key), CourseID (Foreign Key), ContentType, URL, UploadDate.
 - *Assessments*: AssessmentID (Primary Key), StudentID (Foreign Key), Score, Feedback, Date.
- 3) Hubungan (Relationships)
- Hubungan menggambarkan bagaimana entitas-entitas yang berbeda saling terkait satu sama lain. Hubungan ini diwakili oleh berlian di ER Diagram yang menghubungkan dua atau lebih entitas.
- *Users - Courses*: Hubungan mengajar antara entitas Users (Guru) dan Courses. Setiap guru dapat mengajar banyak kursus, tetapi setiap kursus hanya diajarkan oleh satu guru. (Relasi Satu-ke-Banyak)
 - *Courses - Content*: Hubungan mempunyai antara entitas Courses dan Content. Setiap kursus memiliki banyak konten pembelajaran. (Relasi Satu-ke-Banyak)
 - *Users - Assessments*: Hubungan mengerjakan antara entitas Users (Siswa) dan Assessments. Setiap siswa dapat memiliki banyak hasil evaluasi. (Relasi Satu-ke-Banyak)

4) Kardinalitas (Cardinality)

Kardinalitas mendefinisikan jumlah maksimum relasi antara entitas. Misalnya, relasi satu-ke-satu (1:1), satu-ke-banyak (1), atau banyak-ke-banyak (M).

- 1 : Setiap User (Guru) mengajar beberapa Courses, tetapi satu Course hanya diajarkan oleh satu User.
- 1 : Setiap Course memiliki banyak Content, tetapi satu Content hanya terkait dengan satu Course.
- M : Setiap User (Siswa) dapat mengakses banyak Content, dan setiap Content dapat diakses oleh banyak Users.

5) Kunci Utama dan Kunci Asing (Primary Key and Foreign Key)

Kunci utama adalah atribut atau kumpulan atribut yang mengidentifikasi secara unik suatu entitas. Kunci asing adalah atribut yang merujuk pada kunci utama dari entitas lain untuk membentuk hubungan antar tabel.

- *Kunci Utama (Primary Key)*: UserID di entitas Users, CourseID di entitas Courses.
- *Kunci Asing (Foreign Key)*: TeacherID di entitas Courses merujuk ke UserID di entitas Users.

3. Diagram Entitas-Relasi

ER Diagram untuk LENTERAMU akan menggambarkan hubungan-hubungan utama yang telah dijelaskan di atas. Secara visual, diagram ini akan menampilkan:

- *Entitas Users* dengan atribut seperti UserID, Name, UserType, dan hubungan ke Courses dan Assessments.
- *Entitas Courses* dengan atribut seperti CourseID, Title, TeacherID, dan hubungan ke Content.
- *Entitas Content* dengan atribut seperti ContentID, CourseID, ContentType, dan hubungan ke Courses.
- *Entitas Assessments* dengan atribut seperti AssessmentID, StudentID, Score, dan hubungan ke Users.

- *Entitas Interactions* dengan atribut seperti InteractionID, UserID, ContentID, Timestamp, dan hubungan ke Users dan Content.

4. Penggunaan ER Diagram dalam Pengembangan dan Pemeliharaan Sistem

ER Diagram digunakan dalam berbagai tahap pengembangan dan pemeliharaan sistem:

1. Perancangan dan Pengembangan Awal

ER Diagram membantu tim pengembang untuk merancang skema database yang efisien, mengurangi redundansi, dan memastikan integritas data melalui kunci utama dan kunci asing.

2. Dokumentasi dan Referensi

ER Diagram menjadi bagian penting dari dokumentasi sistem yang digunakan oleh tim pengembang, arsitek database, dan pemangku kepentingan lainnya untuk memahami struktur data dan relasi dalam sistem.

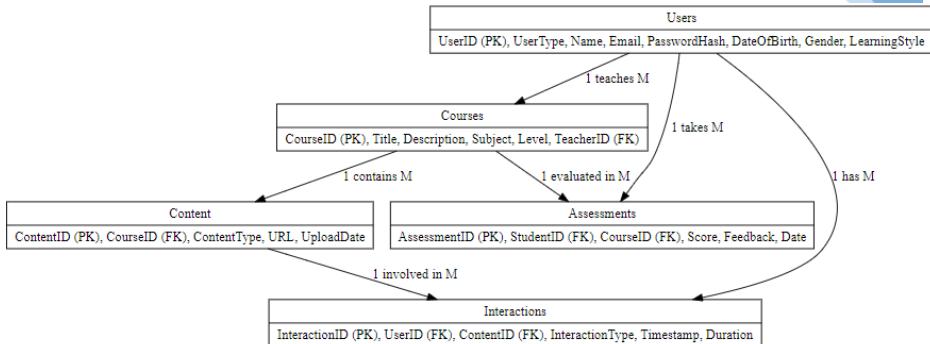
3. Pemeliharaan dan Pengembangan Lebih Lanjut

Diagram ini digunakan untuk memandu perubahan atau pengembangan lebih lanjut dalam skema database. Misalnya, jika ada penambahan fitur baru yang memerlukan entitas baru atau perubahan hubungan, ER Diagram dapat diperbarui untuk mencerminkan perubahan tersebut.

4. Komunikasi Antar Tim

Diagram ini memfasilitasi komunikasi yang lebih baik antar tim yang terlibat dalam pengembangan dan pengelolaan sistem, seperti tim data, tim pengembang backend, dan ilmuwan data.

Dengan penggunaan ER Diagram yang terstruktur dan komprehensif, sistem ini dapat memastikan bahwa skema database dirancang dengan baik, integritas data terjaga, dan semua tim yang terlibat memiliki pemahaman yang sama mengenai struktur dan hubungan data di dalam sistem.



Gambar 5. 1 Diagram Entitas-Relasi

Gambar 5.4 adalah visualisasi Diagram Entitas-Relasi (ER Diagram) untuk LENTERAMU. Diagram ini menggambarkan entitas utama, atribut-atribut mereka, serta hubungan antar entitas yang relevan dalam sistem. Ini memperlihatkan bagaimana entitas seperti Users, Courses, Content, Assessments, dan Interactions saling berhubungan satu sama lain, termasuk kunci utama dan kunci asing yang digunakan untuk membangun relasi

5.5 Pengelolaan Data dan Keamanan

Pengelolaan Data dan Keamanan adalah aspek penting dalam pengembangan dan operasionalisasi LENTERAMU. Pengelolaan data yang efektif mencakup kebijakan penyimpanan, pengelolaan, dan akses data, sedangkan keamanan data mencakup perlindungan terhadap data sensitif dan privasi pengguna. Dalam sistem ini, pendekatan yang kuat terhadap pengelolaan data dan keamanan diperlukan untuk memastikan bahwa data yang disimpan dan diproses aman, terlindungi, dan dapat diakses oleh pihak yang berwenang.

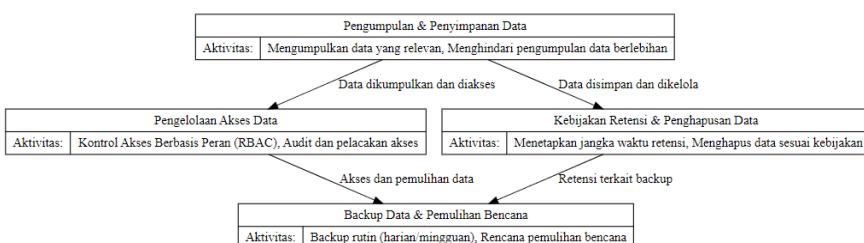
1. Kebijakan Pengelolaan Data

Pengelolaan data dalam sistem ini melibatkan proses yang mencakup pengumpulan, penyimpanan, pemrosesan, dan penghapusan data.

Berikut adalah beberapa kebijakan pengelolaan data yang diterapkan:

- 1) Pengumpulan dan Penyimpanan Data yang Terstruktur:
Data dikumpulkan dari berbagai sumber, termasuk input pengguna, hasil tes, interaksi pembelajaran, dan log aktivitas. Data ini kemudian disimpan dalam database yang terstruktur dengan baik, sesuai dengan model data dan skema database yang telah dirancang.
 - Aktivitas:
 - a) Memastikan data yang dikumpulkan adalah data yang relevan dan diperlukan untuk analisis dan personalisasi pembelajaran.
 - b) Menghindari pengumpulan data berlebihan yang tidak terkait langsung dengan tujuan pembelajaran, untuk mengurangi risiko keamanan dan biaya penyimpanan.
- 2) Pengelolaan Akses Data:
Akses data harus dibatasi hanya untuk pengguna atau entitas yang berwenang sesuai dengan prinsip *least privilege* (hak akses minimal). Setiap pengguna atau komponen sistem hanya diberikan akses ke data yang benar-benar dibutuhkan.
 - Aktivitas:
 - a) Menggunakan kontrol akses berbasis peran (Role-Based Access Control, RBAC) untuk mengelola hak akses pengguna ke berbagai jenis data.
 - b) Melakukan audit dan pelacakan aktivitas akses data untuk memastikan kepatuhan terhadap kebijakan akses.
- 3) Kebijakan Retensi dan Penghapusan Data:
Data disimpan sesuai dengan kebijakan retensi yang ditentukan dan dihapus ketika tidak lagi diperlukan. Kebijakan ini membantu mengelola siklus hidup data secara efisien dan menjaga integritas serta keamanan data.

- Aktivitas:
 - a) Menetapkan jangka waktu retensi data untuk berbagai jenis data, seperti data siswa, hasil evaluasi, atau log aktivitas.
 - b) Menggunakan alat otomatis untuk menghapus data yang sudah tidak relevan atau sesuai kebijakan retensi yang ditetapkan.
- 4) Backup Data dan Pemulihan Bencana (Disaster Recovery):
 Data harus dicadangkan secara teratur dan tersedia rencana pemulihan bencana untuk memastikan bahwa data dapat dipulihkan jika terjadi kegagalan sistem, serangan siber, atau kehilangan data.
- Aktivitas:
 - a) Melakukan backup data secara berkala (harian, mingguan) dan menyimpan cadangan di lokasi yang terpisah (off-site).
 - b) Mengembangkan dan menguji rencana pemulihan bencana secara berkala untuk memastikan kelancaran pemulihan data dan operasional sistem.



Gambar 5.5 1 Gambar Pengelolaan dan Data

2. Strategi Keamanan Data

Keamanan data menjadi fokus utama dalam sistem ini karena data yang disimpan mencakup informasi sensitif pengguna, seperti data pribadi siswa, hasil tes, dan interaksi pembelajaran. Berikut adalah beberapa strategi keamanan data yang diterapkan:

1) Enkripsi Data:

Enkripsi digunakan untuk melindungi data sensitif baik saat berada dalam penyimpanan (data-at-rest) maupun saat ditransmisikan (data-in-transit).

- Aktivitas:

- a) Menggunakan enkripsi berbasis AES (Advanced Encryption Standard) untuk data-at-rest di database dan penyimpanan file.
- b) Menggunakan protokol enkripsi TLS (Transport Layer Security) untuk data-in-transit, terutama dalam komunikasi antara klien (misalnya, browser pengguna) dan server aplikasi.

2) Autentikasi dan *Multi-factor authentication* (MFA):

Penggunaan metode autentikasi yang kuat memastikan bahwa hanya pengguna yang berwenang yang dapat mengakses data dan sistem. MFA memberikan lapisan keamanan tambahan.

- Aktivitas:

- a) Mengimplementasikan autentikasi berbasis kata sandi yang kuat dengan kebijakan pengelolaan kata sandi (panjang minimal, kompleksitas, perubahan berkala).
- b) Menggunakan MFA, seperti SMS OTP (One-Time Password), aplikasi autentikator, atau biometrik untuk memastikan verifikasi identitas pengguna lebih lanjut.

3) Pemantauan Keamanan dan Deteksi Anomali:

Sistem harus terus dipantau untuk mendeteksi aktivitas yang mencurigakan atau tidak sah yang mungkin mengindikasikan pelanggaran keamanan atau serangan siber.

- Aktivitas:

- a) Menggunakan alat pemantauan seperti *SIEM (Security Information and Event Management)* untuk mengumpulkan dan menganalisis log keamanan secara real-time.
- b) Mengimplementasikan deteksi anomalai berbasis AI untuk mendeteksi pola akses yang tidak biasa atau serangan potensial.

4) Kepatuhan terhadap Regulasi Privasi Data:

Sistem harus mematuhi regulasi privasi data seperti Undang-Undang Nomor 27 Tahun 2022 Tentang Pelindungan Data Pribadi dan regulasi serupa di yurisdiksi lain yang relevan.

- Aktivitas:

- a) Melakukan penilaian dampak privasi (Privacy Impact Assessment) secara berkala untuk mengidentifikasi risiko privasi dan keamanan.
- b) Memastikan hak-hak subjek data, seperti hak untuk mengakses, memperbaiki, atau menghapus data pribadi, dapat dilaksanakan sesuai dengan peraturan yang berlaku.

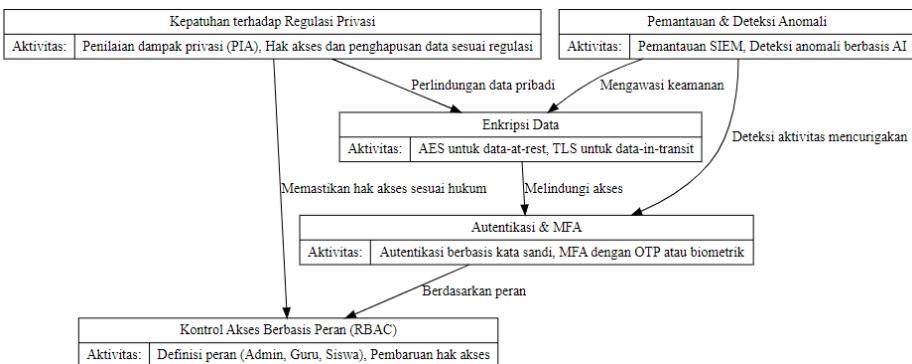
5) Kontrol Akses Berbasis Peran (Role-Based Access Control, RBAC):

Menggunakan RBAC untuk membatasi akses pengguna berdasarkan peran dan tanggung jawab mereka dalam sistem.

- Aktivitas:

- a) Mendefinisikan peran-peran yang berbeda seperti Admin, Guru, Siswa, dan menetapkan hak akses yang sesuai dengan kebutuhan peran tersebut.

- b) Memastikan bahwa hak akses diperbarui dan dicabut sesuai perubahan dalam peran atau status pengguna (misalnya, siswa lulus, guru pensiun).



Gambar 5.5 2 Gambar Kontrol Akses

3. Praktik Terbaik dalam Pengelolaan dan Keamanan Data

Untuk memastikan keamanan dan pengelolaan data yang efektif, beberapa praktik terbaik berikut diterapkan:

1) Audit Keamanan dan Penilaian Kerentanan:

Melakukan audit keamanan secara berkala dan penilaian kerentanan untuk mengidentifikasi kelemahan dalam sistem yang mungkin dieksploritasi oleh penyerang.

▪ Aktivitas:

- Menggunakan alat seperti *Nessus* atau *OpenVAS* untuk pemindaian kerentanan.
- Melakukan pengujian penetrasi (penetration testing) untuk menilai kemampuan sistem dalam bertahan terhadap serangan.

2) Penggunaan Alat Otomatisasi untuk Manajemen Keamanan:
Alat otomasi digunakan untuk meningkatkan efisiensi dalam manajemen keamanan, terutama dalam skenario dengan data dan pengguna dalam jumlah besar.

- Aktivitas:

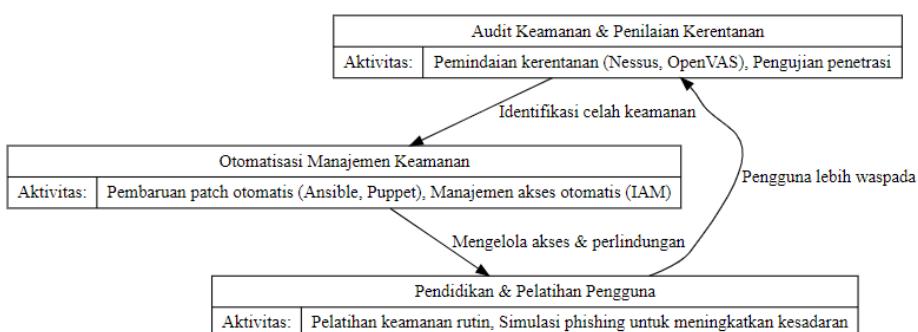
- a) Menggunakan alat otomasi seperti *Ansible* atau *Puppet* untuk memperbarui patch keamanan di seluruh server dan layanan.
- b) Menggunakan alat *Identity and Access Management* (IAM) untuk mengelola hak akses pengguna secara otomatis.

3) Pendidikan dan Pelatihan Pengguna:

Mendidik pengguna (siswa, guru, administrator) tentang keamanan informasi, termasuk praktik kata sandi yang baik, kesadaran phishing, dan pelaporan insiden.

- Aktivitas:

- a) Mengadakan pelatihan keamanan rutin dan menyediakan materi pembelajaran tentang kesadaran keamanan informasi.
- b) Menggunakan kampanye simulasi phishing untuk menguji dan meningkatkan kesadaran keamanan di antara pengguna.



Gambar 5.5.3 Gambar Pengelolaan Pendidikan dan Pelatihan

BAB 6

Workflow Diagram

Bab ini membahas mengenai Diagram Alur Kerja (workflow diagram) yang digunakan untuk menggambarkan bagaimana sistem dan pengguna berinteraksi dalam LENTERAMU. Workflow diagram memainkan peran penting dalam memvisualisasikan proses-proses yang terlibat dalam sistem, baik dari perspektif sistem itu sendiri maupun dari perspektif pengguna. Dengan memahami alur kerja ini, pengembang, pemangku kepentingan, dan pengguna dapat memahami interaksi yang kompleks, mengidentifikasi potensi perbaikan, dan mengoptimalkan pengalaman pengguna serta efektivitas sistem. Bab ini terdiri dari beberapa sub bab yang menguraikan diagram alur kerja sistem, alur kerja pengguna, alur proses pembelajaran AI, alur umpan balik dan penilaian, serta penjelasan detail tentang setiap diagram alur yang disajikan.

6.1 Diagram Alur Kerja Sistem

Diagram Alur Kerja Sistem memberikan gambaran makro tentang bagaimana komponen-komponen utama dalam LENTERAMU berinteraksi satu sama lain untuk mendukung operasi sistem secara keseluruhan. Diagram ini menggambarkan aliran data dan informasi di antara berbagai modul sistem, termasuk modul AI, database, antarmuka pengguna, dan infrastruktur backend. Diagram ini bertujuan untuk menunjukkan bagaimana proses mulai dari input pengguna, pengolahan data oleh sistem, hingga output dan umpan balik ke pengguna diatur dalam suatu alur yang terkoordinasi.

1. Komponen Utama dalam Diagram Alur Kerja Sistem

Diagram Alur Kerja Sistem mencakup beberapa komponen utama yang bekerja bersama untuk memastikan sistem berjalan dengan efisien dan responsif. Berikut adalah komponen-komponen kunci yang digambarkan dalam diagram:

1) Antarmuka Pengguna (*User Interface*)

Merupakan titik masuk utama bagi pengguna (siswa, guru, administrator) untuk berinteraksi dengan sistem. Antarmuka pengguna menyediakan akses ke berbagai fungsi seperti login, akses konten, evaluasi, dan manajemen data. *User Interface* ini memiliki fungsi utama untuk:

- Mengumpulkan input dari pengguna (misalnya, pilihan konten pembelajaran, jawaban evaluasi).
- Menampilkan hasil analisis dan umpan balik yang dihasilkan oleh modul AI.
- Menyediakan navigasi dan kontrol pengguna untuk mengakses berbagai fitur sistem.

2) Modul Analisis Data Siswa

Modul ini bertanggung jawab untuk menganalisis data perilaku belajar siswa, termasuk interaksi dengan konten, hasil evaluasi, dan umpan balik yang diberikan oleh sistem. Fungsi Utama dari Modul Analisis Data Siswa adalah

- Mengumpulkan data dari antarmuka pengguna dan database.
- Menganalisis data menggunakan teknik NLP dan statistik untuk memahami pola belajar.
- Memberikan output analisis yang digunakan oleh modul personalisasi konten dan umpan balik adaptif.

3) Modul Personalisasi Konten

Modul ini menggunakan data yang dianalisis untuk merekomendasikan konten pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan dan preferensi individu siswa. Fungsi utama Modul Personalisasi Konten adalah

- Merekomendasikan algoritma (seperti Collaborative Filtering dan Content-Based Filtering) untuk memberikan saran konten yang relevan.
- Mengintegrasikan hasil rekomendasi ke dalam antarmuka pengguna, memungkinkan siswa untuk mengakses konten yang dipersonalisasi.

4) Modul Umpan Balik Adaptif

Modul ini bertugas memberikan umpan balik dinamis kepada siswa berdasarkan kinerja mereka dalam evaluasi dan interaksi dengan konten pembelajaran. Fungsi utama dari Modul Umpan Balik Adaptif adalah

- Menggunakan Reinforcement Learning (misalnya, Q-learning) untuk memberikan umpan balik yang disesuaikan secara real-time.
- Memastikan bahwa umpan balik yang diberikan dapat membantu siswa memahami kesalahan mereka dan memberikan saran perbaikan yang efektif.

5) Modul Pemantauan dan Penilaian

Modul ini digunakan untuk memantau kinerja siswa secara keseluruhan, melakukan analisis penilaian, dan menyediakan laporan kepada guru dan administrator. Fungsi utama dari Modul Pemantauan dan Penilaian adalah

- Menggunakan teknik pembelajaran mesin seperti klasifikasi dan kNN untuk mengevaluasi kemajuan siswa.
- Menyediakan laporan yang mudah diakses untuk pengambilan keputusan oleh guru dan manajemen.

6) Data Warehouse dan Sistem Manajemen Database (DBMS)

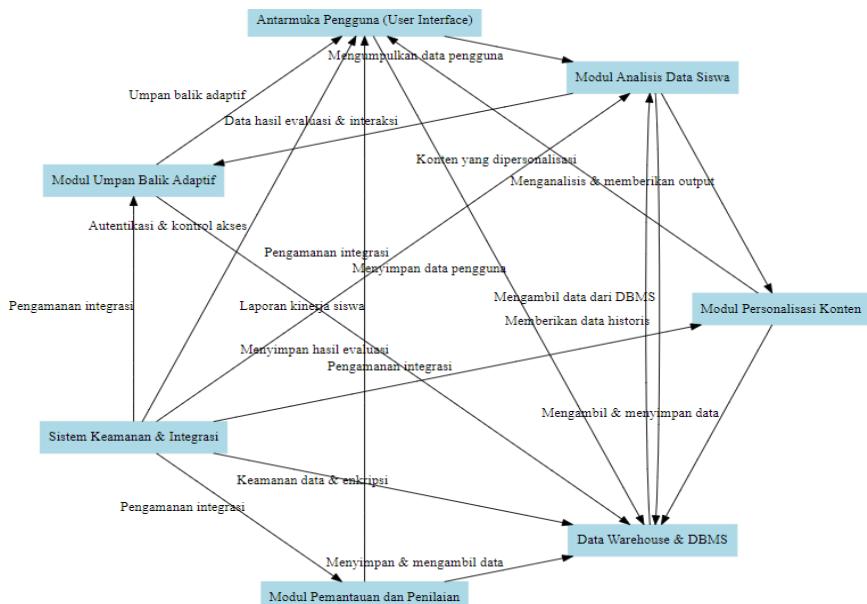
Semua data yang dikumpulkan dan dihasilkan oleh berbagai modul disimpan dalam data warehouse dan database yang terstruktur. Fungsi utama Data Warehouse dan Sistem Manajemen Database (DBMS) adalah

- Menyimpan data siswa, hasil evaluasi, interaksi pengguna, dan log sistem.
- Memastikan bahwa data tersedia untuk diakses oleh modul-modul sistem sesuai kebutuhan, mendukung analisis dan pembelajaran AI.

7) Sistem Keamanan dan Integrasi

Menangani keamanan data, autentikasi pengguna, dan integrasi antar modul dan komponen sistem. Fungsi utama dari Sistem Keamanan dan Integrasi adalah

- Menggunakan mekanisme enkripsi, autentikasi multi-faktor, dan kontrol akses berbasis peran untuk melindungi data dan memastikan hanya pengguna yang berwenang yang dapat mengaksesnya.
- Mengelola integrasi data dan komunikasi antar modul sistem melalui middleware atau API yang aman.



Gambar 6.1.1 Diagram Alur Kerja Sistem

2. Aliran Proses dalam Diagram Alur Kerja Sistem

Diagram Alur Kerja Sistem menggambarkan beberapa aliran proses utama yang terjadi dalam sistem. Berikut adalah alur proses yang dijelaskan dalam diagram:

1) Input dan Pengumpulan Data

Pengguna memasukkan data melalui antarmuka pengguna (misalnya, hasil ujian atau interaksi dengan materi pembelajaran). Data ini dikirim ke modul yang relevan seperti Modul Analisis Data Siswa untuk pemrosesan lebih lanjut. Tujuannya adalah untuk mengumpulkan data untuk analisis dan personalisasi pembelajaran.

2) Analisis dan Pengolahan Data

Modul Analisis Data Siswa mengolah data yang dikumpulkan menggunakan teknik NLP dan statistik untuk mengidentifikasi pola belajar dan preferensi siswa. Tujuannya adalah untuk memahami kebutuhan dan gaya belajar siswa untuk rekomendasi konten dan umpan balik yang lebih baik.

3) Personalisasi Konten Pembelajaran

Modul Personalisasi Konten menggunakan data hasil analisis untuk merekomendasikan materi pembelajaran yang sesuai. Hasil rekomendasi dikirim kembali ke antarmuka pengguna untuk ditampilkan. Tujuannya adalah untuk memberikan konten pembelajaran yang disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing siswa.

4) Pemberian Umpan Balik Adaptif

Berdasarkan hasil evaluasi dan analisis performa siswa, Modul Umpan Balik Adaptif memberikan umpan balik yang dinamis dan disesuaikan secara real-time. Tujuannya adalah untuk membantu siswa memahami kesalahan dan memberikan saran untuk perbaikan belajar.

5) Pemantauan dan Laporan Kinerja

Modul Pemantauan dan Penilaian memproses data penilaian untuk menghasilkan laporan kinerja siswa. Laporan ini tersedia bagi guru dan administrator untuk mendukung pengambilan keputusan. Hal ini bertujuan untuk memastikan guru dan administrator memiliki informasi yang diperlukan untuk memonitor dan meningkatkan pembelajaran.

6) Integrasi Data dan Keamanan

Semua modul berinteraksi dengan data warehouse dan sistem manajemen database untuk menyimpan dan mengambil data secara aman. Sistem Keamanan dan Integrasi memastikan bahwa semua komunikasi antar modul dilakukan dengan aman. Alur tersebut bertujuan untuk menjaga integritas data, keamanan informasi, dan memastikan bahwa setiap modul memiliki akses ke data yang diperlukan.

3. Manfaat Diagram Alur Kerja Sistem

Dalam sub bab ini akan dijelaskan berbagai manfaat Diagram Alur Kerja Sistem, dengan memahami manfaat ini diharapkan dapat lebih mengetahui pentingnya Diagram Alur dalam pengembangan sistem. adapun manfaat dari Diagram Alur Kerja Sistem tersebut adalah sebagai berikut:

1) Pemahaman yang Lebih Baik tentang Interaksi Sistem

Diagram ini memberikan pandangan holistik tentang bagaimana komponen-komponen dalam sistem bekerja bersama, memungkinkan pengembang dan pemangku kepentingan untuk memahami interaksi yang kompleks.

2) Identifikasi Titik Kritis dan Bottleneck

Memungkinkan tim pengembangan untuk mengidentifikasi titik kritis atau bottleneck dalam alur kerja sistem yang mungkin memerlukan optimasi lebih lanjut.

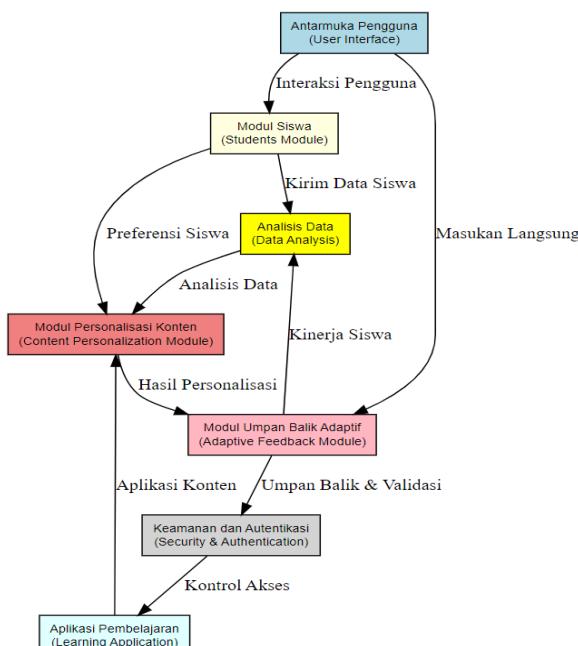
3) Panduan untuk Pengembangan dan Pengujian

Diagram ini berfungsi sebagai panduan untuk pengembangan dan pengujian modul baru serta integrasi mereka ke dalam sistem yang ada.

4) Dokumentasi dan Komunikasi yang Jelas

Menyediakan dokumentasi visual yang berguna untuk komunikasi antar tim yang terlibat dalam pengembangan, pemeliharaan, dan peningkatan sistem.

Dengan menggunakan Diagram Alur Kerja Sistem yang terstruktur, LENTERAMU dapat memastikan bahwa semua komponen bekerja bersama dengan harmonis untuk mendukung tujuan pembelajaran adaptif dan personalisasi yang efektif.



Gambar 6.1.2 Manfaat Diagram Alur Kerja

Block Diagram diatas menggambarkan alur kerja dari LENTERAMU. Diagram ini menunjukkan interaksi antara komponen utama, seperti Antarmuka Pengguna, Modul Analisis Data, Modul Personalisasi Konten, Modul Umpan Balik Adaptif, Modul Pemantauan dan Penilaian, Data Warehouse dan DBMS, serta Lapisan Keamanan dan Integrasi. Anda dapat melihat bagaimana data mengalir dan proses-proses saling berinteraksi di antara komponen-komponen ini.

6.2 Diagram Alur Kerja Pengguna

Diagram Alur Kerja Pengguna menggambarkan langkah-langkah yang diambil oleh berbagai jenis pengguna (siswa, guru, dan administrator) saat berinteraksi dengan LENTERAMU. Diagram ini memberikan pandangan yang jelas tentang bagaimana setiap jenis pengguna dapat mengakses fitur-fitur yang relevan, melakukan tugas-tugas tertentu, dan menerima umpan balik dari sistem. Diagram ini membantu pemangku kepentingan memahami perjalanan pengguna (user journey) dan bagaimana pengguna memanfaatkan berbagai fungsi sistem untuk mencapai tujuan pembelajaran atau manajemen mereka.

1. Jenis Pengguna dan Tugas Utama dalam Sistem

Diagram Alur Kerja Pengguna mencakup tiga jenis pengguna utama dalam sistem ini: **Siswa**, **Guru**, dan Administrator. Setiap jenis pengguna memiliki tugas dan alur kerja yang berbeda sesuai dengan peran dan fungsinya dalam sistem.

1) Siswa (*Student*)

Tugas utama dari Siswa dalam Diagram Alur Pengguna adalah sebagai berikut:

- Login dan Registrasi

Siswa masuk ke sistem menggunakan kredensial yang diberikan atau melakukan registrasi akun baru.

- Akses Konten Pembelajaran
Siswa menavigasi melalui dashboard untuk mengakses materi pelajaran yang dipersonalisasi berdasarkan kebutuhan dan preferensi mereka.
- Mengikuti Evaluasi dan Tes
Siswa dapat mengikuti kuis, tes, atau penilaian lain yang ditentukan oleh sistem atau guru.
- Menerima Umpan Balik Adaptif
Setelah menyelesaikan evaluasi, siswa menerima umpan balik yang disesuaikan untuk membantu mereka memahami area yang perlu ditingkatkan.
- Melihat Kemajuan dan Laporan Kinerja
Siswa dapat melihat kemajuan mereka, termasuk skor, umpan balik, dan rekomendasi.

2) Guru (*Teacher*)

Tugas utama dari Guru dalam Diagram Alur Pengguna adalah sebagai berikut:

- Login dan Manajemen Kelas
Guru masuk ke sistem dan mengelola daftar kelas dan siswa.
- Pembuatan dan Pengelolaan Konten Pembelajaran
Guru dapat membuat atau mengunggah konten baru seperti video, artikel, dan latihan soal.
- Menyusun Evaluasi dan Tes
Guru membuat evaluasi untuk siswa dan menetapkan waktu, format, serta kriteria penilaian.
- Pemantauan Kemajuan Siswa
Guru dapat melihat laporan kinerja siswa, memahami area yang perlu perhatian, dan menyesuaikan strategi pengajaran.
- Memberikan Umpan Balik Manual
Selain umpan balik otomatis yang diberikan oleh sistem, guru juga dapat memberikan umpan balik tambahan yang lebih personal.

3) Administrator (*Admin*)

Tugas utama dari Administrator dalam Diagram Alur Pengguna adalah sebagai berikut:

- Login dan Manajemen Sistem
Administrator masuk ke sistem untuk melakukan manajemen pengguna, pengaturan sistem, dan konfigurasi keamanan.
- Pengelolaan Konten dan Database
Administrator mengelola data konten pembelajaran dan database pengguna untuk memastikan konsistensi dan keamanan data.
- Pemantauan Kinerja Sistem dan Pengguna
Administrator memantau kesehatan sistem, aktivitas pengguna, dan log keamanan untuk mengidentifikasi potensi masalah atau pelanggaran.
- Mengelola Kebijakan Akses dan Keamanan
Menetapkan dan memperbarui kebijakan akses data dan kontrol keamanan untuk memastikan bahwa semua data terlindungi.

2. Alur Kerja Pengguna dalam Diagram

Diagram Alur Kerja Pengguna menggambarkan setiap langkah yang diambil oleh masing-masing jenis pengguna di dalam sistem. Berikut adalah alur kerja yang dijelaskan dalam diagram:

1) Alur Kerja Siswa:

Adapun langkah-langkah kerja Siswa dalam Diagram Alur Kerja Pengguna adalah sebagai berikut:

- Langkah 1 Login/Registrasi
Siswa melakukan login menggunakan kredensial atau mendaftar sebagai pengguna baru.

- Langkah 2 Akses Dashboard
Setelah login, siswa diarahkan ke dashboard mereka yang menampilkan konten yang direkomendasikan, evaluasi yang akan datang, dan kemajuan belajar.
 - Langkah 3 Mengakses Materi Pembelajaran
Siswa memilih materi pembelajaran (video, artikel, latihan soal) berdasarkan rekomendasi sistem.
 - Langkah 4 Mengikuti Evaluasi
Siswa menyelesaikan tes atau kuis yang ditentukan oleh guru atau sistem.
 - Langkah 5 Menerima Umpan Balik
Berdasarkan hasil evaluasi, siswa menerima umpan balik adaptif dari sistem dan rekomendasi untuk perbaikan.
 - Langkah 6 Melihat Laporan Kinerja
Siswa dapat memeriksa laporan kinerja mereka, melihat area yang memerlukan perbaikan, dan merencanakan langkah selanjutnya.
- 2) Alur Kerja Guru
- Adapun langkah-langkah kerja Guru dalam Diagram Alur Kerja Pengguna adalah sebagai berikut:
- Langkah 1 Login
Guru melakukan login untuk mengakses fitur manajemen kelas dan konten.
 - Langkah 2 Manajemen Kelas
Guru mengelola daftar kelas, menambahkan atau menghapus siswa, dan mengatur jadwal pembelajaran.
 - Langkah 3 Membuat dan Mengelola Konten
Guru mengunggah atau membuat konten pembelajaran baru yang sesuai dengan kurikulum.
 - Langkah 4 Menyusun Evaluasi
Guru merancang evaluasi atau tes dan menetapkan kriteria penilaian.

- Langkah 5 Memantau Kinerja Siswa
Guru melihat laporan kinerja siswa untuk mengevaluasi efektivitas pembelajaran dan menentukan tindakan lebih lanjut.
 - Langkah 6 Memberikan Umpam Balik
Guru dapat memberikan umpan balik tambahan untuk siswa yang memerlukan bimbingan lebih lanjut.
- 3) Alur Kerja Administrator
- Adapun langkah-langkah kerja Administrator dalam Diagram Alur Kerja Pengguna adalah sebagai berikut:
- Langkah 1 Login
Administrator masuk ke sistem untuk melakukan tugas manajemen dan pengawasan.
 - Langkah 2 Pengelolaan Pengguna dan Data
Mengelola data pengguna, mengatur hak akses, dan memastikan konsistensi data.
 - Langkah 3 Pemantauan Kinerja Sistem
Memantau log aktivitas pengguna, kinerja sistem, dan potensi masalah keamanan.
 - Langkah 4 Menangani Permasalahan Sistem
Mengatasi masalah yang terdeteksi dalam sistem, seperti bug atau pelanggaran keamanan.
 - Langkah 5 Mengelola Kebijakan Keamanan
Mengatur dan memperbarui kebijakan keamanan, termasuk autentikasi, enkripsi, dan kontrol akses.

3. Manfaat Diagram Alur Kerja Pengguna

Dalam sub bab ini membahas berbagai manfaat yang diperoleh dari penggunaan diagram alur kerja pengguna. Dengan demikian, diharapkan dapat melihat pentingnya integrasi diagram alur kerja dalam menciptakan pengalaman pengguna yang memuaskan.

- 1) Memahami Perjalanan Pengguna (*User Journey*)

Diagram ini memberikan panduan yang jelas tentang bagaimana pengguna berinteraksi dengan sistem,

membantu mengidentifikasi titik kuat dan kelemahan dalam pengalaman pengguna.

2) Optimisasi Pengalaman Pengguna

Dengan memahami alur kerja pengguna, tim pengembang dapat mengoptimalkan antarmuka dan fitur sistem untuk meningkatkan efisiensi dan kenyamanan.

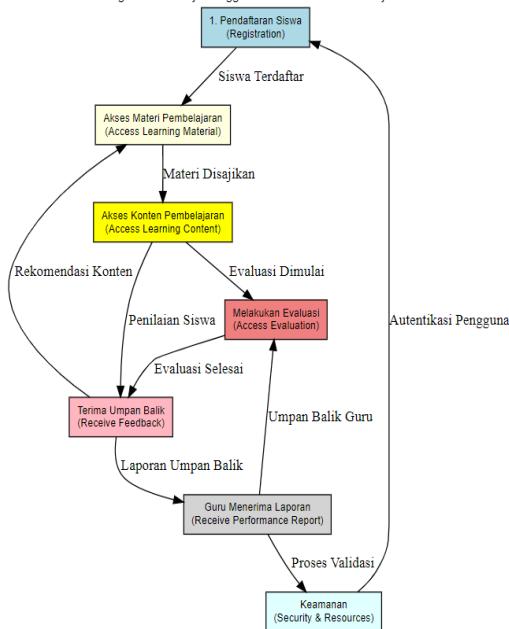
3) Panduan untuk Desain dan Pengujian Fitur

Diagram ini berfungsi sebagai panduan bagi tim pengembang dan QA untuk merancang, mengembangkan, dan menguji fitur baru berdasarkan skenario penggunaan yang sebenarnya.

4) Dokumentasi yang Jelas untuk Pelatihan dan Komunikasi

Diagram ini dapat digunakan sebagai alat pelatihan bagi pengguna baru dan sebagai dokumentasi untuk komunikasi antar tim.

Block Diagram: Alur Kerja Pengguna dalam Sistem Pembelajaran Cerdas



Gambar 6.2 1 Diagram Alur Kerja Pengguna

Block diagram berikut di atas menggambarkan alur kerja pengguna yang melibatkan siswa, guru, dan administrator, menunjukkan langkah-langkah yang diambil oleh masing-masing jenis pengguna di dalam sistem.

Block Diagram Alur Kerja Pengguna yang menggambarkan langkah-langkah yang diambil oleh tiga jenis pengguna utama (Siswa, Guru, dan Administrator) saat berinteraksi dengan LENTERAMU. Diagram ini menunjukkan alur kerja setiap pengguna dari login hingga menyelesaikan tugas-tugas tertentu, serta bagaimana mereka berinteraksi dengan berbagai komponen sistem. Ini memperlihatkan bagaimana aliran tindakan diatur untuk setiap jenis pengguna, mulai dari akses ke dashboard, manajemen konten, hingga pemantauan kinerja sistem dan pengelolaan keamanan. Diagram ini memberikan pandangan yang jelas tentang perjalanan pengguna (user journey) dalam sistem.

6.3 Alur Proses Pembelajaran AI

Alur Proses Pembelajaran AI dalam LENTERAMU menggambarkan langkah-langkah yang terlibat dalam pengembangan, pelatihan, validasi, dan implementasi model AI yang digunakan untuk mempersonalisasi pembelajaran bagi setiap siswa. Diagram ini berfokus pada bagaimana data dikumpulkan, diproses, dan digunakan untuk melatih model AI, serta bagaimana model tersebut diintegrasikan kembali ke dalam sistem untuk mendukung pembelajaran adaptif dan pengambilan keputusan yang lebih baik.

1. Tahapan Utama dalam Alur Proses Pembelajaran AI

Alur proses pembelajaran AI terdiri dari beberapa tahapan utama yang diperlukan untuk membangun, mengembangkan, dan mengoptimalkan model AI. Berikut adalah tahapan-tahapan tersebut:

1) Pengumpulan Data (*Data Collection*)

Tahap pertama dari Pengumpulan Data adalah mengumpulkan data dari berbagai sumber dalam sistem,

termasuk data interaksi pengguna, hasil evaluasi, log aktivitas, dan data profil pengguna. Data ini dikumpulkan secara berkelanjutan untuk mendukung pembelajaran model yang dinamis. Aktivitas-aktivitas dari Pengumpulan Data adalah sebagai berikut:

- Mengumpulkan data interaksi dari antarmuka pengguna (siswa, guru) saat mereka berinteraksi dengan konten pembelajaran.
- Mengumpulkan hasil evaluasi siswa yang mencakup skor, waktu pengerjaan, dan umpan balik.
- Menyimpan data di Data Warehouse dan database sistem untuk diproses lebih lanjut.

2) Praproses Data (*Data Preprocessing*)

Setelah tahap pengumpulan data, tahap berikutnya adalah praproses data untuk memastikan data bersih, relevan, dan siap digunakan untuk pelatihan model AI. Tahap ini mencakup pembersihan data, penanganan missing value, normalisasi, dan transformasi data. Aktivitas-aktivitas dari praproses data adalah sebagai berikut:

- Menghilangkan duplikasi data, mengisi missing value, dan melakukan encoding untuk data kategorikal.
- Melakukan normalisasi data numerik untuk memastikan konsistensi dan meningkatkan performa model.
- Menggunakan teknik NLP untuk memproses data teks, seperti respons siswa atau umpan balik guru.

3) Pelatihan Model (*Model Training*)

Pada tahap ini, model AI dilatih menggunakan dataset yang telah diproses. Berbagai algoritma pembelajaran mesin dan deep learning digunakan sesuai dengan jenis masalah yang ingin diselesaikan, seperti rekomendasi konten, klasifikasi, atau analisis performa siswa. Aktivitas-aktivitas dari Pelatihan Model adalah sebagai berikut:

- Menggunakan algoritma seperti Collaborative Filtering untuk rekomendasi konten, Reinforcement Learning untuk umpan balik adaptif, dan Supervised Learning untuk klasifikasi performa siswa.
 - Melakukan eksperimen dengan berbagai hyperparameter untuk mengoptimalkan performa model.
 - Menggunakan teknik Cross-Validation untuk memastikan model tidak overfitting pada data pelatihan.
- 4) Validasi dan Evaluasi Model (*Model Validation and Evaluation*)
- Setelah model dilatih, model tersebut divalidasi dan dievaluasi menggunakan data uji yang terpisah untuk mengukur kinerja dan generalisasi model. Tahap ini memastikan bahwa model berfungsi dengan baik pada data baru yang tidak terlihat selama pelatihan. Aktivitas-aktivitas dari Validasi dan Evaluasi adalah sebagai berikut:
- Menggunakan metrik evaluasi seperti Accuracy, Precision, Recall, F1-Score, RMSE (Root Mean Squared Error), dan AUC-ROC untuk menilai performa model.
 - Melakukan analisis error untuk mengidentifikasi area di mana model mungkin tidak berfungsi dengan baik.
 - Menggunakan teknik Model Tuning untuk memperbaiki kelemahan yang teridentifikasi selama evaluasi.
- 5) Implementasi dan Integrasi Model (*Model Deployment and Integration*)

Model AI yang telah divalidasi kemudian diimplementasikan dalam lingkungan produksi dan diintegrasikan dengan sistem aplikasi cerdas. Model ini digunakan secara langsung untuk memberikan rekomendasi, umpan balik, dan analisis

performa siswa. Aktivitas-aktivitas dari Implementasi dan Integrasi Model adalah sebagai berikut:

- Menggunakan containerization (misalnya, Docker) untuk menyebarkan model di lingkungan produksi.
 - Mengatur pipeline integrasi (CI/CD) untuk pembaruan model yang cepat dan otomatis.
 - Mengintegrasikan model dengan antarmuka pengguna melalui API untuk interaksi waktunya.
- 6) Monitoring dan Pembaruan Model (*Model Monitoring and Retraining*)

Setelah model diimplementasikan, kinerjanya dipantau secara berkelanjutan untuk memastikan model tetap relevan dan akurat. Model diperbarui atau dilatih ulang secara berkala untuk menangani perubahan data dan dinamika pengguna. Aktivitas-aktivitas dari Monitoring dan Pembaruan Model adalah sebagai berikut:

- Menggunakan alat monitoring seperti Prometheus dan Grafana untuk memantau performa model secara real-time.
- Mengidentifikasi Concept Drift jika terjadi perubahan pola data dan melakukan retraining model secara otomatis.

2. Manfaat Alur Proses Pembelajaran AI

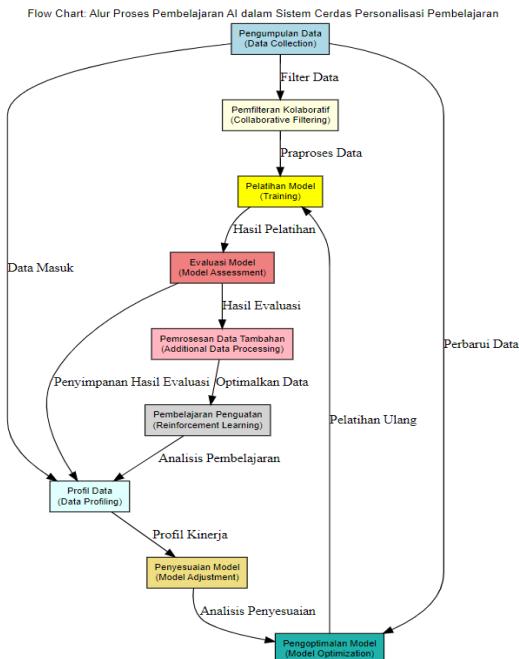
Pada bagian ini membahas berbagai manfaat dari alur proses pembelajaran AI, termasuk peningkatan kemampuan adaptasi sistem, pengoptimalan keputusan berbasis data, serta inovasi dalam produk dan layanan. Dengan memahami manfaat ini, diharapkan dapat melihat potensi besar yang dimiliki AI dalam transformasi proses pembelajaran dan penerapannya di dunia nyata.

- 1) Pengembangan Model yang Lebih Efisien

Dengan mengikuti alur proses yang terstruktur, pengembangan dapat dengan mudah mengikuti langkah-langkah yang

diperlukan untuk membangun model AI yang efektif dan relevan.

- 2) Pengambilan Keputusan Berbasis Data yang Lebih Baik
Model AI yang dioptimalkan dapat memberikan wawasan yang lebih akurat tentang perilaku dan kebutuhan siswa, memungkinkan personalisasi yang lebih baik.
- 3) Penggunaan Sumber Daya yang Optimal
Alur ini memastikan penggunaan sumber daya komputasi yang optimal untuk pelatihan dan validasi model, menghindari pemborosan dan biaya yang tidak perlu.
- 4) Peningkatan Pengalaman Pengguna
Dengan mengimplementasikan model AI yang kuat, pengalaman pengguna (siswa dan guru) di dalam sistem menjadi lebih dinamis, responsif, dan relevan.



Gambar 6.3 1 Alur Proses Pembelajaran AI

Gambar di atas merupakan *Flow Chart* yang lebih jelas mengenai Alur Proses Pembelajaran AI dalam LENTERAMU. Flow chart ini menggambarkan tahapan-tahapan mulai dari pengumpulan data, praproses data, pelatihan model, validasi dan evaluasi model, implementasi model, hingga pemantauan dan pembaruan model. Ini memperlihatkan aliran dari satu tahap ke tahap berikutnya dengan jelas, yang menunjukkan bagaimana setiap proses saling terhubung dalam sistem pembelajaran AI yang adaptif.

6.4 Diagram Alur Umpan Balik dan Penilaian

Diagram Alur Umpan Balik dan Penilaian dalam LENTERAMU menggambarkan proses bagaimana sistem memberikan umpan balik adaptif kepada siswa berdasarkan hasil evaluasi dan interaksi mereka dengan konten pembelajaran. Diagram ini menunjukkan aliran data dan proses mulai dari pengumpulan hasil evaluasi, analisis performa siswa, hingga pemberian umpan balik yang disesuaikan. Diagram ini penting untuk memvisualisasikan bagaimana sistem menggunakan data dan algoritma untuk meningkatkan pengalaman belajar siswa secara individual.

1. Tahapan Utama dalam Alur Umpan Balik dan Penilaian

Alur proses umpan balik dan penilaian terdiri dari beberapa tahapan penting yang memastikan bahwa umpan balik yang diberikan relevan, adaptif, dan bermanfaat bagi perkembangan siswa. Berikut adalah tahapan-tahapan utama dalam diagram:

- 1) Pengumpulan Data Hasil Evaluasi (*Assessment Data Collection*)

Pada tahap ini melibatkan pengumpulan hasil evaluasi siswa, seperti nilai kuis, tes, waktu penyelesaian, dan pola jawaban. Data ini dikumpulkan secara otomatis dari modul evaluasi dan disimpan dalam database sistem. Aktivitas-aktivitas Pengumuman Data Hasil Evaluasi adalah sebagai berikut:

- Merekam hasil setiap evaluasi atau kuis yang dilakukan oleh siswa.
 - Menyimpan informasi tambahan seperti waktu penggerjaan, jumlah percobaan, dan tingkat kesulitan soal.
- 2) Analisis Performa Siswa (*Student Performance Analysis*)
- Setelah data evaluasi dikumpulkan, sistem melakukan analisis performa siswa untuk mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan mereka. Analisis ini menggunakan algoritma pembelajaran mesin dan analisis statistik untuk menghasilkan wawasan yang lebih mendalam. Aktivitas-aktivitas Analisis Performa Siswa adalah sebagai berikut:
- Menggunakan algoritma klasifikasi (seperti Decision Tree, kNN) untuk mengelompokkan siswa berdasarkan kinerja.
 - Menggunakan analisis deskriptif dan statistik untuk memahami pola kesalahan siswa dan waktu penggerjaan.
- 3) Pemberian Umpan Balik Adaptif (*Adaptive Feedback Generation*)
- Berdasarkan hasil analisis performa, sistem menghasilkan umpan balik yang disesuaikan secara otomatis. Umpan balik ini dirancang untuk membantu siswa memahami kesalahan mereka dan memberikan rekomendasi spesifik untuk perbaikan. Aktivitas-aktivitas Pemberian Umpan Balik Adaptif adalah sebagai berikut:
- Menggunakan teknik Reinforcement Learning untuk memberikan umpan balik yang dinamis berdasarkan pola belajar dan kebutuhan siswa.
 - Menyajikan umpan balik yang jelas dan konstruktif melalui antarmuka pengguna, yang mencakup saran untuk peningkatan dan sumber daya tambahan.
- 4) Integrasi dengan Antarmuka Pengguna (*Integration with User Interface*)

Umpan balik yang dihasilkan diintegrasikan ke dalam antarmuka pengguna (dashboard siswa), sehingga siswa dapat melihat umpan balik mereka secara real-time dan memahami langkah-langkah yang perlu diambil untuk meningkatkan pembelajaran mereka. Aktivitas-aktivitas Integrasi dengan Antarmuka Pengguna adalah sebagai berikut:

- Menampilkan umpan balik dan rekomendasi yang relevan pada dashboard siswa.
 - Memungkinkan siswa untuk mengakses sumber daya pembelajaran tambahan berdasarkan rekomendasi sistem.
- 5) Rekomendasi Konten Pembelajaran Tambahan (*Additional Learning Content Recommendation*)
- Berdasarkan umpan balik yang diberikan, sistem juga merekomendasikan konten pembelajaran tambahan yang sesuai dengan kebutuhan siswa. Konten ini dirancang untuk memperkuat area di mana siswa membutuhkan perbaikan. Aktivitas-aktivitas Rekomendasi Konten Pembelajaran Tambahan adalah sebagai berikut:
- Menggunakan algoritma rekomendasi (Collaborative Filtering, Content-Based Filtering) untuk menyarankan materi pembelajaran tambahan.
 - Menyediakan tautan langsung ke materi yang direkomendasikan, seperti video, artikel, atau latihan soal.
- 6) Pemantauan Hasil dan Penyesuaian Pembelajaran (*Monitoring Results and Learning Adjustments*)
- Setelah siswa menerima umpan balik dan mengikuti rekomendasi, sistem memantau kemajuan siswa secara berkelanjutan. Penyesuaian dilakukan jika diperlukan untuk memastikan pembelajaran yang efektif. Aktivitas-aktivitas Pemantauan Hasil dan Penyesuaian Pembelajaran adalah sebagai berikut:

- Memantau interaksi siswa dengan konten rekomendasi dan mengevaluasi dampak umpan balik terhadap peningkatan performa.
- Menggunakan data baru untuk memperbarui model AI dan menyesuaikan strategi umpan balik dan rekomendasi di masa mendatang.

2. Manfaat Diagram Alur Umpan Balik dan Penilaian

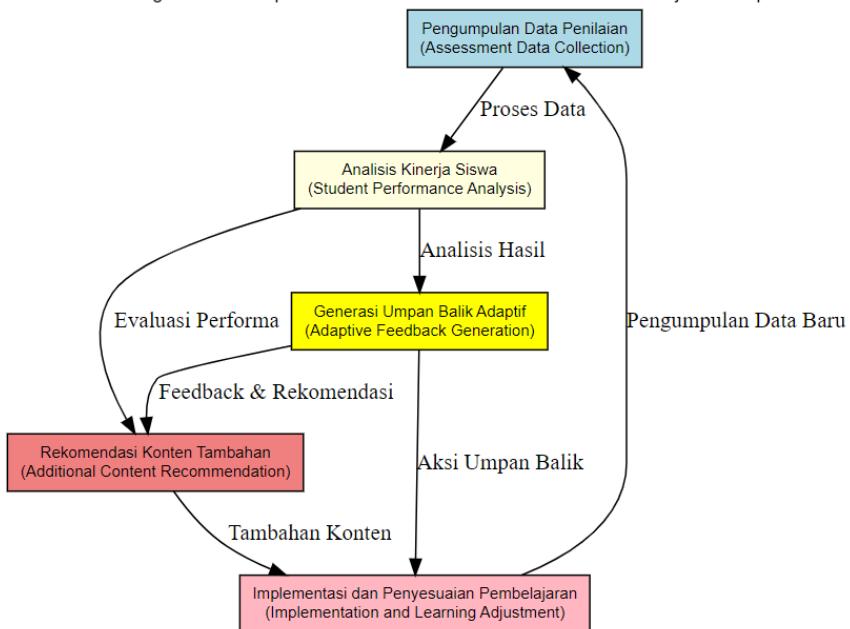
Pada bagian ini membahas berbagai manfaat dari penggunaan diagram alur umpan balik dan penilaian, mulai dari peningkatan efektivitas pengukuran kinerja hingga pengembangan strategi perbaikan yang lebih terarah. Dengan memahami manfaat ini, diharapkan dapat mengapresiasi peran diagram alur dalam menciptakan lingkungan belajar yang responsif dan dinamis, serta dalam mendukung pengambilan keputusan yang lebih informasional dan berbasis data.

- 1) Personalisasi Pembelajaran yang Lebih Efektif
Dengan mengikuti alur yang terstruktur, sistem dapat memberikan umpan balik yang relevan dan tepat waktu, yang disesuaikan dengan kebutuhan individu siswa.
- 2) Peningkatan Kinerja Siswa
Umpan balik adaptif dan rekomendasi konten membantu siswa untuk fokus pada area yang memerlukan perbaikan, meningkatkan kinerja mereka secara keseluruhan.
- 3) Penggunaan AI untuk Umpan Balik Dinamis
Integrasi pembelajaran mesin dalam analisis performa dan pemberian umpan balik memastikan bahwa sistem selalu adaptif dan responsif terhadap perubahan pola belajar siswa.
- 4) Dokumentasi untuk Pengembangan dan Pengujian Sistem:
Diagram ini berfungsi sebagai alat dokumentasi untuk pengembangan lebih lanjut dan pengujian sistem,

memastikan bahwa alur kerja umpan balik dan penilaian bekerja sesuai dengan desain.

Block diagram berikut ini menggambarkan alur proses umpan balik dan penilaian, menunjukkan bagaimana data hasil evaluasi dikumpulkan, dianalisis, dan digunakan untuk memberikan umpan balik yang adaptif. Diagram ini juga menunjukkan integrasi umpan balik dengan antarmuka pengguna dan bagaimana rekomendasi konten pembelajaran tambahan dihasilkan.

Block Diagram: Alur Umpan Balik dan Penilaian dalam Sistem Pembelajaran Adaptif



Gambar 6.4 1 Diagram Alur Umpan Balik dan Penilaian

Block Diagram Alur Umpan Balik dan Penilaian yang menggambarkan tahapan-tahapan utama dalam proses pemberian umpan balik adaptif dan penilaian di dalam LENTERAMU. Diagram ini menunjukkan bagaimana data hasil evaluasi dikumpulkan, dianalisis,

dan digunakan untuk memberikan umpan balik yang relevan dan rekomendasi konten pembelajaran tambahan. Anda dapat melihat alur proses yang jelas mulai dari pengumpulan data hingga penyesuaian strategi pembelajaran berdasarkan hasil pemantauan.

6.5 Penjelasan Diagram Alur Kerja

Diagram Alur Kerja bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai diagram alur kerja yang telah disajikan pada sub bab sebelumnya. Bagian ini akan menguraikan komponen utama yang ada dalam setiap diagram, menjelaskan bagaimana masing-masing komponen bekerja, dan menggambarkan hubungan serta aliran proses antar komponen tersebut. Dengan memahami penjelasan ini, pengguna dan pengembang sistem dapat melihat bagaimana proses-proses yang berbeda dalam sistem saling terintegrasi untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih baik dan adaptif.

1. Penjelasan Diagram Alur Kerja Sistem

Diagram Alur Kerja Sistem memberikan gambaran umum tentang interaksi antara komponen utama dalam LENTERAMU. Berikut adalah penjelasan komponen utama dalam diagram ini:

1) Antarmuka Pengguna (*User Interface*)

Bertindak sebagai titik interaksi utama bagi siswa, guru, dan administrator. Melalui antarmuka ini, pengguna dapat mengakses berbagai fitur seperti konten pembelajaran, evaluasi, dan laporan kinerja. Antarmuka Pengguna terhubung langsung dengan modul-modul *backend* seperti Modul Analisis Data Siswa dan Modul Personalisasi Konten untuk mendapatkan data dan menampilkan hasilnya kepada pengguna.

2) Modul Analisis Data Siswa

Berfungsi untuk mengumpulkan dan menganalisis data siswa untuk mengidentifikasi pola belajar dan memberikan wawasan yang lebih dalam mengenai kemajuan siswa. Modul ini mengambil data dari Data Warehouse dan memberikan

hasil analisis ke Modul Personalisasi Konten dan Modul Umpan Balik Adaptif.

3) Modul Personalisasi Konten

Modul ini menggunakan hasil analisis untuk merekomendasikan konten pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan dan preferensi individu siswa. Modul ini mengirimkan rekomendasi konten ke Antarmuka Pengguna untuk diakses oleh siswa.

4) Modul Umpan Balik Adaptif

Berfungsi memberikan umpan balik dinamis kepada siswa berdasarkan hasil evaluasi dan analisis performa. Modul ini terintegrasi dengan Antarmuka Pengguna untuk menampilkan umpan balik, serta berkomunikasi dengan Modul Analisis Data Siswa untuk mendapatkan informasi yang diperlukan.

5) Modul Pemantauan dan Penilaian

Berfungsi Memantau kinerja siswa secara keseluruhan dan menyediakan laporan yang mudah diakses untuk pengambilan keputusan oleh guru dan administrator. Modul ini mengambil data dari Data Warehouse dan memberikan laporan kepada antarmuka pengguna dan sistem pengambilan keputusan.

6) Data Warehouse dan Sistem Manajemen Database (DBMS)

Berfungsi menyimpan semua data yang dihasilkan dan dikumpulkan oleh sistem, termasuk data interaksi pengguna, hasil evaluasi, dan log aktivitas. Modul ini menjadi pusat data yang menyediakan informasi bagi semua modul yang memerlukannya.

7) Sistem Keamanan dan Integrasi

Berfungsi mengatur keamanan data, autentikasi pengguna, dan integrasi antar modul dan komponen sistem. Modul ini menyediakan lapisan keamanan yang memastikan integritas dan kerahasiaan data selama komunikasi antar modul.

2. Penjelasan Diagram Alur Kerja Pengguna

Diagram Alur Kerja Pengguna memetakan langkah-langkah yang diambil oleh tiga jenis pengguna utama (Siswa, Guru, dan Administrator) ketika berinteraksi dengan sistem. Berikut adalah penjelasan dari alur kerja ini:

1) Siswa (*Student*)

Alur Kerja Siswa Dimulai dari login atau registrasi, diikuti dengan akses ke dashboard mereka untuk melihat materi pembelajaran yang direkomendasikan. Setelah menyelesaikan evaluasi, siswa menerima umpan balik adaptif dan rekomendasi konten tambahan. Pentingnya alur ini adalah memastikan siswa mendapatkan pengalaman belajar yang disesuaikan dengan kebutuhan mereka, yang dapat meningkatkan keterlibatan dan hasil belajar.

2) Guru (*Teacher*)

Alur Kerja Guru Melibatkan proses login, manajemen kelas, pembuatan konten pembelajaran, penilaian siswa, serta pemantauan dan pemberian umpan balik tambahan. Pentingnya alur ini adalah memastikan guru dapat mengelola kelas mereka secara efektif, memberikan konten berkualitas, dan memantau kemajuan siswa dengan tepat.

3) Administrator (*Admin*)

Alur Kerja Administrator Termasuk login, manajemen data pengguna, pemantauan sistem, pengaturan kebijakan keamanan, dan penanganan masalah sistem. Pentingnya alur ini Memastikan sistem berjalan dengan lancar dan aman, serta memberikan dukungan teknis dan operasional yang diperlukan.

3. Penjelasan Alur Proses Pembelajaran AI

Diagram ini menggambarkan alur proses pembelajaran AI mulai dari pengumpulan data hingga pemantauan dan pembaruan model:

- 1) Pengumpulan Data merupakan kegiatan pengumpulan data dari berbagai sumber seperti hasil evaluasi siswa, interaksi pengguna, dan profil pengguna.

- 2) Praproses Data merupakan kegiatan pengumpulan data yang diproses untuk memastikan kebersihan dan konsistensinya sebelum digunakan dalam pelatihan model.
- 3) Pelatihan Model merupakan algoritma AI yang dilatih menggunakan data yang telah diproses untuk memprediksi hasil belajar dan memberikan rekomendasi.
- 4) Validasi dan Evaluasi Model merupakan model yang dilatih dan divalidasi menggunakan data terpisah untuk memastikan generalisasi dan akurasi.
- 5) Implementasi Model merupakan model yang divalidasi dan diimplementasikan dalam sistem dan terintegrasi dengan antarmuka pengguna.
- 6) Monitoring dan Pembaruan Model merupakan model yang dipantau secara berkelanjutan dan diperbarui untuk meningkatkan performa berdasarkan data baru.

4. Penjelasan Diagram Alur Umpam Balik dan Penilaian

Diagram ini memfokuskan pada alur bagaimana hasil evaluasi digunakan untuk menghasilkan umpan balik adaptif:

1. Pengumpulan Data Hasil Evaluasi merupakan proses mengumpulkan data hasil kuis, tes, dan evaluasi lainnya.
2. Analisis Performa Siswa merupakan proses menganalisis data untuk mengidentifikasi kekuatan dan kelemahan siswa.
3. Pemberian Umpam Balik Adaptif merupakan proses memberikan umpan balik yang disesuaikan berdasarkan analisis perfoma.
4. Integrasi dengan Antarmuka Pengguna merupakan umpan balik yang dihasilkan disajikan pada dashboard siswa.
5. Rekomendasi Konten Pembelajaran Tambahan: merupakan proses menyarankan materi pembelajaran tambahan untuk perbaikan.
6. Pemantauan Hasil dan Penyesuaian Pembelajaran merupakan proses memantau efektivitas umpan balik dan menyesuaikan strategi pembelajaran sesuai kebutuhan.

5. Kesimpulan Penjelasan Diagram Alur Kerja

Penjelasan dari diagram-diagram alur kerja ini menunjukkan bahwa setiap komponen dan proses dalam LENTERAMU bekerja sama untuk menciptakan lingkungan pembelajaran yang adaptif, responsif, dan berbasis data. Dengan memahami diagram ini, pengembang dan pemangku kepentingan dapat mengoptimalkan sistem untuk mendukung pengalaman belajar yang lebih baik bagi siswa, meningkatkan efektivitas guru, dan memastikan keamanan serta efisiensi operasional bagi administrator.

Tabel berikut merangkum fungsi, aliran data, dan hubungan antar komponen yang ada di setiap diagram alur kerja yang telah dibahas, memberikan gambaran yang jelas tentang bagaimana LENTERAMU bekerja secara keseluruhan.

Tabel Diagram Alur Kerja Sistem

Table 6.5 1 Diagram Alur Kerja Sistem

Sub Bab	Komponen/Proses Utama	Fungsi	Hubungan/Aliran Data
6.1 Diagram Alur Kerja Sistem	Antarmuka Pengguna (User Interface)	Titik interaksi utama bagi siswa, guru, dan administrator untuk mengakses fitur sistem.	Berhubungan dengan modul backend seperti Modul Analisis Data Siswa dan Modul Personalisasi Konten untuk menampilkan hasil.
	Modul Analisis Data Siswa	Mengumpulkan dan menganalisis data siswa untuk memberikan wawasan yang mendalam.	Mengambil data dari Data Warehouse dan memberikan hasil analisis ke Modul Personalisasi Konten dan Modul Umpan Balik Adaptif.
	Modul Personalisasi Konten	Merekendasikan konten pembelajaran berdasarkan hasil analisis kebutuhan siswa.	Mengirimkan rekomendasi ke Antarmuka Pengguna.

	Modul Umpaan Balik Adaptif	Memberikan umpan balik dinamis kepada siswa berdasarkan kinerja mereka.	Terintegrasi dengan Antarmuka Pengguna untuk menampilkan umpan balik dan mendapatkan data dari Modul Analisis Data Siswa.
	Modul Pemantauan dan Penilaian	Memantau kinerja siswa dan menyediakan laporan untuk pengambilan keputusan.	Mengambil data dari Data Warehouse dan memberikan laporan kepada pengguna.

BAB 7

Pengujian dan Validasi Sistem

Bab ini membahas mengenai Pengujian dan Validasi Sistem yang dilakukan pada LENTERAMU. Pengujian dan validasi adalah langkah krusial dalam siklus pengembangan perangkat lunak untuk memastikan bahwa sistem memenuhi persyaratan fungsional dan non-fungsional serta beroperasi dengan baik dalam berbagai kondisi. Bab ini menguraikan berbagai strategi pengujian yang digunakan untuk memastikan keandalan, kinerja, keamanan, dan pengalaman pengguna yang optimal, termasuk pengujian terhadap model AI yang digunakan dalam sistem.

7.1 Strategi Pengujian Aplikasi

Strategi Pengujian Aplikasi dalam LENTERAMU mencakup berbagai pendekatan untuk menguji fungsionalitas, kinerja, dan keamanan sistem. Tujuan dari strategi ini adalah untuk memastikan bahwa aplikasi bekerja sesuai spesifikasi, bebas dari bug yang signifikan, aman, dan memberikan pengalaman pengguna yang memadai. Strategi pengujian ini mencakup pengujian manual dan otomatis yang dirancang untuk mengidentifikasi dan memperbaiki masalah sebelum peluncuran sistem secara luas.

1. Pendekatan Pengujian yang Digunakan

Strategi pengujian aplikasi ini menggunakan beberapa pendekatan untuk mencakup berbagai aspek dari sistem, meliputi:

1) Pengujian Berbasis Risiko (*Risk-Based Testing*)

Pengujian ini memprioritaskan pengujian terhadap fitur-fitur atau komponen yang paling berisiko atau paling kritis bagi operasi sistem. Misalnya, pengujian akan difokuskan pada modul AI yang menangani personalisasi konten, karena modul ini memiliki dampak langsung pada pengalaman

belajar siswa. Pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengatasi potensi kegagalan di area yang paling penting, untuk meminimalkan risiko terhadap fungsionalitas sistem.

2) Pengujian Berkelanjutan (*Continuous Testing*)

Dalam pendekatan ini, pengujian dilakukan secara berkelanjutan selama siklus pengembangan perangkat lunak menggunakan integrasi berkelanjutan (CI) dan pengiriman berkelanjutan (CD). Setiap perubahan kode yang dilakukan oleh pengembang secara otomatis memicu serangkaian pengujian. Pengujian ini bertujuan untuk menjaga kualitas perangkat lunak secara berkelanjutan, mengurangi risiko bug, dan memastikan stabilitas sistem selama pengembangan.

3) Pengujian Berbasis Skenario (*Scenario-Based Testing*)

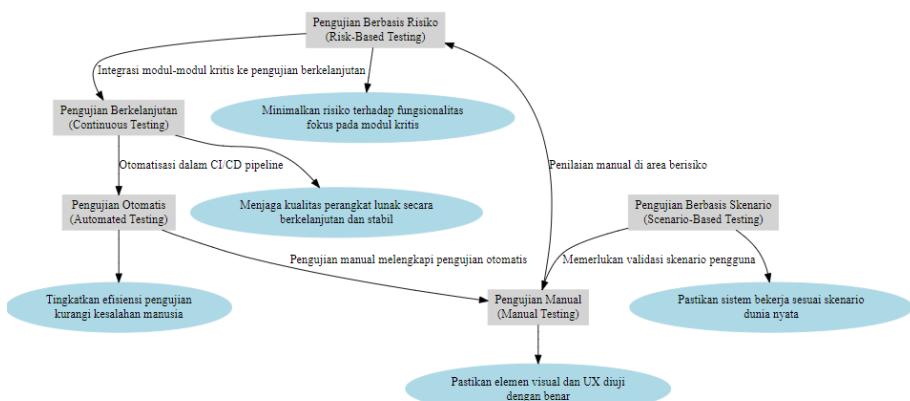
Pengujian ini menggunakan skenario pengguna nyata untuk mengevaluasi apakah sistem dapat menangani alur kerja dan kasus penggunaan yang diharapkan. Pengujian ini melibatkan pembuatan skenario untuk siswa, guru, dan administrator, seperti mengikuti kuis, mengelola kelas, atau memperbarui pengaturan keamanan. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan sistem berfungsi dengan baik dalam skenario dunia nyata dan memenuhi kebutuhan pengguna akhir.

4) Pengujian Otomatis (*Automated Testing*)

Pengujian otomatis digunakan untuk menguji bagian-bagian sistem yang memiliki frekuensi tinggi, seperti pengujian regresi, pengujian unit, dan pengujian integrasi. Alat-alat seperti Selenium, JUnit, TestNG, dan Postman digunakan untuk mengotomatisasi pengujian. Pengujian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pengujian, mengurangi kesalahan manusia, dan mempercepat siklus pengembangan.

5) Pengujian Manual (*Manual Testing*)

Pengujian manual dilakukan untuk pengujian yang memerlukan penilaian manusia, seperti pengujian antarmuka pengguna (UI), pengalaman pengguna (UX), dan pengujian penerimaan pengguna (UAT). Pengujian ini juga digunakan untuk memverifikasi bug yang tidak terdeteksi oleh pengujian otomatis. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan elemen-elemen yang sulit diotomatisasi, seperti elemen visual dan interaksi pengguna, diuji dengan benar.



Gambar 7.1.1 Strategi Pengujian Aplikasi

2. Metodologi Pengujian yang Diterapkan

Strategi pengujian ini menggunakan beberapa metodologi pengujian yang mencakup:

1) Pengujian Unit (*Unit Testing*)

Pengujian unit dilakukan untuk menguji bagian terkecil dari aplikasi (fungsi, metode, atau modul) untuk memastikan mereka berfungsi dengan benar. Alat yang digunakan pada pengujian ini adalah JUnit, PyTest, Mocha. Pada pengujian ini bertujuan untuk mengidentifikasi bug lebih awal dalam siklus

pengembangan dan memastikan setiap unit kode berfungsi dengan benar.

2) Pengujian Integrasi (*Integration Testing*)

Pengujian ini menguji kombinasi beberapa modul atau komponen untuk memastikan bahwa mereka bekerja dengan baik satu sama lain. Alat yang digunakan pada pengujian ini adalah TestNG, Postman untuk API testing. Pada pengujian ini bertujuan untuk Memastikan bahwa berbagai komponen sistem dapat berintegrasi dengan baik dan tidak ada konflik atau kesalahan dalam alur kerja mereka.

3) Pengujian Sistem (*System Testing*)

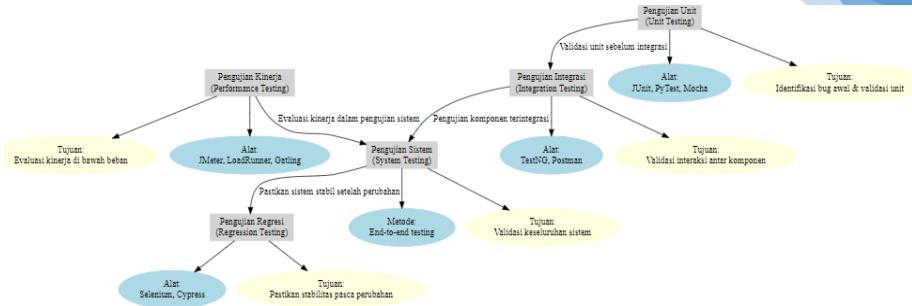
Pengujian sistem dilakukan pada seluruh aplikasi untuk memastikan bahwa sistem memenuhi semua persyaratan fungsional dan non-fungsional. Metode yang digunakan pada pengujian ini adalah end-to-end, metode ini digunakan untuk mengevaluasi sistem secara keseluruhan. Tujuan dari pengujian ini adalah memastikan bahwa seluruh sistem berfungsi dengan baik sebagai satu kesatuan.

4) Pengujian Regresi (*Regression Testing*)

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa pembaruan atau perbaikan bug tidak merusak fungsionalitas yang ada. Alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah Selenium, Cypress untuk automasi pengujian regresi. Tujuan dari pengujian ini adalah memastikan stabilitas sistem setelah perubahan kode atau pembaruan fitur.

5) Pengujian Kinerja (*Performance Testing*)

Pengujian ini mengevaluasi respons, stabilitas, dan skalabilitas sistem di bawah beban kerja yang bervariasi. Alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah JMeter, LoadRunner, Gatling. Tujuan pengujian ini adalah memastikan sistem tetap responsif dan stabil meskipun dalam kondisi beban tinggi.



Gambar 7.1.2 Strategi Pengujian Kinerja

3. Alat dan Teknologi Pengujian yang Digunakan

Berbagai alat pengujian digunakan untuk mendukung strategi pengujian ini, termasuk:

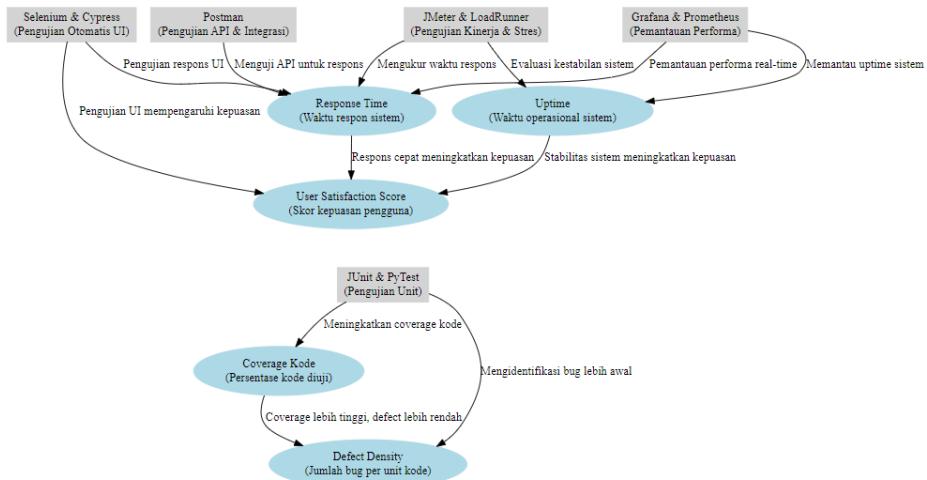
- Selenium dan Cypress untuk pengujian otomatis antarmuka pengguna (UI).
- JUnit dan PyTest untuk pengujian unit.
- JMeter dan LoadRunner untuk pengujian kinerja dan stres.
- Postman untuk pengujian API dan integrasi.
- Grafana dan Prometheus untuk pemantauan performa sistem secara berkelanjutan.

4. Metrik Pengujian yang Digunakan

Beberapa metrik digunakan untuk mengevaluasi hasil pengujian dan kinerja sistem:

- *Coverage Kode* merupakan persentase kode yang diuji selama pengujian unit.
- *Defect Density* merupakan jumlah bug yang ditemukan per unit kode.
- *Response Time* merupakan waktu yang dibutuhkan sistem untuk merespons permintaan pengguna.
- *Uptime* merupakan persentase waktu sistem beroperasi tanpa gangguan.

- User Satisfaction Score (USS) merupakan skor kepuasan pengguna yang diukur selama pengujian penerimaan pengguna (UAT).



Gambar 7.1 3 Strategi Metrik Pengujian

5. Kesimpulan dari Strategi Pengujian

Strategi pengujian aplikasi ini memastikan bahwa semua aspek dari LENTERAMU diuji secara menyeluruh, dari pengujian unit hingga pengujian sistem penuh, dengan menggunakan kombinasi pengujian manual dan otomatis. Strategi ini dirancang untuk memastikan bahwa sistem memenuhi semua spesifikasi, aman, berkinerja baik, dan siap untuk digunakan oleh pengguna akhir.

7.2 Pengujian Fungsional dan Non-Fungsional

Pengujian Fungsional dan Non-Fungsional merupakan dua kategori utama dalam pengujian perangkat lunak yang digunakan untuk memastikan bahwa LENTERAMU bekerja sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Pengujian ini mencakup evaluasi terhadap semua aspek sistem, mulai dari fungsionalitas dasar hingga aspek kinerja,

keandalan, keamanan, dan skalabilitas. Dengan melakukan pengujian fungsional dan non-fungsional, kita dapat memastikan bahwa sistem tidak hanya bekerja dengan benar, tetapi juga memenuhi standar kualitas tinggi untuk digunakan di lingkungan pendidikan.

1. Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional bertujuan untuk memeriksa apakah semua fitur dan fungsi dari sistem beroperasi seperti yang diharapkan. Pengujian ini berfokus pada apa yang dilakukan oleh sistem, memastikan bahwa setiap fitur dan modul memenuhi persyaratan yang telah ditentukan. Berikut adalah komponen utama dari pengujian fungsional:

1) Pengujian Modul Utama Sistem

Menguji fungsi dari setiap modul utama dalam sistem, seperti Modul Analisis Data Siswa, Modul Personalisasi Konten, dan Modul Umpam Balik Adaptif. Metode yang digunakan adalah Pengujian unit (unit testing) untuk memastikan bahwa setiap unit kode (fungsi, metode, kelas) berfungsi dengan benar dan Pengujian integrasi (integration testing) untuk memastikan bahwa modul-modul dapat berinteraksi satu sama lain tanpa masalah. Contoh Pengujian unit yaitu memastikan Modul Personalisasi Konten dapat merekomendasikan materi pembelajaran yang sesuai berdasarkan analisis data siswa. Sedangkan contoh pengujian integrasi yaitu menguji Modul Umpam Balik Adaptif untuk memberikan umpan balik yang tepat berdasarkan kinerja siswa.

2) Pengujian Alur Kerja Pengguna (*User Workflow Testing*)

Memeriksa apakah alur kerja pengguna (siswa, guru, administrator) berjalan dengan lancar sesuai skenario yang diharapkan, mulai dari login hingga menyelesaikan tugas spesifik. Metode yang digunakan adalah Pengujian berbasis skenario (scenario-based testing) yang meniru skenario pengguna nyata, seperti siswa mengakses materi, menyelesaikan evaluasi, dan menerima umpan balik. Contoh

Pengujian berbasis skenario yaitu memastikan bahwa siswa dapat melihat konten yang direkomendasikan dan mengikuti evaluasi tanpa masalah navigasi atau kegagalan fungsi.

- 3) Pengujian Antarmuka Pengguna (*UI Testing*)
Menguji antarmuka pengguna untuk memastikan semua elemen visual dan interaksi pengguna bekerja dengan baik. Ini mencakup pengujian responsivitas, navigasi, dan keterbacaan. Metode yang digunakan adalah Pengujian manual untuk memeriksa aspek visual dan Pengujian otomatis menggunakan alat seperti Selenium atau Cypress untuk pengujian alur UI secara keseluruhan. Contoh pengujian manual dan pengujian otomatis yaitu memastikan bahwa tombol, formulir, dan tautan di dashboard pengguna berfungsi dengan benar dan tampil dengan baik di berbagai perangkat.
- 4) Pengujian API dan Integrasi Sistem (*API and System Integration Testing*)
Menguji *Application Programming Interfaces* (API) dan integrasi antar komponen sistem untuk memastikan data mengalir dengan benar dan sesuai protokol. Metode yang digunakan yaitu menggunakan alat seperti Postman atau JMeter untuk menguji API, mengukur kinerja dan ketahanan terhadap berbagai permintaan. Contoh dari pengujian tersebut yaitu memastikan API yang mengirim data antara Modul Analisis Data Siswa dan Modul Personalisasi Konten bekerja dengan benar dan cepat.
- 5) Pengujian Validasi Masukan dan Keamanan Data (*Input Validation and Data Security Testing*)
Memeriksa validasi input untuk mencegah entri data yang tidak valid atau berbahaya, serta memastikan data yang dikirim dan diterima aman. Metode yang digunakan adalah Pengujian validasi input untuk memastikan setiap masukan pengguna diverifikasi dan Pengujian keamanan data seperti enkripsi data saat transit dan penyimpanan. Contoh

Pengujian tersebut yaitu menguji bahwa formulir input tidak menerima data yang tidak valid dan data sensitif, seperti kata sandi, dienkripsi dengan benar.

2. Pengujian Non-Fungsional

Pengujian non-fungsional bertujuan untuk mengevaluasi aspek sistem yang tidak terkait langsung dengan fungsi, seperti kinerja, keandalan, keamanan, dan skalabilitas. Ini berfokus pada bagaimana sistem bekerja di berbagai kondisi. Berikut adalah komponen utama dari pengujian non-fungsional:

1) Pengujian Kinerja (*Performance Testing*)

Menguji respons sistem, stabilitas, dan skalabilitas di bawah beban kerja yang berbeda untuk memastikan bahwa sistem dapat menangani jumlah pengguna dan transaksi yang diharapkan. Metode yang digunakan yaitu Pengujian beban (*load testing*) untuk mengukur kinerja sistem di bawah beban normal dan tinggi dan Pengujian stres (*stress testing*) untuk mengevaluasi batas maksimum kemampuan sistem serta Pengujian lonjakan (*spike testing*) untuk menguji respon sistem terhadap perubahan beban secara tiba-tiba. Alat yang digunakan untuk pengujian tersebut adalah JMeter, LoadRunner, Gatling. Contoh Pengujian tersebut adalah mengukur waktu respons sistem ketika 1.000 siswa mengakses konten dan melakukan evaluasi secara bersamaan.

2) Pengujian Keandalan (*Reliability Testing*)

Menguji kemampuan sistem untuk beroperasi dengan benar selama periode waktu yang lama tanpa mengalami kegagalan. Metode yang digunakan yaitu Pengujian daya tahan (*endurance testing*) untuk mengukur stabilitas sistem selama penggunaan yang berkepanjangan. Contoh pengujian tersebut adalah menguji sistem untuk berjalan selama 48 jam tanpa henti dan memeriksa apakah ada kebocoran memori atau penurunan kinerja.

3) Pengujian Keamanan (*Security Testing*)

Menguji aspek keamanan sistem untuk mengidentifikasi potensi kerentanan dan memastikan perlindungan terhadap serangan siber. Metode yang digunakan yaitu Pengujian penetrasi (penetration testing) untuk mengevaluasi pertahanan sistem terhadap serangan dan Pengujian kerentanan (vulnerability scanning) untuk mendeteksi celah keamanan. Alat yang Digunakan untuk pengujian tersebut adalah Nessus, OWASP ZAP, Burp Suite. Contoh Pengujian tersebut yaitu menguji kerentanan sistem terhadap serangan injeksi SQL atau XSS (*Cross-Site Scripting*).

4) Pengujian Skalabilitas (*Scalability Testing*)

Menguji kemampuan sistem untuk diskalakan secara horizontal atau vertikal untuk menangani beban kerja yang meningkat. Metode yang digunakan adalah mengukur bagaimana penambahan server atau peningkatan kapasitas sistem mempengaruhi kinerja. Contoh pengujian tersebut yaitu menguji respons waktu dan throughput ketika sistem ditingkatkan dari 10 server menjadi 20 server.

5) Pengujian Kegunaan (*Usability Testing*)

Menguji kegunaan sistem dari perspektif pengguna akhir untuk memastikan bahwa antarmuka pengguna intuitif dan mudah digunakan. Metode yang digunakan yaitu melakukan observasi langsung dan wawancara pengguna, pengujian A/B, dan survei kepuasan pengguna. Contoh pengujian tersebut yaitu meminta sekelompok siswa dan guru untuk menyelesaikan tugas tertentu dan mengumpulkan umpan balik mereka tentang kemudahan penggunaan.

6) Pengujian Kompatibilitas (*Compatibility Testing*)

Menguji kompatibilitas sistem dengan berbagai perangkat keras, sistem operasi, browser web, dan versi perangkat lunak. Metode yang digunakan adalah pengujian di berbagai lingkungan perangkat keras dan perangkat lunak. Contoh pengujian tersebut yaitu memastikan bahwa aplikasi

berfungsi dengan baik di berbagai versi browser seperti Chrome, Firefox, Safari, dan Edge.

3. Kesimpulan dari Pengujian Fungsional dan Non-Fungsional

Pengujian fungsional dan non-fungsional adalah bagian integral dari strategi pengujian keseluruhan untuk LENTERAMU. Pengujian fungsional memastikan bahwa semua fitur bekerja sesuai dengan spesifikasi, sementara pengujian non-fungsional memastikan bahwa sistem memenuhi standar kinerja, keamanan, dan keandalan yang tinggi. Dengan melakukan kedua jenis pengujian ini secara komprehensif, sistem dapat dioptimalkan untuk memberikan pengalaman pengguna yang berkualitas tinggi dan berkelanjutan.

Formulir berikut dapat digunakan oleh tim QA (Quality Assurance) untuk melacak hasil pengujian, mengidentifikasi bug, dan mencatat tindakan korektif yang diperlukan.

Tabel Formulir Pengujian Fungsional

Table 7.2 2 Formulier Pengujian Fungsional

No.	Nama Pengujian	Deskripsi Pengujian	Langkah Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status (Lulus/Gagal)	Komentar/Deskrip	Tindakan Korektif	Pengujian	Tanggal
1	Pengujian Modul Personalisasi Konten	Memastikan rekomendasi konten pembelajaran sesuai dengan analisis data siswa.	1. Login sebagai siswa. 2. Akses dashboard dan lihat rekomendasi konten. 3. Bandingkan rekomendasi	Konten yang direkomendasikan sesuai dengan kebutuhan dan preferensi siswa.						

			dengan data profil siswa dan histori belajar.								
2	Pengujian Alur Kerja Siswa	Memastikan siswa dapat mengikuti alur kerja dari login hingga evaluasi tanpa kesalahan.	1. Login sebagai siswa. 2. Akses materi pembelajaran yang direkomendasikan. 3. Ikuti evaluasi. 4. Cek hasil dan umpan balik.	Tidak ada kesalahan pada setiap langkah alur kerja.							
3	Pengujian Antarmuka Pengguna (UI)	Memastikan elemen UI seperti tombol,	1. Akses halaman dashboard pada	Semua elemen UI berfungsi dengan							

		tautan, dan formulir berfungsi dengan baik di berbagai perangkat.	perangkat desktop dan mobile. 2. Klik setiap tombol dan tautan. 3. Isi dan kirimkan semua formulir yang tersedia.	benar di semua perangkat.							
4	Pengujian API dan Integrasi Sistem	Memastikan API yang digunakan dalam integrasi sistem bekerja dengan benar dan cepat.	1. Kirim permintaan API dari Modul Analisis Data Siswa ke Modul Personalisasi Konten. 2. Cek respon waktu dan	Data dikembalikan dengan benar dan dalam waktu yang singkat (< 500ms).							

			validitas data yang dikembalikan oleh API.									
5	Pengujian Validasi Input Pengguna	Memastikan input pengguna divalidasi dengan benar untuk mencegah entri data yang tidak valid atau berbahaya.	1. Coba masukkan data yang salah (misalnya, email tidak valid) di formulir registrasi. 2. Klik submit.	Kesalahan validasi muncul untuk input yang tidak valid.								

Tabel Formulir Pengujian Non-Fungsional

Table 7.2 3 Formulir Pengujian Non-Fungsional

No.	Nama Pengujian	Deskripsi Pengujian	Langkah Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status (Lulus/Gagal)	Komentar/Deskrip	Tindakan Korektif	Penguj	Tanggal
1	Pengujian Kinerja (Performance)	Memastikan sistem dapat menangani beban tinggi tanpa penurunan kinerja yang signifikan.	1. Lakukan pengujian beban menggunakan JMeter dengan 1.000 pengguna simultan. 2. Ukur waktu respon dan throughput.	Sistem tetap responsif dengan waktu respon di bawah 1 detik.						

2	Pengujian Keandalan (Reliability)	Memastikan sistem tetap stabil selama penggunaan yang berkepanjangan.	1. Jalankan sistem selama 48 jam tanpa henti dengan aktivitas normal. 2. Monitor penggunaan memori, CPU, dan log kesalahan.	Tidak ada kebocoran memori atau penurunan kinerja signifikan.							
3	Pengujian Keamanan (Security)	Memastikan sistem aman dari serangan siber umum seperti injeksi SQL atau XSS.	1. Lakukan pengujian penetrasi menggunakan OWASP ZAP. 2. Coba serangan injeksi SQL di formulir	Sistem memblokir serangan dan tidak ada akses tidak sah ke data.							

			login. 3. Coba serangan XSS di input pengguna lainnya.									
4	Pengujian Skalabilitas (Scalability)	Memastikan sistem dapat diskalakan untuk menangani peningkatan beban kerja.	1. Tambahkan server baru ke kluster aplikasi. 2. Lakukan pengujian beban dengan jumlah pengguna meningkat secara bertahap.	Sistem menunjukkan peningkatan performa yang proporsional dengan penambahan server.								

5	Pengujian Kegunaan (Usability)	Memastikan antarmuka pengguna intuitif dan mudah digunakan oleh pengguna akhir.	1. Minta siswa dan guru mencoba menyelesaikan tugas tertentu di aplikasi. 2. Kumpulkan umpan balik tentang pengalaman mereka dan catat masalah navigasi atau UI.	Pengguna merasa nyaman dengan UI dan dapat menyelesaikan tugas tanpa bantuan tambahan.							
---	--------------------------------	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--

Keterangan:

- Status: Diisi dengan "Lulus" atau "Gagal" setelah pengujian dilakukan.
- Komentar/Deskripsi Bug: Menggambarkan masalah yang ditemukan selama pengujian jika hasilnya "Gagal".
- Tindakan Korektif: Mencatat langkah-langkah yang diambil untuk memperbaiki masalah yang ditemukan.
- Penguji: Nama orang yang melakukan pengujian.
- Tanggal: Tanggal pengujian dilakukan.

7.3 Uji Coba Model AI

Uji Coba Model AI berfokus pada evaluasi kinerja model kecerdasan buatan (AI) yang digunakan dalam LENTERAMU. Model AI dalam sistem ini bertanggung jawab untuk menganalisis data siswa, merekomendasikan konten pembelajaran, memberikan umpan balik adaptif, dan mendukung berbagai keputusan pembelajaran. Uji coba model AI bertujuan untuk memastikan bahwa model tersebut memiliki akurasi tinggi, mampu generalisasi dengan baik pada data baru, dan memenuhi tujuan pembelajaran adaptif yang diinginkan.

1. Tahapan Uji Coba Model AI

Uji coba model AI melibatkan beberapa tahap untuk menguji dan memvalidasi kinerja model dengan menggunakan berbagai metrik evaluasi. Berikut adalah tahapan utama dalam uji coba model AI:

1) Persiapan Data Uji dan Validasi

Sebelum melakukan uji coba, data uji dan validasi disiapkan untuk memastikan bahwa data tersebut representatif dan tidak bias. Data dibagi menjadi dataset pelatihan, validasi, dan uji untuk memastikan model mampu belajar dari data pelatihan dan generalisasi pada data baru. Metode yang digunakan adalah Train-Test Split, metode ini membagi dataset menjadi data pelatihan dan data uji (misalnya, 80% pelatihan, 20% uji) untuk memastikan model dilatih dan diuji pada data yang berbeda dan K-Fold Cross-Validation, metode

ini membagi data menjadi beberapa subset (folds) dan melakukan pelatihan serta validasi pada berbagai kombinasi untuk memastikan model memiliki generalisasi yang baik. Tujuan tahap ini adalah memastikan data uji representatif dan valid sehingga hasil uji coba model dapat diandalkan.

2) Pelatihan Model (*Model Training*)

Melibatkan pelatihan model menggunakan dataset pelatihan yang telah disiapkan. Model dilatih dengan berbagai algoritma, seperti Collaborative Filtering untuk rekomendasi konten, Reinforcement Learning untuk umpan balik adaptif, dan klasifikasi untuk penilaian performa siswa. Metode model ini adalah dengan menggunakan algoritma seperti Decision Trees, Random Forest, Neural Networks, dan Collaborative Filtering dan melakukan Hyperparameter Tuning untuk menemukan kombinasi parameter yang menghasilkan kinerja terbaik. Tujuannya yaitu menghasilkan model AI yang memiliki akurasi tinggi dan mampu melakukan tugas-tugas pembelajaran adaptif dengan efektif.

3) Pengujian dan Evaluasi Model (*Model Testing and Evaluation*)

Setelah pelatihan, model dievaluasi menggunakan data uji yang tidak terlihat selama pelatihan untuk mengukur performa dan kemampuan generalisasi model. Metode yang digunakan yaitu:

- Metrik Evaluasi merupakan metodologi terstruktur untuk menilai dan membandingkan berbagai opsi atau inisiatif.
- Akurasi (*Accuracy*) merupakan proporsi prediksi yang benar terhadap total prediksi.
- Presisi (*Precision*) merupakan proporsi prediksi positif yang benar terhadap semua prediksi positif.
- *Recall* merupakan proporsi prediksi positif yang benar terhadap semua data yang benar-benar positif.

- F1-Score merupakan harmonik rata-rata dari presisi dan recall, digunakan untuk menyeimbangkan keduanya.
- AUC-ROC (*Area Under Curve - Receiver Operating Characteristics*) merupakan Digunakan untuk mengevaluasi kemampuan model dalam membedakan kelas.
- RMSE (*Root Mean Squared Error*) merupakan Mengukur kesalahan antara prediksi model dan nilai aktual untuk masalah regresi.
- *Confusion Matrix* merupakan menyediakan representasi visual dari kinerja klasifikasi model, menunjukkan jumlah prediksi benar dan salah untuk setiap kelas.

Tujuan dari model ini yaitu memastikan model AI dapat memprediksi hasil dengan akurat, memberikan rekomendasi yang relevan, dan berfungsi secara optimal dalam situasi nyata.

4) Analisis Error dan Perbaikan Model (*Error Analysis and Model Improvement*)

Tahap ini melibatkan analisis kesalahan (error) yang dihasilkan oleh model untuk mengidentifikasi pola kesalahan dan area di mana model tidak berfungsi dengan baik. Berdasarkan analisis ini, perbaikan dilakukan pada model.

Metode yang digunakan model ini adalah sebagai berikut:

- Analisis Confusion Matrix untuk mengidentifikasi kelas yang memiliki tingkat kesalahan tinggi.
- Residual Analysis untuk mengevaluasi kesalahan dalam prediksi regresi.
- Model Tuning dengan mengubah hyperparameter atau mengubah arsitektur model (misalnya, penambahan layer dalam neural network) untuk memperbaiki performa.

Tujuan dari model ini yaitu mengidentifikasi kelemahan model dan meningkatkan kinerja model dengan memperbaiki kelemahan yang teridentifikasi.

5) Validasi Model dengan Data Dunia Nyata (*Real-World Data Validation*)

Setelah model dioptimalkan, model divalidasi dengan data dunia nyata untuk memastikan performa di lingkungan produksi. Metode model ini adalah menggunakan data pengguna yang sebenarnya dari sistem yang berjalan (misalnya, interaksi siswa dengan konten pembelajaran) untuk menguji kembali model dan membandingkan hasil prediksi model dengan hasil aktual yang diamati di lingkungan nyata. Tujuannya yaitu memastikan model bekerja dengan baik dalam situasi nyata dan siap untuk diimplementasikan di lingkungan produksi.

6) Pembaruan dan Penerapan Model (*Model Update and Deployment*)

Setelah model berhasil divalidasi, model diterapkan ke dalam sistem produksi. Pembaruan dilakukan secara berkala berdasarkan data baru yang dikumpulkan dan analisis yang terus diperbarui. Metode model ini adalah menggunakan Continuous Integration/Continuous Deployment (CI/CD) pipeline untuk pembaruan model yang otomatis dan melakukan pembaruan model dengan retraining menggunakan data terbaru untuk menangani konsep drift. Tujuannya adalah Memastikan model AI tetap relevan dan berkinerja baik seiring waktu dengan pembaruan yang kontinu.

2. Metrik Evaluasi yang Digunakan dalam Uji Coba Model AI

Untuk mengevaluasi model AI, beberapa metrik digunakan untuk memastikan model memenuhi kriteria kinerja yang diharapkan:

- 1) Akurasi (Accuracy) mengukur seberapa sering model membuat prediksi yang benar. Cocok untuk dataset yang seimbang.
- 2) Presisi (*Precision*) dan *Recall*: cocok untuk dataset yang tidak seimbang; presisi digunakan ketika biaya false positive tinggi, dan recall digunakan ketika biaya false negative tinggi.
- 3) F1-Score digunakan ketika ada kebutuhan untuk menyeimbangkan antara presisi dan recall.
- 4) AUC-ROC berguna untuk mengevaluasi model klasifikasi ketika ada kebutuhan untuk memahami trade-off antara true positive rate dan false positive rate.
- 5) RMSE digunakan untuk mengukur kesalahan prediksi dalam masalah regresi, semakin rendah nilai RMSE, semakin baik model.

3. Hasil dari Uji Coba Model AI

Hasil dari uji coba model AI digunakan untuk:

- 1) Menentukan Kelayakan Model digunakan untuk mengukur apakah model memenuhi kriteria performa untuk diimplementasikan.
- 2) Mengidentifikasi Area untuk Perbaikan. Melalui analisis error dan perbaikan model, tim pengembangan dapat memahami area yang memerlukan perbaikan lebih lanjut.
- 3) Memastikan Kesiapan Produksi merupakan hasil uji coba untuk membantu dalam memastikan bahwa model AI siap untuk diterapkan di lingkungan produksi dan mampu menangani data dunia nyata dengan akurat.

4. Kesimpulan dari Uji Coba Model AI

Uji coba model AI adalah proses kritis yang melibatkan pengujian, evaluasi, dan perbaikan model secara iteratif untuk memastikan performa terbaik. Dengan melakukan pengujian yang komprehensif menggunakan data uji dan validasi yang representatif, model AI

dalam LENTERAMU dapat dioptimalkan untuk memberikan prediksi yang akurat, rekomendasi konten yang relevan, dan umpan balik adaptif yang bermanfaat bagi pengguna.

Formulir berikut akan mencakup aspek-aspek penting dari pengujian model AI, seperti metrik evaluasi, hasil pengujian, dan analisis kesalahan. Formulir ini dapat digunakan oleh tim data scientist atau machine learning engineer untuk melacak hasil pengujian model, mengidentifikasi area untuk perbaikan, dan memastikan model siap untuk implementasi

Tabel Formulir Pengujian Model AI

Berikut adalah contoh format formulir pengujian yang dapat digunakan:

Table 7.3 1 Formulir Pengujian Model AI

No.	Nama Pengujian	Deskripsi Pengujian	Dataset yang Digunakan	Metriks Evaluasi	Hasil Pengujian	Interpretasi Hasil	Analisis Kesalahan (Error Analysis)	Tindakan Korektif	Pengujian	Tanggal
1	Pengujian Akurasi Model Rekomendasi	Menguji akurasi model rekomendasi konten (Collaborative Filtering) untuk mempers	Data interaksi siswa, histori pembelajaran	Akurasi , Presisi, Recall, F1-Score	Akurasi : 0.87 Presisi: 0.85 Recall: 0.88 F1-Score: 0.86	Hasil menunjukkan bahwa model memiliki performa yang baik, namun	Analisis menunjukkan bahwa model sering merekomendasikan konten serupa tanpa variasi. Perlu dilakukan	Melakukan hyperparameter tuning dan menambah variasi konten dalam rekomendasi.		

		onalisasi pembelajaran.				presisi sedikit lebih rendah daripada recall, mengindikasikan adanya false positive yang lebih tinggi.	diversifikasi rekomendasi.			
2	Pengujian Model Klasifikasi Kinerja Siswa	Menguji kemampuan model klasifikasi untuk mengelompokkan siswa berdasarkan kinerja	Hasil evaluasi siswa, data demografi siswa	Akurasi , Confusion Matrix, AUC-ROC	Akurasi : 0.75 AUC-ROC: 0.82	Meskipun AUC-ROC menunjukkan model dapat membedakan kelas	Model cenderung mengklasifikasikan siswa dalam kelas mayoritas. Oversampling atau class balancing perlu	Menerapkan teknik oversampling atau class balancing seperti SMOTE.		

		mereka dalam evaluasi.				dengan baik, akurasi yang lebih rendah menunjukkan potensi overfitting pada kelas mayoritas.	dipertimbangkan.			
3	Pengujian Model Umpan Balik Adaptif	Menguji efektivitas model Reinforcement Learning dalam memberikan umpan balik	Data evaluasi dan interaksi siswa dengan konten pembelajaran	Reward Rate, Cumulative Reward: 1500 Average Steps: 4.5	Cumulative Reward, Average Steps:	Hasil menunjukkan bahwa model RL memberikan umpan balik yang	Model membutuhkan terlalu banyak langkah untuk mencapai hasil optimal, mengindikasikan inefisiensi dalam eksplorasi.	Menyesuaikan parameter learning rate dan epsilon decay untuk meningkatkan		

		adaptif berdasarkan interaksi siswa.				efektif dalam jangka panjang, tetapi butuh lebih banyak langkah untuk mencapai reward optimal.		efisiensi model RL.		
4	Pengujian Model Regresi Prediksi Skor	Menguji model regresi untuk memprediksi skor siswa pada evaluasi mendatang	Data historis siswa, perilaku interaksi dengan konten	RMSE, MAE (Mean Absolute Error), R ²	RMSE: 4.5 MAE: 3.8 R ² : 0.70	RMSE yang moderat menunjukkan prediksi cukup baik, namun error prediksi	Error analisis menunjukkan prediksi lebih rendah untuk siswa dengan performa sangat tinggi atau rendah. Perlu dilakukan feature scaling	Melakukan feature scaling dan menambah fitur baru seperti waktu belajar atau motivasi siswa.		

		berdasarkan data historis dan perilaku belajar.				perlu diturunkan untuk hasil yang lebih akurat.	atau feature engineering.			
5	Pengujian Generalisasi Model	Menguji kemampuan model untuk generalisasi pada data baru yang tidak terlihat selama pelatihan.	Data uji yang baru diambil dari sistem produksi	Akurasi ' Presisi, Recall, F1-Score	Akurasi : 0.70 F1-Score: 0.68	Hasil menunjukkan penurunan performa pada data baru, yang bisa mengindikasikan adanya konsep drift.	Data baru memiliki pola berbeda dibanding data pelatihan. Memerlukan retraining dengan data baru yang diperoleh.	Menambahkan data baru ke dalam proses pelatihan model untuk retraining.		

Penjelasan Kolom Formulir Pengujian Model AI

- No.: Nomor urut pengujian.
- Nama Pengujian: Nama deskriptif untuk pengujian yang dilakukan.
- Deskripsi Pengujian: Penjelasan singkat mengenai tujuan dan fokus dari pengujian.
- Dataset yang Digunakan: Deskripsi tentang dataset yang digunakan dalam pengujian (misalnya, data pelatihan, data uji, data validasi).
- Metrik Evaluasi: Metrik yang digunakan untuk mengevaluasi kinerja model, seperti Akurasi, Presisi, Recall, F1-Score, RMSE, dll.
- Hasil Pengujian: Hasil pengujian dengan nilai metrik yang dihitung.
- Interpretasi Hasil: Penjelasan mengenai hasil yang diperoleh, termasuk potensi masalah atau keberhasilan model.
- Analisis Kesalahan (Error Analysis): Deskripsi mengenai jenis kesalahan yang sering terjadi atau area yang perlu perbaikan berdasarkan hasil pengujian.
- Tindakan Korektif: Tindakan yang diusulkan untuk meningkatkan kinerja model berdasarkan analisis kesalahan.
- Penguji: Nama anggota tim yang melakukan pengujian.
- Tanggal: Tanggal pengujian dilakukan.

7.4 Pengujian Pengguna (User Acceptance Testing)

Pengujian Pengguna (*User Acceptance Testing - UAT*) adalah tahap pengujian di mana pengguna akhir (siswa, guru, dan administrator) berinteraksi langsung dengan LENTERAMU untuk memastikan bahwa sistem memenuhi kebutuhan dan harapan mereka. UAT merupakan langkah penting sebelum peluncuran sistem secara luas, karena pengujian ini memvalidasi fungsionalitas, kegunaan, dan keseluruhan pengalaman pengguna dari perspektif pengguna akhir.

1. Tujuan Pengujian Pengguna (UAT)

Tujuan dari Pengujian Pengguna adalah untuk:

- 1) Memastikan Kepatuhan Terhadap Persyaratan Pengguna
Memverifikasi bahwa sistem yang dikembangkan sesuai dengan kebutuhan dan ekspektasi pengguna akhir yang telah ditentukan dalam tahap analisis kebutuhan.
- 2) Mengevaluasi Pengalaman Pengguna (*User Experience - UX*)
Memastikan bahwa antarmuka pengguna (UI) intuitif, mudah digunakan, dan menyediakan navigasi yang lancar, sehingga meminimalkan hambatan dalam penggunaan sistem.
- 3) Mengidentifikasi Potensi Masalah yang Tidak Terdeteksi oleh Pengujian Teknis
Menemukan bug atau masalah yang mungkin tidak ditemukan dalam pengujian teknis, seperti pengujian fungsional atau non-fungsional. Ini termasuk masalah terkait interaksi manusia dengan sistem, misalnya, ketidakjelasan pesan kesalahan atau kesulitan navigasi.
- 4) Memvalidasi Kesiapan Sistem untuk Peluncuran
Memastikan bahwa sistem siap digunakan di lingkungan nyata dan semua masalah kritis telah diselesaikan sebelum sistem diimplementasikan secara penuh.

2. Metodologi Pengujian Pengguna (UAT)

Pengujian Pengguna dilakukan dengan melibatkan pengguna akhir yang sebenarnya (siswa, guru, dan administrator) dalam skenario penggunaan yang realistik. Metodologi yang diterapkan dalam UAT meliputi:

- 1) Persiapan Skenario Pengujian
Menyusun skenario pengujian berdasarkan skenario penggunaan dunia nyata yang mencakup alur kerja pengguna utama, seperti siswa mengakses materi pembelajaran, guru mengelola kelas, dan administrator melakukan konfigurasi sistem. Untuk lebih jelasnya berikut contoh persiapan skenario pengujian:

- Siswa melakukan login, mengakses materi yang direkomendasikan, mengikuti kuis, dan menerima umpan balik.
 - Guru mengunggah konten pembelajaran baru, menyusun evaluasi, dan memantau hasil kinerja siswa.
 - Administrator mengelola pengguna, melakukan backup sistem, dan mengatur hak akses.
- 2) Pemilihan Pengguna Uji (*Test Participants Selection*)
Memilih sekelompok pengguna representatif yang mencerminkan berbagai jenis pengguna akhir dalam sistem (misalnya, siswa dari berbagai tingkat kelas, guru dari berbagai subjek, dan administrator dengan berbagai peran) yang bertujuan untuk memastikan bahwa semua jenis pengguna dan skenario penggunaan tercakup dalam pengujian.
- 3) Pelaksanaan Pengujian (*Test Execution*)
Melaksanakan pengujian berdasarkan skenario yang telah disiapkan. Pengguna akhir akan mengikuti skenario tersebut dan memberikan umpan balik berdasarkan pengalaman mereka. Metode yang digunakan untuk pelaksanaan pengujian yaitu Pengujian langsung dengan observasi oleh tim QA dan Pengujian jarak jauh melalui platform kolaborasi (misalnya, Zoom, Microsoft Teams) untuk mencatat interaksi dan reaksi pengguna. Alat yang Digunakan untuk melakukan pengujian tersebut adalah Formulir UAT, alat pencatatan umpan balik (*feedback tools*), dan alat perekaman sesi untuk analisis lebih lanjut.
- 4) Pengumpulan dan Analisis Umpan Balik (*Feedback Collection and Analysis*)
 - Deskripsi: Mengumpulkan umpan balik dari pengguna akhir melalui kuesioner, wawancara, atau diskusi kelompok terfokus (*focus group discussions*). Umpan balik ini digunakan untuk mengevaluasi

- kepuasan pengguna, memahami masalah yang dihadapi, dan mengidentifikasi area untuk perbaikan.
- Metode:
 - Kuesioner berbasis skala Likert untuk mengevaluasi pengalaman pengguna secara kuantitatif.
 - Sesi wawancara atau diskusi untuk mendapatkan wawasan kualitatif yang lebih mendalam tentang pengalaman pengguna.
 - Tujuan: Mendapatkan pemahaman yang komprehensif tentang kepuasan pengguna dan area yang memerlukan peningkatan.
- 5) Penilaian Hasil UAT (UAT Results Assessment)
- Menilai hasil pengujian berdasarkan umpan balik pengguna dan metrik kinerja yang telah ditentukan, seperti kemudahan penggunaan, kelengkapan fungsional, dan waktu penyelesaian tugas. Adapun metrik evaluasi penilaian hasil UAT yaitu:
- User Satisfaction Score (USS): Menilai tingkat kepuasan pengguna secara keseluruhan.
 - Task Completion Rate: Persentase tugas yang berhasil diselesaikan oleh pengguna.
 - Error Rate: Jumlah kesalahan yang dialami pengguna saat menyelesaikan tugas.
- Penilaian Hasil UAT bertujuan untuk menentukan apakah sistem sudah siap untuk diluncurkan atau memerlukan perbaikan lebih lanjut.
- 6) Tindakan Perbaikan dan Iterasi Pengujian (*Corrective Actions and Testing Iterations*)
- Berdasarkan hasil UAT, tindakan perbaikan dilakukan terhadap masalah atau umpan balik negatif yang ditemukan. Setelah perbaikan, pengujian ulang dilakukan untuk memastikan bahwa masalah telah terselesaikan. Adapun

Langkah-langkah Tindakan Perbaikan dan Iterasi Pengujian yaitu:

- Melakukan perbaikan terhadap bug atau masalah yang dilaporkan.
- Melakukan pengujian ulang dengan peserta UAT yang sama atau yang baru untuk memverifikasi bahwa masalah telah diselesaikan.

Tindakan Perbaikan dan Iterasi Pengujian bertujuan untuk memastikan bahwa sistem bebas dari masalah kritis sebelum peluncuran dan pengalaman pengguna telah dioptimalkan.

3. Contoh Skenario Pengujian UAT

Berikut adalah beberapa contoh skenario pengujian yang dapat diterapkan dalam UAT:

1) Skenario untuk Siswa

Adapun Langkah-langkah dari Skenario Siswa adalah sebagai berikut:

- a. Login ke sistem.
- b. Akses dashboard dan pilih materi pembelajaran yang direkomendasikan.
- c. Selesaikan kuis yang tersedia.
- d. Tinjau umpan balik yang diberikan oleh sistem.

Tujuan dari skenario ini adalah untuk memastikan siswa dapat dengan mudah menavigasi sistem, mengakses konten pembelajaran, menyelesaikan evaluasi, dan memahami umpan balik yang diberikan.

2) Skenario untuk Guru

Adapun Langkah-langkah dari Skenario Guru adalah sebagai berikut:

- a. Login ke sistem sebagai guru.
- b. Unggah konten pembelajaran baru dan buat penilaian untuk kelas.
- c. Pantau kinerja siswa melalui laporan.

Tujuan dari skenario ini adalah untuk memastikan guru dapat dengan mudah mengelola konten, membuat penilaian, dan memantau kemajuan siswa.

3) Skenario untuk Administrator

Adapun Langkah-langkah dari Skenario Administrator adalah sebagai berikut:

- a. Login ke sistem sebagai administrator.
- b. Kelola pengguna, termasuk menambah atau menghapus siswa dan guru.
- c. Melakukan backup data dan mengatur hak akses.

Tujuan dari skenario ini adalah untuk memastikan administrator dapat melakukan tugas-tugas manajemen sistem dengan lancar dan aman.

4. Kesimpulan dari Pengujian Pengguna (UAT)

Pengujian Pengguna (UAT) adalah langkah penting untuk memastikan bahwa LENTERAMU memenuhi harapan pengguna akhir dan siap digunakan di lingkungan produksi. Dengan melibatkan pengguna nyata dalam pengujian, tim pengembangan dapat memperoleh wawasan berharga tentang pengalaman pengguna, mengidentifikasi masalah yang belum terdeteksi, dan melakukan perbaikan yang diperlukan untuk meningkatkan kegunaan dan fungsionalitas sistem. Hasil UAT yang berhasil menunjukkan bahwa sistem siap diluncurkan, sementara hasil yang menunjukkan masalah akan mendorong perbaikan lebih lanjut dan iterasi pengujian ulang.

Formulir ini dirancang untuk mencatat hasil dari pengujian pengguna, termasuk skenario pengujian, umpan balik pengguna, dan tindakan perbaikan yang diperlukan. Formulir ini berguna bagi tim QA (Quality Assurance) untuk mengelola proses UAT dan memastikan bahwa semua kebutuhan dan harapan pengguna telah terpenuhi

Tabel Formulir Pengujian Pengguna (User Acceptance Testing - UAT)

Berikut adalah contoh format formulir pengujian UAT:

Table 7.4 1 Formulir Pengujian Pengguna

No.	Skenario Pengujian	Deskripsi Skenario	Langkah Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status (Lulus/Gagal)	Umpam Balik Pengguna	Tindakan Perbaikan yang Diperlukan	Pengujji	Tanggal
1	Siswa Mengakses Konten Pembelajaran	Memastikan siswa dapat mengakses materi yang direkomendasikan dengan mudah di dashboard.	1. Login sebagai siswa. 2. Akses dashboard. 3. Pilih materi pembelajaran yang direkomendasikan.	Siswa dapat melihat dan mengakses materi yang direkomendasikan dengan benar, akses lancar.	Materi tampil dengan benar, akses lancar.	Lulus	Pengguna merasa materi perlu diurutkan berdasarkan tingkat kesulitan.	Tambahkan fitur pengurutan materi berdasarkan tingkat kesulitan.		

2	Guru Membuat Penilaian Baru dan Menilai Kinerja Siswa	Memastikan guru dapat membuat penilaian dan melihat hasil kinerja siswa.	1. Login sebagai guru. 2. Buat penilaian baru dan simpan. 3. Lihat hasil evaluasi siswa setelah mereka menyelesaikan penilaian.	Penilaian dibuat baru dan simpan.	Penilaian dibuat tanpa kesalahan dan hasil evaluasi siswa dapat dilihat oleh guru.	Penilaian berhasil dibuat, hasil siswa tampil.	Lulus	Guru ingin opsi untuk memberikan komentar tambahan pada hasil siswa.	Tambahkan opsi komentar tambahan untuk guru di halaman hasil evaluasi .	
3	Administrator Mengelola Pengguna	Memastikan administrator dapat menambah, menghapus, atau memperbarui (siswa/guru)	1. Login sebagai administrator. 2. Tambahkan pengguna baru	Pengguna ditambah, dihapus, atau diperbarui sesuai permintaan tanpa masalah.	Pengguna berhasil dikelola, semua fungsi OK.	Lulus	Administrator ingin fitur pencarian pengguna lebih cepat.	Optimalkan fitur pencarian pengguna untuk kecepatan		

		pengguna dalam sistem.	. 3. Hapus atau perbarui informasi pengguna.					an dan akurasi.		
4	Siswa Menerima Umpaan Balik Setelah Menyelesaikan Kuis	Memastikan umpan balik adaptif ditampilkan dengan benar kepada siswa setelah menyelesaikan kuis atau tes.	1. Login sebagai siswa. 2. Ikuti kuis. 3. Tinjau umpan balik yang diberikan oleh sistem setelah penyelesaian.	Umpan balik adaptif sesuai dengan hasil kuis siswa dan tampil dengan jelas.	Umpan balik adaptif sesuai, jelas, dan bermanfaat.	Lulus	Siswa ingin mendapatkan tips belajar tambahan untuk perbaikan .	Tambahkan tips belajar tambahan di akhir umpan balik.		
5	Pengguna Menavigasi Sistem dan Menyelesaikan Tugas	Menguji apakah semua pengguna (siswa, guru) dapat menemukan tugas.	1. Login sebagai jenis pengguna tertentu.	Navigasi sistem lancar, dan pengguna dapat menemukan tugas.	Bebberapa pengguna menemukan tugas.	Gagal	Perbaiki tata letak navigasi untuk menghindari kesalahan.	Desain ulang navigasi dan lakukan uji coba.		

	aikan Tugas Utama	guru, administrat or) dapat menavigasi sistem dan menyelesai kan tugas utama.	2. Navigasikan ke berbagai halaman (dashboard, pengaturan, laporan). 3. Selesaikan tugas seperti mengedit profil.	menyelesai kan tugas tanpa hambatan.	ukan navigasi yang membin gungka n.		dari kebingun gan.	penguji an ulang.		
--	-------------------------	--	---	---	--	--	--------------------------	-------------------------	--	--

Keterangan:

- No: Nomor urut pengujian.
- Skenario Pengujian: Nama deskriptif untuk skenario pengujian yang dilakukan.
- Deskripsi Skenario: Penjelasan singkat tentang tujuan dan fokus dari skenario pengujian.
- Langkah Pengujian: Rangkaian langkah yang diikuti pengguna selama pengujian.
- Hasil yang Diharapkan: Deskripsi tentang bagaimana sistem seharusnya berfungsi dalam skenario ini.
- Hasil Pengujian: Ringkasan hasil pengujian dan apakah sistem bekerja sesuai dengan harapan.
- Status (Lulus/Gagal): Menandai apakah pengujian tersebut lulus atau gagal berdasarkan hasil yang diperoleh.
- Umpan Balik Pengguna: Umpan balik langsung dari pengguna akhir mengenai pengalaman mereka saat menggunakan sistem.
- Tindakan Perbaikan yang Diperlukan: Langkah-langkah yang diusulkan untuk memperbaiki masalah atau meningkatkan sistem berdasarkan umpan balik pengguna.
- Penguji: Nama anggota tim yang melakukan pengujian atau mengumpulkan umpan balik pengguna.
- Tanggal: Tanggal pengujian dilakukan

7.5 Validasi dan Hasil Pengujian

Validasi dan Hasil Pengujian adalah langkah terakhir dalam proses pengujian dan validasi sistem yang bertujuan untuk memastikan bahwa LENTERAMU memenuhi semua persyaratan fungsional dan non-fungsional yang telah ditentukan. Sub bab ini akan menjelaskan bagaimana hasil dari berbagai jenis pengujian yang telah dilakukan (termasuk pengujian fungsional, non-fungsional, uji coba model AI, dan UAT) dievaluasi secara menyeluruh untuk memvalidasi kesiapan sistem sebelum peluncuran atau implementasi penuh.

1. Proses Validasi Hasil Pengujian

Proses validasi hasil pengujian melibatkan analisis komprehensif terhadap semua hasil pengujian untuk memastikan bahwa sistem siap digunakan. Berikut adalah tahapan utama dalam proses validasi:

1) Evaluasi Keseluruhan Terhadap Hasil Pengujian Fungsional dan Non-Fungsional

Merupakan kegiatan menganalisis hasil pengujian fungsional untuk memastikan bahwa setiap fitur dan modul berfungsi sesuai spesifikasi. Pengujian non-fungsional dievaluasi untuk memastikan bahwa sistem memenuhi kriteria kinerja, keamanan, keandalan, dan skalabilitas. Adapun Langkah-Langkah dari evaluasi keseluruhan terhadap hasil pengujian fungsional dan non-fungsional adalah sebagai berikut:

- Mereview semua hasil pengujian fungsional untuk mengidentifikasi modul atau fitur yang gagal atau memiliki bug.
- Meninjau hasil pengujian kinerja untuk memastikan waktu respon sistem, stabilitas di bawah beban tinggi, dan kemampuan sistem untuk diskalakan.
- Memeriksa hasil pengujian keamanan untuk memastikan bahwa tidak ada kerentanan yang tersisa dan sistem aman dari serangan siber.

Tujuan evaluasi keseluruhan terhadap hasil pengujian fungsional dan non-fungsional adalah memastikan bahwa semua persyaratan sistem terpenuhi dan tidak ada masalah yang signifikan yang tersisa.

2) Konsolidasi Hasil Uji Coba Model AI

Menilai kinerja model AI berdasarkan hasil uji coba yang dilakukan dengan menggunakan berbagai metrik evaluasi seperti akurasi, presisi, recall, F1-score, dan RMSE. Menentukan apakah model AI telah mencapai tingkat akurasi dan generalisasi yang diperlukan untuk digunakan dalam lingkungan produksi. Adapun Langkah-Langkah dari konsolidasi hasil uji coba model AI adalah sebagai berikut:

- Memeriksa hasil pengujian model AI untuk setiap algoritma yang digunakan (misalnya, Collaborative Filtering, Reinforcement Learning, klasifikasi).
- Membandingkan hasil pengujian dengan standar yang telah ditetapkan untuk memastikan bahwa model memenuhi kriteria kinerja yang diharapkan.

Tujuan konsolidasi hasil uji coba model adalah memastikan bahwa model AI bekerja dengan akurat dan efektif dalam mendukung personalisasi pembelajaran dan pengambilan keputusan.

3) Analisis Hasil Pengujian Pengguna (*User Acceptance Testing - UAT*)

Mengkaji umpan balik dari pengguna akhir (siswa, guru, dan administrator) yang terlibat dalam UAT untuk mengevaluasi apakah sistem memenuhi harapan pengguna dan apakah ada perubahan atau perbaikan yang perlu dilakukan. Adapun Langkah-Langkah dari analisis hasil pengujian pengguna adalah sebagai berikut:

- Mengkategorikan umpan balik pengguna menjadi masalah fungsional, UX/UI, dan kebutuhan peningkatan.
- Menganalisis metrik UAT seperti User Satisfaction Score (USS), Task Completion Rate, dan Error Rate.

Tujuan Analisis Hasil Pengujian Pengguna Menilai pengalaman pengguna dan mengidentifikasi area yang memerlukan perbaikan lebih lanjut.

4) Matriks Pelacakan Pengujian (*Traceability Matrix*)

Menggunakan Matriks Pelacakan Pengujian untuk memastikan ketercakupan pengujian terhadap semua persyaratan sistem yang telah ditentukan. Matriks ini menghubungkan setiap persyaratan dengan skenario pengujian dan hasilnya untuk memastikan bahwa semua persyaratan telah divalidasi. Adapun Langkah-langkah matriks pelacakan pengujian yaitu:

- Membuat matriks yang menghubungkan persyaratan sistem dengan hasil pengujian.
- Menandai setiap persyaratan sebagai "Lulus" atau "Gagal" berdasarkan hasil pengujian terkait.

Sedangkan tujuan Matriks Pelacakan Pengujian ini untuk memastikan bahwa semua persyaratan sistem telah diuji dan divalidasi sebelum peluncuran.

2. Kesimpulan dari Hasil Pengujian

Berdasarkan evaluasi hasil pengujian, beberapa kesimpulan dapat diambil:

1) Kesiapan Sistem untuk Implementasi

Menentukan apakah sistem siap untuk implementasi penuh berdasarkan hasil pengujian fungsional, non-fungsional, uji coba model AI, dan UAT. Terdapat beberapa kriteria Keputusan dalam menentukan kesiapan sistem untuk implementasi yaitu:

- Semua pengujian fungsional harus lulus tanpa masalah kritis.
- Kinerja, keamanan, dan keandalan sistem harus memenuhi standar yang telah ditetapkan.
- Model AI harus memiliki akurasi, presisi, dan performa lainnya yang memenuhi atau melampaui target yang diinginkan.
- Tingkat kepuasan pengguna dari UAT harus tinggi, dan umpan balik pengguna yang signifikan harus sudah ditangani.

2) Identifikasi Area untuk Perbaikan dan Iterasi Lebih Lanjut

Mengidentifikasi area di mana sistem masih memerlukan perbaikan berdasarkan hasil pengujian dan umpan balik pengguna. Adapun Langkah-Langkah yang harus dilakukan untuk mengidentifikasi area perbaikan dan iterasi tersebut adalah sebagai berikut:

- Menyusun daftar masalah yang memerlukan tindakan korektif.

- Menentukan prioritas perbaikan berdasarkan dampak terhadap pengalaman pengguna dan fungsionalitas sistem.

Identifikasi area ini bertujuan untuk menyelesaikan masalah yang tersisa sebelum peluncuran dan meningkatkan kualitas sistem.

- 3) Pemetaan Terhadap Rencana Pengembangan Masa Depan Berdasarkan temuan dari pengujian, beberapa fitur atau peningkatan yang diusulkan mungkin tidak kritis untuk peluncuran awal tetapi dapat diintegrasikan dalam rencana pengembangan masa depan. Adapun Langkah-Langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

- Mengkategorikan perbaikan menjadi "Harus Diperbaiki Sebelum Peluncuran" dan "Peningkatan di Masa Depan".
- Membuat backlog produk untuk peningkatan dan fitur tambahan yang diidentifikasi selama proses pengujian.

Tujuan dari pemetaan tersebut adalah untuk memastikan roadmap pengembangan yang berkelanjutan dan fokus pada peningkatan pengalaman pengguna setelah peluncuran awal.

- 4) Dokumentasi Hasil Pengujian dan Pelaporan kepada Pemangku Kepentingan

Menyusun laporan hasil pengujian lengkap yang merangkum semua temuan, kesimpulan, dan tindakan perbaikan yang telah dilakukan. Adapun Langkah-Langkah untuk membuat Dokumentasi dan Pelaporan tersebut adalah sebagai berikut:

- Menyusun laporan yang mencakup hasil dari semua pengujian (fungsional, non-fungsional, UAT, model AI).
- Mempresentasikan hasil pengujian kepada pemangku kepentingan (tim pengembangan,

manajemen, pengguna utama) untuk mendapatkan persetujuan atau keputusan lebih lanjut.

Tujuan dari dokumentasi dan pelaporan tersebut adalah memberikan visibilitas penuh kepada semua pemangku kepentingan dan memastikan keselarasan untuk langkah selanjutnya.

3. Keputusan Akhir Berdasarkan Validasi dan Hasil Pengujian

- 1) Sistem Siap Diluncurkan: Jika semua hasil pengujian memenuhi kriteria yang ditetapkan dan tidak ada masalah kritis yang tersisa, sistem dianggap siap untuk diluncurkan dan diimplementasikan secara penuh.
- 2) Perlu Iterasi dan Perbaikan Lebih Lanjut: Jika ditemukan masalah yang signifikan selama pengujian atau umpan balik pengguna mengindikasikan masalah besar, tim pengembangan harus melakukan iterasi dan perbaikan lebih lanjut sebelum peluncuran.
- 3) Pembelajaran untuk Pengembangan Berkelanjutan: Temuan dari proses pengujian ini harus digunakan sebagai masukan untuk pengembangan berkelanjutan dan peningkatan sistem di masa depan.

4. Kesimpulan dari Validasi dan Hasil Pengujian

Validasi dan hasil pengujian memberikan penilaian akhir mengenai kesiapan LENTERAMU untuk diluncurkan. Dengan menganalisis secara komprehensif hasil dari berbagai jenis pengujian dan memastikan bahwa semua masalah telah ditangani, tim pengembangan dapat memastikan sistem yang andal, aman, dan memberikan pengalaman pengguna yang optimal. Jika ada masalah yang tersisa, tindakan perbaikan diidentifikasi dan diterapkan untuk memastikan kualitas sistem tetap tinggi.

Tabel untuk Validasi dan Hasil Pengujian berikut merangkum proses validasi, hasil pengujian, dan tindakan yang diperlukan berdasarkan berbagai jenis pengujian yang telah dilakukan untuk LENTERAMU.

Tabel Validasi dan Hasil Pengujian

Table 7.5 1 Validasi dan Hasil Pengujian

Jenis Pengujian	Deskripsi Pengujian	Hasil Pengujian	Kesimpulan	Tindakan Perbaikan yang Diperlukan	Status Kesiapan
Pengujian Fungsional	Memastikan setiap fitur dan modul berfungsi sesuai spesifikasi.	Mayoritas fitur berfungsi sesuai harapan, beberapa bug kecil ditemukan pada pengelolaan kelas guru dan validasi input pengguna.	Fitur utama berfungsi dengan baik, beberapa bug kecil perlu diperbaiki.	Perbaiki bug kecil terkait pengelolaan kelas guru dan validasi input pengguna.	Siap setelah perbaikan
Pengujian Non-	Menguji kinerja sistem	Waktu respons rata-	Kinerja sistem baik secara	Optimalkan manajemen	Siap setelah optimasi

Fungsional (Kinerja)	di bawah beban tinggi untuk memastikan respons, stabilitas, dan skalabilitas yang optimal.	rata 0,9 detik dengan 1.000 pengguna simultan, stabilitas terjaga, namun lonjakan penggunaan menyebabkan delay.	keseluruhan, namun perlu optimasi untuk menangani lonjakan penggunaan.	sumber daya server untuk menangani lonjakan penggunaan.	
Pengujian Non-Fungsional (Keamanan)	Menguji kerentanan sistem terhadap serangan siber seperti injeksi SQL dan XSS.	Tidak ada kerentanan serius yang ditemukan, namun beberapa area perlu penguatan autentikasi dan manajemen	Sistem aman dari serangan umum, namun perlu penguatan lebih lanjut untuk autentikasi dan manajemen	Implementasi penguatan autentikasi dua faktor (2FA) dan validasi sesi pengguna.	Siap setelah perbaikan

		manajemen sesi.	sesi pengguna.		
Uji Coba Model AI	Menguji kinerja model AI (misalnya, rekomendasi konten, klasifikasi kinerja siswa) menggunakan berbagai metrik evaluasi.	Akurasi model rekomendasi konten 87%, F1-score klasifikasi kinerja siswa 75%, perlu peningkatan pada generalisasi model AI.	Model AI cukup akurat, namun beberapa area masih memerlukan peningkatan generalisasi.	Lakukan hyperparameter tuning dan retraining model dengan data terbaru untuk meningkatkan generalisasi dan akurasi.	Siap setelah peningkatan
Pengujian Pengguna (User Acceptance Testing - UAT)	Mengevaluasi kepuasan pengguna akhir (siswa, guru, administrator) terhadap pengalaman dan	Mayoritas pengguna puas dengan pengalaman sistem, namun ada permintaan untuk peningkatan berdasarkan	Pengalaman pengguna positif secara umum, namun ada ruang untuk peningkatan	Optimalkan navigasi sistem dan tambahkan fitur yang diminta pengguna, seperti pengurutan konten	Siap setelah peningkatan

	fungsionalitas sistem.	navigasi dan fitur tambahan.	umpan balik pengguna.	berdasarkan tingkat kesulitan.	
Matriks Pelacakan Pengujian (Traceability Matrix)	Memastikan semua persyaratan sistem telah diuji, dengan sebagian besar hasil menunjukkan "Lulus". Beberapa persyaratan memerlukan pengujian ulang.	Semua persyaratan telah diuji, dengan sebagian besar hasil menunjukkan "Lulus". Beberapa persyaratan memerlukan pengujian ulang setelah perbaikan.	Mayoritas persyaratan terpenuhi, namun beberapa fitur perlu pengujian ulang setelah perbaikan.	Lakukan pengujian ulang pada fitur yang memerlukan perbaikan berdasarkan hasil dari matriks pelacakan.	Siap setelah pengujian ulang

Keterangan:

- Jenis Pengujian: Jenis pengujian yang dilakukan, termasuk pengujian fungsional, non-fungsional, uji coba model AI, UAT, dan matriks pelacakan pengujian.
- Deskripsi Pengujian: Penjelasan singkat tentang tujuan dari jenis pengujian tersebut.
- Hasil Pengujian: Ringkasan hasil pengujian dan temuan yang diperoleh selama proses pengujian.
- Kesimpulan: Penilaian keseluruhan mengenai hasil pengujian dan apakah sistem telah memenuhi persyaratan.
- Tindakan Perbaikan yang Diperlukan: Langkah-langkah yang diusulkan untuk memperbaiki masalah yang ditemukan selama pengujian atau meningkatkan sistem.
- Status Kesiapan: Status kesiapan sistem setelah pengujian, menunjukkan apakah sistem siap diluncurkan atau memerlukan perbaikan lebih lanjut.

Tabel ini menyediakan ringkasan komprehensif mengenai validasi dan hasil pengujian untuk LENTERAMU dan membantu tim pengembangan serta pemangku kepentingan dalam membuat keputusan yang tepat tentang peluncuran sistem

BAB 8

Rencana Pengembangan dan Peningkatan Sistem

Bab ini membahas Rencana Pengembangan dan Peningkatan Sistem untuk LENTERAMU. Dengan perkembangan kebutuhan pengguna dan teknologi, sistem perlu terus dikembangkan dan ditingkatkan untuk memastikan relevansi dan efektivitasnya. Bab ini menguraikan rencana pengembangan fitur tambahan, peningkatan berkelanjutan untuk model AI, pembaruan data, dan pemeliharaan sistem, serta kolaborasi dengan mitra eksternal untuk pengembangan lanjutan. Tujuan dari rencana ini adalah untuk menjadikan sistem lebih adaptif, cerdas, dan memenuhi kebutuhan pengguna yang dinamis.

8.1 Rencana Pengembangan Fitur Tambahan

Rencana Pengembangan Fitur Tambahan berfokus pada pengembangan fitur-fitur baru untuk meningkatkan fungsionalitas dan pengalaman pengguna dalam LENTERAMU. Fitur tambahan ini diidentifikasi berdasarkan umpan balik pengguna, hasil pengujian pengguna (User Acceptance Testing - UAT), dan analisis kebutuhan pasar. Dengan menambahkan fitur-fitur baru, sistem diharapkan dapat memenuhi ekspektasi pengguna yang terus berkembang dan menghadirkan solusi pembelajaran yang lebih inovatif dan personal.

1. Identifikasi Fitur Tambahan yang Diperlukan

Berdasarkan hasil UAT dan analisis kebutuhan pengguna, beberapa fitur tambahan diusulkan untuk dikembangkan guna meningkatkan fungsionalitas dan kegunaan sistem:

- 1) Fitur Pengurutan Konten Berdasarkan Tingkat Kesulitan
Fitur ini memungkinkan siswa untuk mengurutkan materi pembelajaran berdasarkan tingkat kesulitan. Ini memberikan fleksibilitas bagi siswa untuk memilih konten yang sesuai dengan tingkat kemampuan mereka. Fitur ini bermanfaat untuk meningkatkan personalisasi pembelajaran dengan memungkinkan siswa untuk belajar sesuai dengan

kemampuan mereka dan membantu siswa mempersiapkan diri secara bertahap dari materi dasar hingga materi lanjutan. Fitur ini mempunyai tingkat prioritas yang tinggi sehingga dalam roadmap pengembangan fitur ini direncanakan selesai dalam tiga bulan ke depan, mencakup desain UI/UX baru, pengembangan backend untuk penyortiran data, dan pengujian pengguna.

2) Fitur Komentar Tambahan untuk Guru pada Laporan Kinerja Siswa

Fitur ini memungkinkan Guru akan dapat memberikan komentar tambahan pada laporan kinerja siswa, selain dari umpan balik otomatis yang diberikan oleh sistem. Fitur ini memiliki manfaat dalam memberikan wawasan yang lebih personal dan mendalam bagi siswa tentang kemajuan mereka dan memungkinkan guru untuk memberikan motivasi dan tips belajar tambahan yang spesifik bagi masing-masing siswa. prioritas fitur ini berada dalam level Menengah. Dalam roadmap pengembangan Fitur ini direncanakan untuk pengembangan dalam enam bulan ke depan, meliputi analisis kebutuhan, pengembangan UI/UX, dan integrasi dengan modul umpan balik yang ada.

3) Fitur Rekomendasi Kelas atau Kelompok Belajar

Fitur ini merekomendasikan kelas atau kelompok belajar bagi siswa berdasarkan preferensi pembelajaran, kemajuan akademik, dan minat yang terdeteksi. Manfaat fitur ini yaitu dapat mendorong kolaborasi dan pembelajaran bersama di antara siswa dengan minat atau tingkat kemampuan yang serupa dan dapat membantu dalam meningkatkan keterlibatan sosial dan motivasi belajar siswa. Level prioritas fitur ini berada pada level tinggi. Dalam Roadmap Pengembangan, fitur ini akan mulai dikembangkan segera dengan analisis algoritma rekomendasi yang lebih lanjut,

pengembangan *backend* untuk manajemen kelompok belajar, dan pengujian beta dalam waktu empat bulan.

4) Fitur Pengingat Belajar dan Notifikasi Otomatis

Sistem akan mengirimkan pengingat belajar dan notifikasi otomatis kepada siswa untuk mengikuti kelas atau menyelesaikan tugas-tugas penting. Fitur ini dapat bermanfaat untuk meningkatkan keterlibatan siswa dengan memberikan pengingat dan motivasi belajar tepat waktu serta mengurangi jumlah siswa yang lupa atau melewatkkan tugas dan evaluasi penting. Prioritas fitur ini berada pada level tinggi. Dalam roadmap pengembangan fitur ini direncanakan untuk diluncurkan dalam lima bulan ke depan setelah melakukan analisis UI/UX, integrasi dengan sistem notifikasi, dan pengujian pengguna.

5) Fitur Pustaka Sumber Daya Tambahan yang Dapat Disesuaikan (*Customizable Resource Library*)

Fitur pustaka sumber daya tambahan yang dapat disesuaikan ini akan memungkinkan guru dan administrator untuk menambahkan materi atau sumber daya tambahan yang spesifik sesuai kebutuhan pembelajaran. Fitur ini bermanfaat memberikan fleksibilitas bagi guru untuk menyajikan konten tambahan yang lebih relevan dan terkini dan meningkatkan kualitas materi pembelajaran yang disediakan dan memudahkan akses bagi siswa. Prioritas fitur ini berada level Menengah. Pada roadmap pengembangan fitur ini akan dikembangkan dalam dua fase, pertama untuk antarmuka pengguna dan kedua untuk integrasi *backend*. Waktu pengembangan diestimasi selama enam bulan.

2. Manfaat yang Diharapkan dari Pengembangan Fitur Tambahan

Pengembangan fitur tambahan ini diharapkan dapat memberikan berbagai manfaat bagi pengguna, di antaranya:

- 1) Peningkatan Keterlibatan Pengguna dengan menyediakan fitur-fitur yang lebih interaktif dan personal, siswa dan guru akan lebih terlibat dalam proses pembelajaran.

- 2) Pengalaman Pembelajaran yang Lebih Personal dengan fitur tambahan memungkinkan personalisasi yang lebih baik, memberikan siswa kontrol lebih besar atas proses pembelajaran mereka.
- 3) Peningkatan Efisiensi dan Fleksibilitas Guru dengan fitur yang dirancang untuk mendukung guru akan membantu mereka memberikan umpan balik yang lebih spesifik dan mengelola kelas dengan lebih efisien.
- 4) Peningkatan Kolaborasi dan Pembelajaran Sosial merupakan rekomendasi kelompok belajar akan mendorong siswa untuk bekerja sama dan belajar secara kolektif, meningkatkan hasil belajar mereka.

3. Roadmap Pengembangan dan Prioritas Implementasi

- 1) Jangka Pendek (1-3 Bulan) fokus pada pengembangan fitur yang memiliki dampak langsung pada pengalaman pengguna, seperti pengurutan konten berdasarkan tingkat kesulitan.
- 2) Jangka Menengah (4-6 Bulan) Pengembangan fitur yang lebih kompleks seperti rekomendasi kelompok belajar dan pustaka sumber daya tambahan.
- 3) Jangka Panjang (7-12 Bulan) Peningkatan dan iterasi fitur yang telah dikembangkan berdasarkan umpan balik pengguna dan analisis penggunaan.

4. Strategi Pengujian dan Peluncuran Fitur

- 1) Pengujian Internal dan UAT: Setiap fitur yang dikembangkan akan melalui pengujian internal oleh tim QA dan UAT oleh pengguna yang dipilih untuk memastikan bahwa fitur berfungsi dengan baik dan memenuhi kebutuhan pengguna.
- 2) Peluncuran Beta dan Pengumpulan Umpan Balik: Fitur akan diluncurkan dalam versi beta kepada sejumlah pengguna terbatas untuk mengumpulkan umpan balik dan melakukan iterasi perbaikan sebelum peluncuran penuh.
- 3) Peluncuran Penuh dan Pemantauan Lanjutan: Setelah pengujian dan iterasi perbaikan, fitur akan diluncurkan

secara penuh dengan pemantauan kinerja dan penggunaan secara terus-menerus untuk penyesuaian lebih lanjut.

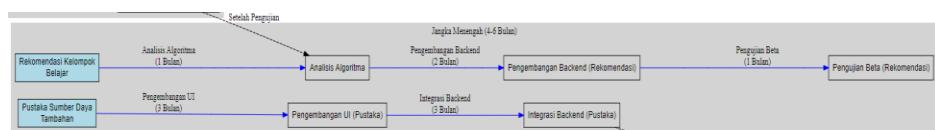
5. Kesimpulan dari Rencana Pengembangan Fitur Tambahan

Rencana pengembangan fitur tambahan ini dirancang untuk meningkatkan fungsionalitas dan kegunaan LENTERAMU. Dengan berfokus pada kebutuhan dan umpan balik pengguna, pengembangan fitur baru ini diharapkan dapat memberikan nilai tambah yang signifikan bagi siswa, guru, dan administrator, serta mendukung pengalaman pembelajaran yang lebih efektif dan personal.

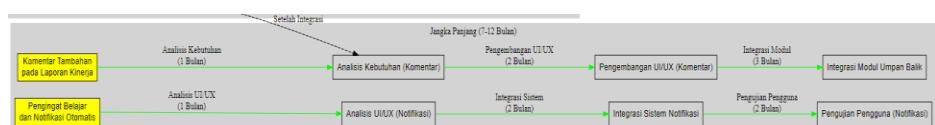
Grafik ini menunjukkan tahapan jangka pendek, menengah, dan panjang dengan milestone yang direncanakan untuk pengembangan fitur tambahan.



Gambar 8.1.1 Rencana Pengembangan Fitur Tambahan Jangka Pendek



Gambar 8.1.2 Rencana Pengembangan Fitur Tambahan Jangka Menengah



Gambar 8.1.3 Rencana Pengembangan Fitur Tambahan Jangka Panjang

8.2 Peningkatan Model AI Berkelanjutan

Peningkatan Model AI Berkelanjutan adalah proses yang berfokus pada pemeliharaan dan peningkatan berkelanjutan dari model kecerdasan buatan (AI) yang digunakan dalam LENTERAMU. Model AI memegang peranan penting dalam menganalisis data siswa, memberikan rekomendasi konten pembelajaran, memberikan umpan balik adaptif, dan mendukung 313anjang313v pembelajaran. Oleh karena itu, peningkatan berkelanjutan diperlukan untuk memastikan model AI tetap relevan, akurat, dan 313anjang313ve terhadap perubahan pola data dan kebutuhan pengguna.

1. Strategi Peningkatan Model AI

Untuk menjaga dan meningkatkan kinerja model AI, beberapa strategi peningkatan berkelanjutan diidentifikasi dan direncanakan sebagai berikut:

1) *Hyperparameter Tuning Secara Berkala*

Hyperparameter tuning adalah proses penyesuaian parameter model yang tidak dapat dipelajari langsung dari data. Penyetelan hyperparameter secara berkala dapat meningkatkan performa model secara signifikan. Metode yang digunakan Hyperparameter tuning yaitu:

- Grid Search dan Random Search: Menguji berbagai kombinasi hyperparameter dan memilih yang menghasilkan performa terbaik.
- Bayesian Optimization: Pendekatan cerdas yang menggunakan metode 313anjang313v untuk menemukan hyperparameter optimal dengan lebih efisien.

Tujuan *hyperparameter tuning* adalah meningkatkan akurasi, presisi, recall, dan metrik evaluasi lainnya dari model AI.

2) Retraining Model dengan Data Terbaru

Melakukan pelatihan ulang model menggunakan data terbaru yang mencakup pola belajar baru, perilaku pengguna, dan hasil evaluasi terkini. Dengan retraining,

model dapat menangani data yang berbeda dan beradaptasi dengan kebutuhan yang berubah. Pendekatan metode yang digunakan untuk Retraining Model yaitu

- Incremental Learning: Melakukan pelatihan tambahan pada model yang sudah ada dengan data baru untuk menghemat waktu dan sumber daya.
- Batch Retraining: Melakukan retraining penuh pada interval waktu tertentu, misalnya setiap 3 bulan, untuk menangani perubahan pola besar.

Retraining Model bertujuan untuk memastikan model tetap akurat dan relevan seiring waktu dengan pembaruan data.

3) Penggunaan Teknik Ensemble Model

Teknik ensemble menggabungkan beberapa model AI untuk meningkatkan akurasi dan mengurangi variansi. Dengan menggabungkan prediksi dari beberapa model, sistem dapat mengatasi kelemahan yang mungkin ada pada satu model. Adapun metode Teknik Ensemble ini adalah sebagai berikut:

- Bagging (*Bootstrap Aggregating*): Menggunakan beberapa model yang dilatih pada subset data yang berbeda untuk menghasilkan hasil akhir melalui voting atau averaging.
- Boosting: Menggunakan pendekatan berulang di mana model baru dilatih untuk memperbaiki kesalahan model sebelumnya, seperti AdaBoost atau Gradient Boosting.
- Stacking: Menggabungkan prediksi dari beberapa model dengan model meta-learner yang dilatih untuk membuat prediksi akhir.

Tujuan dari Teknik ini adalah meningkatkan akurasi, stabilitas, dan generalisasi model AI.

4) Pemantauan Kinerja Model dan Deteksi Concept Drift

Memantau kinerja model AI secara berkelanjutan untuk mendeteksi concept drift (perubahan pola data) yang dapat menyebabkan penurunan performa model seiring waktu.

Metode yang digunakan adalah Real-time Monitoring yaitu menggunakan alat pemantauan seperti Grafana atau Prometheus untuk memantau metrik performa model seperti akurasi, precision, *recall*, dan F1-score dan metode Drift Detection Techniques yaitu Menerapkan algoritma seperti Page-Hinkley Test atau Kullback-Leibler Divergence untuk mendeteksi perubahan distribusi data yang signifikan. Adapun Tujuan dari pemantauan kinerja model dan deteksi concept drift ini adalah untuk mengidentifikasi penurunan performa model sedini mungkin dan melakukan korektif seperti retraining atau tuning.

- 5) Pengembangan dan Evaluasi Algoritma Baru
Meningkatkan model AI melalui pengembangan dan evaluasi algoritma baru yang lebih efektif dan efisien. Teknologi baru dan pendekatan inovatif dalam AI, seperti Deep Learning atau Transfer Learning, dapat diterapkan untuk meningkatkan kinerja model. Metode yang digunakan adalah Eksperimen dengan Deep Learning Models yaitu menggunakan model deep learning seperti Convolutional Neural Networks (CNNs) untuk analisis data yang lebih kompleks dan metode Transfer Learning yaitu menerapkan model yang telah dilatih pada domain yang berbeda namun serupa untuk meningkatkan pembelajaran pada domain target. Tujuan dari pengembangan dan evaluasi algoritma baru ini adalah untuk meningkatkan kemampuan model untuk menangani data yang lebih kompleks dan memberikan prediksi yang lebih akurat.
- 6) Penggunaan MLOps untuk Otomasi Pengembangan dan Pengiriman Model
Mengadopsi MLOps (*Machine Learning Operations*) untuk mengotomatisasi pipeline pengembangan, pelatihan, pengujian, dan pengiriman model AI ke lingkungan produksi. Metode yang digunakan adalah CI/CD Pipeline untuk Model AI yaitu menggunakan alat seperti Kubeflow, Mlflow, atau

TensorFlow Extended (TFX) untuk mengotomatisasi seluruh alur kerja model dari pengembangan hingga deployment. Selain itu MLOps juga dapat menggunakan metode Versioning dan Monitoring Model yaitu mengelola versi model dengan hati-hati dan memonitor kinerja setiap versi model di produksi. Tujuan MLOps adalah Mengurangi waktu pengembangan, meminimalkan risiko kesalahan, dan memastikan implementasi model AI yang konsisten.

2. Proses Pemantauan dan Evaluasi Model AI

Untuk memastikan bahwa model AI tetap berkinerja optimal dan adaptif terhadap perubahan pola data dan kebutuhan pengguna, dilakukan proses pemantauan dan evaluasi secara berkelanjutan:

- 1) Pemantauan Berkelanjutan Terhadap Metrik Kinerja

Memantau metrik kinerja model AI secara real-time untuk mendeteksi 316anjang atau penurunan performa. Metrik yang dipantau adalah Akurasi, Presisi, Recall, F1-score, ROC-AUC, dan metrik lain yang relevan untuk setiap model. Alat yang digunakan untuk melakukan pemantauan tersebut yaitu Grafana, Prometheus, atau dashboard monitoring khusus.

- 2) Evaluasi Periodik dan Pembaruan Model

Melakukan evaluasi model secara berkala (misalnya, setiap tiga bulan) untuk menilai apakah perlu dilakukan peningkatan atau penyesuaian model. Langkah-Langkah yang dilakukan untuk evaluasi dan pembaharuan tersebut yaitu:

- Menggunakan data validasi terbaru untuk mengevaluasi kinerja model.
- Mengidentifikasi concept drift atau bias data yang mungkin terjadi.
- Menentukan apakah model memerlukan retraining, tuning, atau penggantian dengan model baru.

3. Roadmap Peningkatan Model AI Berkelanjutan

Berikut ini merupakan jangka waktu yang digunakan dalam roadmap peningkatan model AI berkelanjutan, yaitu:

- 1) Jangka Pendek (1-3 Bulan)
 - Lakukan hyperparameter tuning pada model yang ada.
 - Terapkan pemantauan performa model secara real-time dan implementasikan deteksi concept drift.
- 2) Jangka Menengah (4-6 Bulan)
 - Lakukan retraining model dengan data terbaru.
 - Eksperimen dengan 317anjan ensemble dan integrasikan model ensemble ke dalam sistem.
- 3) Jangka Panjang (7-12 Bulan)
 - Kembangkan dan evaluasi model AI baru yang lebih canggih (misalnya, menggunakan deep learning atau transfer learning).
 - Implementasikan MLOps untuk mengotomatisasi alur pengembangan dan pengiriman model AI.

4. Manfaat dari Peningkatan Model AI Berkelanjutan

Berikut ini adalah manfaat dari peningkatan model AI berkelanjutan, yaitu:

- 1) Kinerja Model yang Lebih Baik
Peningkatan berkelanjutan akan menghasilkan model yang lebih akurat dan efektif, mampu memberikan rekomendasi dan umpan balik yang lebih relevan.
- 2) Adaptabilitas yang Lebih Tinggi
Dengan pemantauan dan pembaruan model yang rutin, sistem dapat beradaptasi lebih cepat terhadap perubahan kebutuhan pengguna atau pola data.
- 3) Penggunaan Sumber Daya yang Lebih Efisien
Dengan menerapkan MLOps dan 317anjan otomatisasi lainnya, proses pengembangan dan deployment model dapat dioptimalkan, mengurangi waktu dan biaya pengembangan.

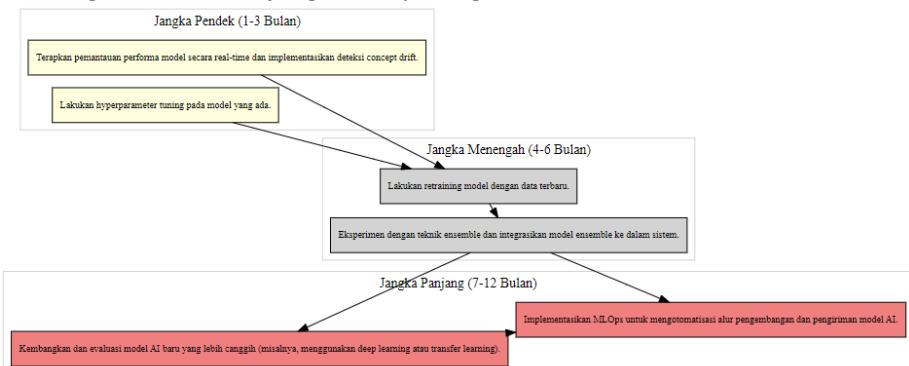
4) Kepuasan Pengguna yang Lebih Tinggi

Model yang lebih akurat dan relevan terhadap kebutuhan pengguna akan meningkatkan kepuasan pengguna secara keseluruhan.

5. Kesimpulan dari Peningkatan Model AI Berkelanjutan

Peningkatan berkelanjutan model AI adalah kritis untuk memastikan bahwa LENTERAMU tetap relevan dan efektif dalam memberikan pengalaman belajar yang adaptif dan berkualitas tinggi. Dengan mengadopsi strategi peningkatan seperti hyperparameter tuning, retraining, ensemble, dan MLOps, sistem dapat terus berkembang seiring waktu dan memberikan manfaat maksimal bagi pengguna.

Grafik ini menunjukkan milestone utama dalam jangka pendek, menengah, dan panjang untuk peningkatan model AI.



Gambar 8.2 1 Penginkatan Model Ai Berkelanjutan

8.3 Rencana Pembaruan Data dan Pemeliharaan Sistem

Rencana Pembaruan Data dan Pemeliharaan Sistem berfokus pada strategi dan langkah-langkah untuk memastikan bahwa LENTERAMU tetap efektif, aman, dan relevan dengan kebutuhan pengguna yang terus berkembang. Pembaruan data dan pemeliharaan sistem yang rutin diperlukan untuk menjaga integritas data, kinerja sistem, dan pengalaman pengguna yang optimal.

1. Strategi Pembaruan Data

Pembaruan data yang berkala adalah komponen penting untuk menjaga relevansi dan akurasi model AI serta sistem secara keseluruhan. Strategi pembaruan data mencakup:

1) Siklus Pembaruan Data Berkala

Pembaruan data akan dilakukan secara berkala untuk memastikan bahwa data yang digunakan dalam analisis dan pelatihan model AI tetap *up-to-date* dan relevan dengan kondisi pengguna. Metode yang digunakan untuk siklus pembaruan data tersebut yaitu:

- Batch Data Update: Melakukan pembaruan data setiap kuartal untuk menyegarkan dataset yang digunakan dalam analisis dan pelatihan model AI.
- Real-time Data Update: Mengintegrasikan pipeline data yang dapat memperbarui data pengguna (misalnya, interaksi siswa, kinerja evaluasi) secara real-time atau harian.

Tujuan pembaruan data adalah memastikan model AI dilatih dengan data terbaru dan analitik didasarkan pada informasi yang mutakhir.

2) Pembersihan dan Normalisasi Data (*Data Cleansing and Normalization*)

Proses pembersihan data melibatkan penghapusan data yang tidak relevan, duplikat, atau tidak valid untuk memastikan kualitas data yang tinggi. Metode yang digunakan yaitu:

- Outlier Detection and Removal: Menggunakan teknik statistik untuk mendeteksi dan menghapus outlier yang tidak relevan atau dapat mempengaruhi hasil model.
- Data Normalization: Menerapkan teknik normalisasi data (misalnya, Min-Max Scaling, Z-Score

Normalization) untuk memastikan data berada dalam rentang yang konsisten.

Tujuan pembersihan dan normalisasi data adalah meningkatkan akurasi model AI dan hasil analitik dengan data yang bersih dan konsisten.

3) Strategi Pengelolaan Data Baru dan Tambahan

Merupakan data baru yang dihasilkan dari interaksi pengguna dan sumber eksternal akan dikelola dengan baik untuk meningkatkan akurasi dan relevansi model AI. Metode yang digunakan untuk pengelolaan data tersebut yaitu:

- Incremental Data Integration: Menggabungkan data baru dengan data yang ada tanpa mengganggu sistem secara keseluruhan.
- Feedback Loop Mechanism: Menggunakan mekanisme loop umpan balik untuk memperbarui model dan analisis dengan data yang dihasilkan dari interaksi pengguna yang baru.

Adapun tujuan pengelolaan data tersebut yaitu mengadaptasi sistem dengan perubahan perilaku dan kebutuhan pengguna secara dinamis.

4) Pembaruan Dataset Pelatihan Model AI

Pembaruan dataset pelatihan model AI secara rutin diperlukan untuk mempertahankan kinerja model yang optimal. Metode yang digunakan untuk pembaharuan dataset tersebut yaitu:

- Retraining with Updated Data: Melakukan retraining model AI setiap ada pembaruan dataset yang signifikan.
- Data Augmentation: Menggunakan teknik augmentasi data untuk memperluas dataset pelatihan dan meningkatkan kemampuan generalisasi model.

Tujuannya ialah memastikan model AI tetap relevan dan akurat terhadap perubahan data dan kebutuhan pengguna.

2. Rencana Pemeliharaan Sistem

Pemeliharaan sistem yang terencana memastikan bahwa **LENTERAMU** tetap stabil, aman, dan efisien. Rencana pemeliharaan sistem mencakup:

1. Pemeliharaan Preventif dan Korektif

Melakukan pemeliharaan preventif untuk mencegah masalah sistem dan pemeliharaan korektif untuk memperbaiki masalah yang terdeteksi. Metode pemeliharaan preventif dan korektif adalah:

- Scheduled Maintenance yaitu menjadwalkan pemeliharaan rutin setiap bulan untuk mengecek performa sistem, melakukan pembaruan perangkat lunak, dan memeriksa potensi kerentanan keamanan.
- Error and Bug Fixes merupakan identifikasi dan memperbaiki bug yang dilaporkan pengguna atau ditemukan selama pengujian berkala.

Tujuannya memastikan sistem tetap stabil, aman, dan bebas dari kesalahan yang dapat memengaruhi pengalaman pengguna.

2. Backup dan Disaster Recovery

Mengembangkan dan memelihara strategi backup data dan pemulihan bencana untuk melindungi data dan memulihkan sistem dengan cepat dalam kasus kegagalan atau serangan. Metode yang digunakan yaitu:

- Automated Backup adalah menjalankan backup data otomatis setiap hari dan melakukan backup penuh setiap minggu untuk memastikan ketersediaan data yang terbaru.
- Disaster Recovery Planning merupakan menyusun rencana pemulihan bencana yang mencakup

pemulihan sistem dari backup, mitigasi downtime, dan komunikasi dengan pengguna.

Tujuan Backup dan Disaster Recovery adalah meminimalkan risiko kehilangan data dan waktu henti sistem yang berkepanjangan.

3. Pengujian Regresi Setelah Pembaruan:

Melakukan pengujian regresi setelah pembaruan sistem atau data untuk memastikan bahwa tidak ada fitur atau fungsionalitas yang rusak akibat perubahan yang dilakukan. Metode yang digunakan untuk pengujian regresi tersebut ialah:

- Automated Regression Testing adalah menggunakan alat pengujian otomatis seperti Selenium, JUnit, atau TestNG untuk menguji kembali fungsionalitas utama sistem setelah pembaruan.
- Manual Regression Testing adalah melakukan pengujian manual pada area yang tidak bisa diuji secara otomatis atau memerlukan evaluasi berdasarkan interaksi pengguna.

Tujuannya yaitu menjaga stabilitas dan integritas sistem setelah perubahan atau pembaruan.

4. Manajemen Konfigurasi dan Versi Sistem:

Mengelola konfigurasi dan versi perangkat lunak secara efektif untuk melacak perubahan dan memastikan rollback yang mudah jika diperlukan. Metode yang digunakan untuk manajemen konfigurasi dan versi sistem yaitu:

- Version Control System (VCS) ialah menggunakan sistem kontrol versi seperti Git untuk melacak perubahan kode dan konfigurasi.
- Configuration Management Tools ialah menggunakan alat manajemen konfigurasi seperti Ansible, Puppet, atau Chef untuk mengelola lingkungan produksi dan pengembangan.

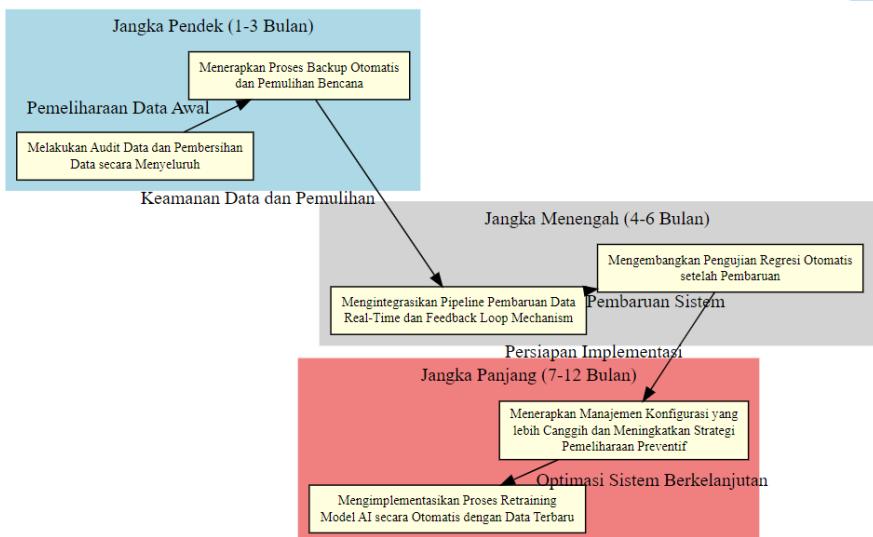
Tujuannya ialah mengurangi risiko kesalahan konfigurasi dan mempermudah manajemen lingkungan dan pengembangan.

3. Roadmap Pembaruan Data dan Pemeliharaan Sistem

Berikut ini merupakan jangka waktu yang digunakan dalam roadmap pembaharuan data dan pemeliharaan sistem, yaitu:

- 1) Jangka Pendek (1-3 Bulan):
 - Melakukan audit data dan pembersihan data secara menyeluruh.
 - Menerapkan proses backup otomatis dan pemulihan bencana.
- 2) Jangka Menengah (4-6 Bulan):
 - Mengintegrasikan pipeline pembaruan data real-time dan feedback loop mechanism.
 - Mengembangkan pengujian regresi otomatis setelah pembaruan.
- 3) Jangka Panjang (7-12 Bulan):
 - Menerapkan manajemen konfigurasi yang lebih canggih dan meningkatkan strategi pemeliharaan preventif.
 - Mengimplementasikan proses retraining model AI secara otomatis dengan data terbaru.

Grafik ini menunjukkan milestone utama untuk pembaruan data dan pemeliharaan sistem dalam jangka pendek, menengah, dan panjang.



Gambar 8.3 1 Rencana Pembaruan Data dan Pemeliharaan Sistem

4. Manfaat dari Pembaruan Data dan Pemeliharaan Sistem

Berikut ini merupakan manfaat dari pembaharuan data dan pemeliharaan sistem yang dapat dijabarkan pada bagian ini, yaitu:

- 1) Kinerja Sistem yang Lebih Stabil dan Efisien: Pemeliharaan rutin dan pembaruan data memastikan bahwa sistem tetap berjalan lancar dan efisien.
- 2) Keamanan Data yang Lebih Baik: Dengan strategi backup dan pemulihan bencana yang kuat, sistem dapat melindungi data pengguna dengan lebih baik.
- 3) Adaptabilitas yang Lebih Tinggi terhadap Perubahan Kebutuhan Pengguna: Pembaruan data secara real-time memungkinkan sistem untuk menyesuaikan dengan cepat terhadap perubahan perilaku dan kebutuhan pengguna.
- 4) Peningkatan Kepercayaan Pengguna: Sistem yang stabil, aman, dan selalu up-to-date akan meningkatkan kepercayaan pengguna terhadap platform.

5. Kesimpulan dari Rencana Pembaruan Data dan Pemeliharaan Sistem

Rencana pembaruan data dan pemeliharaan sistem yang komprehensif diperlukan untuk memastikan bahwa LENTERAMU tetap relevan, aman, dan berkinerja optimal. Dengan mengadopsi strategi pembaruan data yang cermat dan pemeliharaan sistem yang berkelanjutan, sistem ini dapat terus berkembang dan memberikan pengalaman belajar yang efektif bagi pengguna.

8.4 Kolaborasi dan Pengembangan Lanjutan

Kolaborasi dan Pengembangan Lanjutan adalah strategi yang berfokus pada memperluas kapabilitas LENTERAMU melalui kerjasama dengan mitra eksternal seperti universitas, lembaga penelitian, dan perusahaan teknologi. Kolaborasi ini bertujuan untuk memperkenalkan inovasi teknologi terbaru, meningkatkan efektivitas sistem, dan mempercepat pengembangan fitur-fitur baru serta kemampuan AI yang lebih canggih.

1. Peluang Kolaborasi dengan Mitra Eksternal

Kerjasama dengan mitra eksternal dapat membantu mempercepat inovasi dan pengembangan sistem. Beberapa bentuk kolaborasi yang diusulkan adalah:

1. Kerjasama dengan Universitas dan Lembaga Penelitian
Bekerja sama dengan universitas terkemuka dan lembaga penelitian untuk mengeksplorasi dan mengimplementasikan teknologi pembelajaran terbaru, seperti *Natural Language Processing* (NLP), *Computer Vision*, dan *Learning Analytics*. Tujuan kerjasama tersebut adalah agar dapat mengakses pengetahuan terbaru dan penelitian mutakhir dalam bidang AI dan pembelajaran serta melibatkan mahasiswa dan peneliti dalam proyek penelitian bersama yang berfokus pada peningkatan pembelajaran adaptif dan personalisasi konten. Kerjasama tersebut dapat bermanfaat dalam

memperkenalkan inovasi yang lebih cepat ke dalam sistem dan mengurangi biaya penelitian dan pengembangan (R&D) melalui dukungan hibah penelitian dan kolaborasi akademis.

2. Kolaborasi dengan Perusahaan Teknologi dan Startup AI
Bermitra dengan perusahaan teknologi dan startup AI untuk mengembangkan dan mengintegrasikan solusi teknologi canggih seperti Machine Learning as a Service (MLaaS), analitik data besar, atau integrasi cloud. Tujuan dari kolaborasi tersebut adalah mengoptimalkan model AI yang ada melalui penggunaan layanan AI canggih yang disediakan oleh perusahaan teknologi besar seperti Google Cloud AI, AWS SageMaker, atau Microsoft Azure AI dan mempercepat proses pengembangan dan pengiriman fitur baru dengan memanfaatkan teknologi dan sumber daya yang sudah ada. Hal tersebut dapat bermanfaat untuk menghemat waktu dan sumber daya dalam pengembangan fitur memperoleh akses ke alat dan teknologi mutakhir yang dikembangkan oleh mitra teknologi.
3. Proyek Penelitian dan Pengembangan Bersama (*Joint R&D Projects*)
Meluncurkan proyek penelitian dan pengembangan bersama dengan lembaga pendidikan, perusahaan teknologi, atau konsorsium industri untuk mengembangkan fitur baru dan kemampuan AI yang lebih canggih. Tujuannya menggabungkan keahlian dari berbagai bidang untuk memecahkan masalah kompleks dalam personalisasi pembelajaran dan membawa perspektif baru dan ide segar dalam pengembangan sistem cerdas. Hal tersebut dapat meningkatkan reputasi sistem sebagai platform pembelajaran yang inovatif serta mendapatkan masukan dan umpan balik berharga dari para ahli di bidangnya.

4. Kolaborasi dengan Komunitas Open Source dan Kontribusi Terbuka:

Terlibat dengan komunitas open source untuk berkontribusi pada proyek AI dan pembelajaran mesin yang relevan, serta mendapatkan manfaat dari inovasi yang dikembangkan oleh komunitas global. Tujuan keterlibatan tersebut yaitu untuk mengakses teknologi *open-source* yang lebih murah dan fleksibel dan membuka peluang untuk mengadopsi solusi yang dikembangkan oleh komunitas yang luas dan aktif. Manfaatnya dapat mengurangi biaya pengembangan dengan menggunakan solusi open source dan mendapatkan dukungan komunitas yang kuat untuk perbaikan bug dan peningkatan fitur.

2. Strategi Pengembangan Lanjutan melalui Teknologi Terbaru

Dalam upaya untuk meningkatkan kemampuan sistem, beberapa strategi pengembangan lanjutan dengan memanfaatkan teknologi terbaru adalah:

1. Integrasi Teknologi Natural Language Processing (NLP) untuk Analisis Pembelajaran yang Lebih Baik

Menggunakan teknologi NLP untuk memahami teks dan percakapan yang dihasilkan siswa selama interaksi dengan sistem, memungkinkan analisis yang lebih dalam terhadap kebutuhan pembelajaran siswa. Manfaat dari integrasi tersebut yaitu memberikan rekomendasi pembelajaran yang lebih tepat berdasarkan analisis sentimen dan pemahaman konteks dari interaksi siswa dan meningkatkan kemampuan sistem untuk memberikan umpan balik verbal atau teks yang lebih cerdas.

2. Penerapan Teknologi Computer Vision untuk Pengamatan Pembelajaran yang Lebih Mendalam

Menggunakan Computer Vision untuk memantau aktivitas siswa selama pembelajaran, seperti ekspresi wajah, gerakan mata, atau gesture, guna memberikan wawasan lebih dalam tentang keterlibatan dan konsentrasi siswa. Penerapan

tersebut bermanfaat membantu guru untuk mengidentifikasi siswa yang mungkin memerlukan perhatian tambahan dan mengoptimalkan pengalaman belajar dengan menyesuaikan metode pengajaran berdasarkan pengamatan *real-time*.

3. Penerapan Blockchain untuk Keamanan Data dan Manajemen Kredensial

Menggunakan teknologi blockchain untuk meningkatkan keamanan data, memastikan integritas data, dan mengelola kredensial pendidikan dengan cara yang lebih aman dan transparan. Manfaatnya adalah dapat mengurangi risiko kebocoran data dan meningkatkan kepercayaan pengguna terhadap sistem serta memungkinkan verifikasi kredensial akademik yang lebih efisien dan aman.

4. Pengembangan Sistem Pembelajaran Berbasis Gamifikasi untuk Meningkatkan Keterlibatan Siswa:

Mengintegrasikan konsep gamifikasi ke dalam sistem untuk meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa dengan fitur seperti poin, lencana, dan tantangan belajar. Manfaat pengembangan tersebut yaitu mendorong keterlibatan siswa dengan menciptakan pengalaman belajar yang lebih menarik dan menyenangkan dan meningkatkan retensi dan motivasi belajar melalui elemen kompetisi dan hadiah.

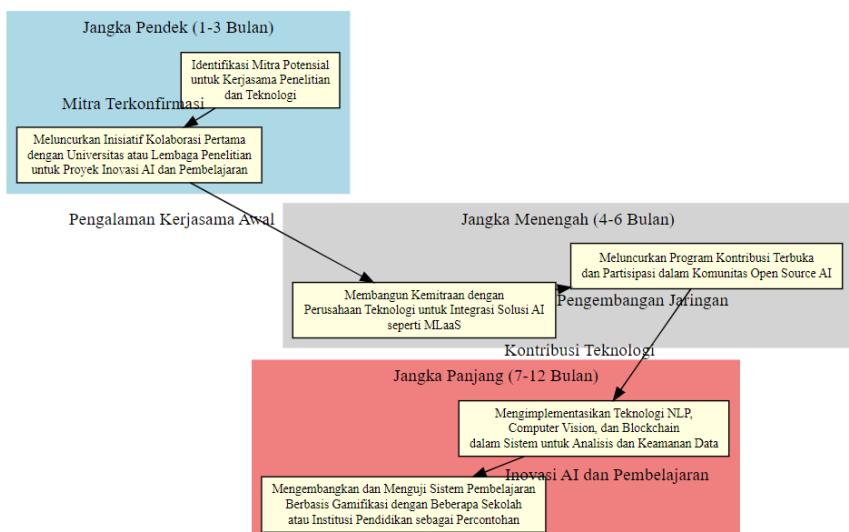
3. Roadmap Kolaborasi dan Pengembangan Lanjutan

Berikut merupakan penjabaran waktu roadmap kolaborasi dan pengembangan lanjutan, yaitu:

- Jangka Pendek (1-3 Bulan)
 - Identifikasi mitra potensial untuk kerjasama penelitian dan teknologi.
 - Meluncurkan inisiatif kolaborasi pertama dengan universitas atau lembaga penelitian untuk proyek inovasi AI dan pembelajaran.

- Jangka Menengah (4-6 Bulan):
 - Membangun kemitraan dengan perusahaan teknologi untuk integrasi solusi AI canggih seperti MLaaS.
 - Meluncurkan program kontribusi terbuka dan berpartisipasi aktif dalam komunitas open-source AI.
- Jangka Panjang (7-12 Bulan)
 - Mengimplementasikan teknologi NLP, Computer Vision, dan blockchain dalam sistem untuk meningkatkan analisis pembelajaran dan keamanan data.
 - Mengembangkan dan menguji sistem pembelajaran berbasis gamifikasi dengan beberapa sekolah atau institusi pendidikan sebagai percontohan.

Grafik berikut menunjukkan tahapan jangka pendek, menengah, dan panjang dengan milestone-milestone yang direncanakan untuk pengembangan sistem.



Gambar 8.3 2 Rencana Pembaruan Data dan Pengembangan Lanjut

4. Manfaat dari Kolaborasi dan Pengembangan Lanjutan

Pada bagian ini akan dijelaskan tentang manfaat dari kolaborasi dan pengembangan lanjutan, yaitu:

- Akselerasi Inovasi dan Pengembangan Teknologi
Kolaborasi dengan mitra eksternal akan mempercepat adopsi teknologi baru dan pengembangan fitur-fitur inovatif.
- Peningkatan Reputasi dan Kepercayaan
Kerjasama dengan institusi akademik dan perusahaan teknologi besar dapat meningkatkan kredibilitas dan kepercayaan terhadap sistem.
- Efisiensi Biaya dan Sumber Daya
Kolaborasi dan penggunaan teknologi open source dapat mengurangi biaya pengembangan dan mempercepat siklus inovasi.
- Peluang Penelitian dan Pengembangan Lebih Lanjut
Kerjasama yang kuat dapat membuka lebih banyak peluang untuk penelitian dan pengembangan yang lebih maju di masa depan.

5. Kesimpulan dari Kolaborasi dan Pengembangan Lanjutan

Kolaborasi dengan mitra eksternal dan pengembangan lanjutan melalui teknologi terbaru adalah strategi penting untuk memastikan LENTERAMU tetap inovatif dan relevan dalam menghadapi kebutuhan pembelajaran yang terus berubah. Dengan memanfaatkan keahlian dari berbagai bidang dan mengadopsi teknologi terkini, sistem ini dapat terus berkembang dan memberikan nilai tambah yang signifikan bagi pengguna di seluruh dunia pendidikan.

BAB 9

Kesimpulan dan Rekomendasi

Bab ini menyajikan Kesimpulan dan Rekomendasi dari pengembangan dan implementasi LENTERAMU. Sistem ini dirancang untuk memfasilitasi pengalaman belajar yang lebih adaptif, personal, dan efektif bagi siswa, dengan menggunakan teknologi kecerdasan buatan (AI) dan pendekatan data driven. Dalam bab ini, disajikan ringkasan temuan utama, pencapaian, dan potensi pengembangan lebih lanjut dari sistem ini. Kesimpulan ini mencakup pencapaian pengembangan, rekomendasi untuk implementasi berikutnya, dan dampak potensial dari sistem cerdas ini di berbagai lingkungan pendidikan.

9.1 Kesimpulan Umum

Kesimpulan Umum ini merangkum hasil utama dan temuan dari keseluruhan proses pengembangan, implementasi, pengujian, dan validasi LENTERAMU. Pengembangan sistem ini berhasil mengintegrasikan berbagai komponen AI dan fitur pembelajaran yang berfokus pada personalisasi, keterlibatan siswa, dan peningkatan kualitas pembelajaran.

1. Pencapaian Pengembangan Sistem

LETERAMU ini telah berhasil mengimplementasikan sejumlah fitur kunci dan modul AI yang dirancang untuk meningkatkan pengalaman pembelajaran di lingkungan pendidikan:

- Pengembangan Model AI yang Adaptif dan Presisi
Berbagai model AI telah dikembangkan dan dioptimalkan untuk mendukung pembelajaran adaptif, seperti model rekomendasi konten, umpan balik adaptif berbasis Reinforcement Learning, dan klasifikasi kinerja siswa. Model-model ini telah diuji dan divalidasi dengan data nyata untuk memastikan akurasi dan relevansi.

- Integrasi Fitur-Fitur Personalisasi Pembelajaran yang canggih Fitur seperti pengurutan konten berdasarkan tingkat kesulitan, rekomendasi kelompok belajar, dan umpan balik adaptif telah diintegrasikan ke dalam sistem untuk memberikan pengalaman pembelajaran yang lebih personal dan efektif. Fitur ini memungkinkan siswa belajar sesuai dengan gaya dan kemampuan masing-masing, serta memberikan dukungan yang disesuaikan dari guru.
- Arsitektur Sistem yang Scalable dan Aman Arsitektur sistem yang dikembangkan mampu menangani volume pengguna yang besar dan mendukung skalabilitas sistem dengan integrasi cloud dan teknologi berbasis microservices. Keamanan data dan privasi pengguna juga telah ditingkatkan dengan menggunakan metode enkripsi dan protokol keamanan yang kuat.

2. Hasil Pengujian dan Validasi

Pengujian dan validasi sistem menunjukkan bahwa LENTERAMU berhasil memenuhi sebagian besar kriteria kinerja yang ditetapkan:

- Hasil Pengujian Fungsional dan non-Fungsional Pengujian menunjukkan bahwa semua fitur utama sistem bekerja dengan baik sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Beberapa perbaikan minor diperlukan, namun tidak ada masalah besar yang menghalangi peluncuran sistem.
- Uji Coba Model AI Model AI yang digunakan menunjukkan performa yang baik dengan akurasi, presisi, recall, dan F1-score yang memadai. Penyesuaian dan retraining secara berkala diperlukan untuk menjaga kinerja model sesuai dengan data dan perilaku pengguna yang dinamis.
- User Acceptance Testing (UAT)

UAT menunjukkan bahwa pengguna (siswa, guru, dan administrator) umumnya puas dengan antarmuka, fungsionalitas, dan hasil yang diberikan oleh sistem. Beberapa umpan balik untuk perbaikan lebih lanjut telah diidentifikasi dan diintegrasikan ke dalam rencana pengembangan berikutnya.

3. Manfaat Utama dari Sistem

LENTERAMU memberikan manfaat yang signifikan bagi siswa, guru, dan institusi pendidikan secara keseluruhan:

- Peningkatan Keterlibatan dan Motivasi Siswa: Dengan menyediakan pembelajaran yang adaptif dan personal, sistem ini meningkatkan keterlibatan siswa dan mendorong mereka untuk lebih aktif berpartisipasi dalam proses pembelajaran.
- Pengajaran yang Lebih Efektif dan Terarah bagi Guru: Guru dapat memanfaatkan analitik pembelajaran yang dihasilkan oleh sistem untuk lebih memahami kebutuhan siswa mereka dan memberikan bantuan yang lebih spesifik.
- Keputusan Pembelajaran yang Lebih Cepat dan Tepat: Umpan balik adaptif dan rekomendasi yang diberikan oleh model AI memungkinkan pengambilan keputusan pembelajaran yang lebih cepat dan tepat oleh siswa dan guru.

4. Potensi untuk Pengembangan Lebih Lanjut

Hasil keseluruhan dari pengembangan dan implementasi LENTERAMU menunjukkan bahwa sistem ini memiliki potensi besar untuk diterapkan di berbagai lingkungan pendidikan dan dapat terus dikembangkan untuk mengatasi tantangan baru yang muncul:

- Skalabilitas dan Fleksibilitas Sistem: Dengan arsitektur berbasis cloud dan integrasi microservices, sistem ini dapat dengan mudah diskalakan dan disesuaikan untuk memenuhi kebutuhan sekolah dan institusi pendidikan dengan berbagai ukuran dan kompleksitas.

- Potensi Integrasi Teknologi Baru: Sistem ini siap untuk integrasi dengan teknologi terbaru seperti Natural Language Processing (NLP), Computer Vision, dan Blockchain untuk meningkatkan kemampuan analisis, keamanan, dan interaksi pengguna.

Secara keseluruhan, pengembangan LENTERAMU telah mencapai tujuan utamanya untuk meningkatkan efektivitas, adaptabilitas, dan personalisasi dalam proses pembelajaran. Dengan model AI yang kuat, fitur personalisasi canggih, dan arsitektur sistem yang solid, sistem ini menawarkan solusi inovatif yang dapat meningkatkan pengalaman belajar bagi siswa, efisiensi pengajaran bagi guru, dan efektivitas pengelolaan bagi administrator. Kesimpulan ini juga menekankan pentingnya pengembangan berkelanjutan dan kolaborasi strategis untuk memastikan bahwa sistem tetap relevan dan efektif di masa mendatang.

9.2 Rekomendasi untuk Implementasi Selanjutnya

Rekomendasi untuk Implementasi Selanjutnya ini berfokus pada saran-saran strategis untuk pengembangan, penerapan, dan optimalisasi lebih lanjut dari LENTERAMU. Berdasarkan temuan dari pengembangan, pengujian, dan validasi sistem, beberapa rekomendasi diidentifikasi untuk memastikan bahwa sistem dapat diimplementasikan secara efektif di berbagai lingkungan pendidikan dan terus berkembang untuk memenuhi kebutuhan yang berubah.

1. Optimalisasi dan Pengembangan Fitur Lebih Lanjut

Untuk memastikan sistem ini terus relevan dan efektif, pengembangan dan optimalisasi fitur lebih lanjut sangat dianjurkan:

- 1) Peningkatan Fitur Personalisasi Pembelajaran:

Rekomendasi peningkatan fitur personalisasi pembelajaran adalah mengembangkan lebih lanjut fitur personalisasi seperti rekomendasi konten dan umpan balik adaptif untuk membuat pembelajaran lebih responsif terhadap kebutuhan siswa. Adapun Langkah-Langkah Implementasi peningkatan fitur tersebut yaitu:

- Menerapkan algoritma rekomendasi yang lebih canggih seperti Collaborative Filtering berbasis deep learning.
- Mengintegrasikan feedback loop yang lebih efektif untuk menyesuaikan rekomendasi berdasarkan data interaksi terbaru.

Manfaatnya adalah meningkatkan relevansi dan efektivitas materi pembelajaran yang disajikan, serta meningkatkan keterlibatan dan motivasi siswa.

2) Integrasi Teknologi Baru untuk Peningkatan Analisis Pembelajaran:

Rekomendasi dari integrasi teknologi baru yaitu mengintegrasikan teknologi terbaru seperti Natural Language Processing (NLP) untuk analisis sentimen siswa atau Computer Vision untuk pengamatan interaksi siswa. Langkah-Langkah Implementasi untuk integrasi teknologi tersebut yaitu:

- Mengembangkan modul berbasis NLP untuk menganalisis esai siswa atau percakapan selama diskusi kelas untuk memahami pemahaman dan emosi siswa.
- Menggunakan Computer Vision untuk mengamati keterlibatan siswa secara real-time selama sesi pembelajaran online.

Adapun manfaat dari integrasi tersebut adalah memungkinkan pemahaman yang lebih baik tentang keterlibatan dan kebutuhan siswa, membantu guru menyesuaikan pendekatan pengajaran mereka.

3) Pengembangan Fitur Gamifikasi untuk Meningkatkan Keterlibatan Siswa:

Rekomendasi pengembangan fitur gamifikasi ialah mengimplementasikan konsep gamifikasi ke dalam platform untuk meningkatkan keterlibatan dan motivasi siswa.

Langkah-Langkah pengimplementasian pengembangan fitur tersebut yaitu:

- Menambahkan fitur seperti lencana, poin, leaderboard, dan tantangan yang memotivasi siswa untuk menyelesaikan tugas dan belajar lebih aktif.
- Mengembangkan modul "tantangan belajar" yang dipersonalisasi berdasarkan minat siswa dan tingkat kesulitan yang sesuai.

Manfaat pengembangan fitur tersebut ialah membuat pembelajaran lebih menarik dan meningkatkan partisipasi siswa dalam aktivitas pembelajaran.

2. Pengembangan dan Optimalisasi Model AI

Untuk menjaga kinerja model AI yang optimal dan memastikan relevansinya dengan data terbaru, beberapa langkah pengembangan dan optimalisasi model AI direkomendasikan:

1) Implementasi Strategi MLOps (*Machine Learning Operations*):

Mengadopsi pendekatan MLOps untuk mengotomatisasi pipeline pengembangan, pengujian, dan penerapan model AI ke lingkungan produksi. Langkah-Langkah Implementasi implementasi strategi MLOps yaitu:

- Menggunakan platform MLOps seperti Kubeflow atau MLflow untuk mengelola seluruh siklus hidup model AI.
- Membangun pipeline CI/CD khusus untuk pengembangan dan penerapan model AI, yang mencakup pengujian otomatis, validasi, dan monitoring.

Manfaat dari implementasi tersebut yaitu dapat mengurangi risiko kesalahan dalam implementasi model, meningkatkan kecepatan pengembangan, dan memastikan model AI yang selalu terbarui dan siap produksi.

2) Pembaruan Berkala dan Retraining Model dengan Data Terbaru:

Melakukan retraining model secara berkala dengan menggunakan data terbaru untuk meningkatkan akurasi dan adaptabilitas model. Langkah-Langkah Implementasi pembaruan berkala dan retraining model tersebut yaitu:

- 1) Mengatur jadwal retraining model berdasarkan jumlah data baru yang terkumpul atau interval waktu tertentu.
- 2) Menggunakan teknik seperti Transfer Learning untuk menghemat waktu dan sumber daya dalam melatih ulang model.

Manfaat dari implementasi pembaharuan dan retraining tersebut adalah memastikan model AI selalu relevan dengan perilaku pengguna terbaru dan perubahan pola data.

3) Penggunaan Model Ensemble untuk Meningkatkan Akurasi: Mengembangkan dan mengintegrasikan model ensemble yang menggabungkan beberapa algoritma AI untuk meningkatkan akurasi dan generalisasi prediksi. Langkah-Langkah Implementasi penggunaan model ensemble yaitu:

- Menggabungkan model-model yang berbeda seperti Random Forest, Gradient Boosting, dan Neural Networks untuk mendapatkan prediksi yang lebih akurat.
- Mengoptimalkan teknik ensemble seperti Bagging atau Boosting untuk meminimalkan kesalahan dan variansi model.

Manfaat penggunaan model tersebut dapat mengurangi bias dan variansi dalam model AI, serta meningkatkan stabilitas dan akurasi prediksi.

3. Strategi Implementasi di Lingkungan Pendidikan

Agar sistem ini dapat diimplementasikan dengan sukses di berbagai lingkungan pendidikan, beberapa strategi implementasi dianjurkan

1) Pilot Testing dan Evaluasi Bertahap

Melakukan uji coba pilot di sekolah atau institusi pendidikan terpilih untuk menguji efektivitas sistem dalam skala kecil sebelum peluncuran skala penuh. Langkah-Langkah Implementasi pilot testing dan evaluasi bertahap yaitu:

- Memilih sekolah atau institusi yang beragam sebagai lokasi uji coba untuk mendapatkan umpan balik yang representatif.
- Melakukan evaluasi menyeluruh terhadap hasil uji coba, termasuk efektivitas pembelajaran, keterlibatan pengguna, dan kepuasan pengguna.

Pilot testing dan evaluasi bertahap tersebut bermanfaat dalam mengidentifikasi masalah atau kebutuhan peningkatan sebelum implementasi penuh, meminimalkan risiko kegagalan.

2) Pelatihan Pengguna dan Pengembangan Kompetensi Guru

Menyediakan pelatihan khusus untuk guru dan administrator mengenai cara menggunakan sistem secara efektif dan mengoptimalkan penggunaannya dalam proses pengajaran. Langkah-Langkah Implementasi pelatihan pengguna dan pengembangan kompetensi Guru yaitu:

- Mengembangkan modul pelatihan interaktif dan sesi workshop yang berfokus pada penggunaan fitur-fitur utama sistem.
- Membuat panduan penggunaan dan video tutorial yang mudah diakses oleh semua pengguna.

Pelatihan dan perngembangan tersebut dapat manfaat dalam memastikan bahwa semua pengguna memahami cara memanfaatkan sistem dengan baik, meningkatkan keberhasilan implementasi.

3) Monitoring dan Evaluasi Implementasi secara Berkala:

Melakukan pemantauan dan evaluasi berkelanjutan terhadap implementasi sistem untuk memastikan efektivitas dan menentukan area yang memerlukan perbaikan.

Langkah-Langkah Implementasi tersebut adalah sebagai berikut:

- Menggunakan alat pemantauan untuk melacak penggunaan sistem, performa model AI, dan tingkat kepuasan pengguna.
- Melakukan survei pengguna secara rutin untuk mendapatkan umpan balik yang relevan untuk pengembangan lebih lanjut.

Adapun manfaat monitoring dan evaluasi tersebut adalah untuk memastikan bahwa sistem berjalan sesuai harapan dan terus berkembang sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Rekomendasi ini diharapkan dapat membantu dalam perencanaan dan pelaksanaan implementasi sistem yang lebih efektif dan sukses. Dengan fokus pada peningkatan fitur, optimalisasi model AI, dan strategi implementasi yang komprehensif, LENTERAMU dapat memberikan dampak yang signifikan dalam lingkungan pendidikan. Implementasi yang hati-hati dan strategi pengembangan yang berkelanjutan akan memastikan bahwa sistem ini tetap relevan, efisien, dan efektif dalam memenuhi kebutuhan pembelajaran yang dinamis.

9.3 Dampak Potensial dari Sistem Cerdas

Dampak Potensial dari Sistem Cerdas ini menguraikan pengaruh dan manfaat jangka panjang yang dapat dihasilkan oleh implementasi LENTERAMU di berbagai lingkungan pendidikan. Dengan menggunakan teknologi kecerdasan buatan (AI) dan analitik data, sistem ini menawarkan solusi pembelajaran yang lebih adaptif, efektif, dan terukur. Dampak potensial dari sistem ini dapat dilihat dari berbagai perspektif: efektivitas pembelajaran, keterlibatan siswa, efisiensi pengajaran, serta dampak sosial-ekonomi yang lebih luas.

1. Dampak pada Efektivitas Pembelajaran

LENTERAMU memiliki potensi untuk secara signifikan meningkatkan efektivitas pembelajaran di kelas dan dalam pembelajaran jarak jauh

1) Peningkatan Hasil Belajar Siswa melalui Personalisasi

Dengan menggunakan model AI untuk merekomendasikan konten dan memberikan umpan balik adaptif setidaknya berdampak pada peningkatan hasil belajar. Siswa dapat belajar sesuai dengan kecepatan dan gaya belajar mereka masing-masing. Ini meningkatkan pemahaman konsep yang lebih baik dan meningkatkan hasil belajar. Manfaat Potensial peningkatan hasil belajar siswa melalui personalisasi yaitu:

- Meningkatkan nilai akademik siswa dengan memberikan materi pembelajaran yang sesuai dengan tingkat kemampuan dan minat mereka.
- Mengurangi kesenjangan pembelajaran antara siswa dengan kemampuan berbeda dengan menyediakan materi yang disesuaikan secara individual.

2) Optimalisasi Waktu Belajar dengan Konten yang Tepat Sasaran

AI dapat mengidentifikasi area kelemahan siswa dan merekomendasikan materi pembelajaran yang relevan, hal ini berdampak terhadap penghematan waktu yang dihabiskan untuk mempelajari materi yang sudah dikuasai.

Manfaat Potensial dari optimasi tersebut yaitu:

- Meningkatkan efisiensi pembelajaran dengan fokus pada area yang membutuhkan perbaikan.
- Mengurangi kejemuhan dan meningkatkan motivasi belajar siswa dengan memberikan tantangan belajar yang sesuai.

3) Pengembangan Keterampilan Abad 21 melalui Pembelajaran Adaptif:

Dampak sistem cerdas yang menggabungkan gamifikasi, pembelajaran berbasis proyek, dan analitik pembelajaran ialah dapat membantu siswa mengembangkan keterampilan

kritis, seperti pemecahan masalah, kolaborasi, dan berpikir kritis. Selain itu, pengembangan keterampilan abad 21 melalui pembelajaran adaptif memiliki manfaat potensial yaitu:

- Mendorong pengembangan keterampilan yang relevan untuk era digital, seperti literasi digital, keterampilan berpikir komputasional, dan kreativitas.
- Membantu siswa menjadi pembelajar mandiri yang lebih proaktif dan kritis.

2. Dampak pada Keterlibatan Siswa

Sistem ini juga berpotensi untuk meningkatkan keterlibatan siswa secara signifikan dalam proses pembelajaran:

1) Peningkatan Keterlibatan Melalui Pembelajaran yang Lebih Menarik

Fitur-fitur seperti gamifikasi, tantangan belajar, dan rekomendasi kelompok belajar dapat meningkatkan keterlibatan siswa dengan membuat pembelajaran lebih menarik dan menyenangkan. Peningkatan keterlibatan melalui pembelajaran yang lebih menarik ini memiliki manfaat potensial yaitu:

- Meningkatkan partisipasi aktif siswa dalam aktivitas pembelajaran.
- Mengurangi tingkat kebosanan dan meningkatkan retensi siswa dalam proses pembelajaran.

2) Mendorong Kolaborasi dan Pembelajaran Sosial

Rekomendasi kelompok belajar berdasarkan minat dan kemampuan siswa mendorong kolaborasi antar siswa, hal tersebut memiliki dampak positif yaitu dapat membantu mereka belajar secara sosial dan dari satu sama lain. Kolaborasi dan pembelajaran sosial tersebut memiliki manfaat Potensial yaitu

- Mengembangkan keterampilan sosial dan kerja tim di antara siswa.

- Meningkatkan motivasi belajar melalui interaksi sosial dan kompetisi sehat di antara rekan sebaya.
- 3) Peningkatan Keterlibatan Melalui Umpan Balik *Real-Time*
- Umpan balik adaptif yang diberikan oleh model AI berdasarkan kinerja siswa memungkinkan siswa untuk memahami kesalahan mereka dengan cepat dan mendapatkan arahan untuk perbaikan. Peningkatan keterlibatan tersebut memiliki manfaat potensial yaitu:
- Meningkatkan kepuasan belajar siswa dengan memberikan arahan yang jelas dan dapat ditindaklanjuti.
 - Mengurangi waktu untuk memahami konsep yang sulit melalui umpan balik yang segera.

3. Dampak pada Efisiensi Pengajaran dan Pengelolaan Pendidikan

Sistem ini juga dapat berdampak positif pada efisiensi pengajaran dan pengelolaan pendidikan

- 1) Peningkatan Efisiensi Pengajaran untuk Guru
- Guru dapat memanfaatkan data analitik pembelajaran untuk mendapatkan wawasan mendalam tentang kemajuan siswa, sehingga dapat merencanakan pembelajaran yang lebih terarah dan efektif. Peningkatan efisiensi pengajaran guru memiliki manfaat Potensial untuk mengurangi beban administratif guru dengan menyediakan laporan otomatis dan umpan balik siswa serta dapat membantu guru mengidentifikasi kebutuhan belajar siswa dan merancang intervensi yang lebih spesifik.
- 2) Pengambilan Keputusan yang Lebih Cepat dan Tepat untuk Administrator Sekolah
- Dampak pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat tersebut adalah administrator dapat menggunakan data yang dikumpulkan dari sistem untuk membuat keputusan yang lebih tepat terkait kurikulum, alokasi sumber daya, dan kebijakan pendidikan. Selain itu, pengambilan keputusan yang cepat dan tepat memiliki manfaat Potensial seperti:

- Mengoptimalkan alokasi sumber daya dan dukungan berdasarkan data kinerja siswa.
 - Mengambil keputusan yang lebih proaktif berdasarkan analisis tren pembelajaran.
- 3) Pengurangan Beban Kerja dan Otomatisasi Tugas Rutin
- Dengan otomatisasi tugas rutin seperti penilaian dan pelaporan memiliki dampak tersendiri, yaitu guru dapat fokus lebih pada pengajaran dan interaksi langsung dengan siswa. Selain itu manfaat potensial pengurangan beban kerja dan otomatisasi terhadap tugas rutin dapat meningkatkan efisiensi operasional sekolah dan mengurangi stres dan kelelahan di kalangan guru.

4. Dampak Sosial-Ekonomi yang Lebih Luas

Implementasi sistem ini juga dapat memberikan dampak sosial-ekonomi yang lebih luas di masyarakat:

- 1) Peningkatan Akses terhadap Pendidikan Berkualitas
- Sistem cerdas memungkinkan personalisasi pembelajaran secara massal, sehingga berdampak pada akses yang lebih banyak oleh siswa, termasuk mereka yang memiliki keterbatasan akses ke sumber daya pendidikan. Hal tersebut memiliki manfaat potensial untuk membantu menciptakan akses pendidikan yang lebih setara di daerah yang kurang terlayani serta mengurangi kesenjangan pendidikan dengan memberikan sumber daya pembelajaran yang berkualitas untuk semua siswa.
- 2) Pengembangan Sumber Daya Manusia yang Lebih Terampil
- Dampak pengembangan tersebut yaitu dengan mendukung pembelajaran yang lebih efektif dan pengembangan keterampilan abad 21, sistem ini dapat berkontribusi pada peningkatan kualitas sumber daya manusia di masa depan. Selain itu pengembangan sumber daya manusia yang lebih terampil memiliki manfaat potensial dapat meningkatkan daya saing tenaga kerja di pasar global dengan keterampilan

yang lebih relevan dan mutakhir serta mendorong inovasi dan kreativitas di kalangan generasi muda.

- 3) Pengurangan Tingkat Putus Sekolah dan Peningkatan Retensi Dampak pengurangan tingkat putus sekolah dan peningkatan retensi ialah dengan meningkatkan keterlibatan dan hasil belajar, sistem ini dapat membantu mengurangi tingkat putus sekolah. Manfaat Potensial dari Dampak pengurangan tingkat putus sekolah dan peningkatan retensi adalah meningkatkan angka retensi siswa di sekolah, terutama di daerah dengan tingkat putus sekolah yang tinggi dan memberikan peluang lebih baik bagi siswa untuk mencapai pendidikan yang lebih tinggi.

Secara keseluruhan, LENTERAMU memiliki potensi untuk secara signifikan mengubah lanskap pendidikan dengan meningkatkan efektivitas pembelajaran, keterlibatan siswa, efisiensi pengajaran, dan memberikan dampak sosial-ekonomi yang lebih luas. Dengan adopsi yang tepat dan pengembangan berkelanjutan, sistem ini dapat menjadi pendorong utama untuk pendidikan yang lebih inklusif, adaptif, dan berkelanjutan.

Referensi

- 1 Baker, R. S., & Inventado, P. S. (2014). "Educational data mining and learning analytics." In Learning Analytics (pp. 61-75). Springer, New York, NY.
- 2 Boyle, C., Lamprou, E., & Boyle, T. (2012). "Inclusive design for online learning environments: What can be learned from the Web Accessibility Initiative?" In International Conference on Web Information Systems and Technologies (pp. 61-66). Springer, Berlin, Heidelberg.
- 3 Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. (2004). "School engagement: Potential of the concept, state of the evidence." *Review of Educational Research*, 74(1), 59-109.
- 4 Gogolin, I., & Maas, U. (2018). "Education for a multilingual world." *Language Problems and Language Planning*, 42(2), 111-134.
- 5 Forsey, M., Lowes, L., & Glance, D. (2019). "Flipping the sociology classroom: Towards a practice of online pedagogy." *Teaching Sociology*, 41(2), 203-214.
- 6 Li, M., & Ogata, H. (2019). "Towards a personalized ubiquitous learning support system: Context-aware ubiquitous learning." *Journal of Educational Technology & Society*, 22(1), 115-126.
- 7 Setyawan, A. H., et al. (2018). "Artificial Intelligence in Education: Opportunities and Challenges." *International Journal of Artificial Intelligence & Applications*, 9(1), 32-45.
- 8 UNESCO (2021). "Reimagining our futures together: A new social contract for education." Paris: UNESCO.
- 9 Wang, Q., & Woo, H. L. (2019). "Exploring the affordances of blended learning in higher education: A case study on student engagement." *Educational Media International*, 56(3), 135-151.
- 10 Kubeflow. "An open-source platform for machine learning." Retrieved from [Kubeflow website](https://www.kubeflow.org/) (<https://www.kubeflow.org/>)

- 11 Grafana Labs. "Grafana: Open-source observability platform." Retrieved from [Grafana Labs website](https://grafana.com/) (<https://grafana.com/>)
- 12 Microsoft Azure AI, Google Cloud AI, AWS SageMaker. "AI and machine learning as a service platforms." Documentation and use cases retrieved from respective websites.
- 13 Selenium, JUnit, TestNG. "Automated testing tools for regression testing." Retrieved from respective official websites.
- 14 Arifin, S., & Purwanto, A. (2020). "Pengembangan Sistem Pembelajaran Berbasis Kecerdasan Buatan untuk Meningkatkan Efektivitas Belajar Siswa di Sekolah Menengah Atas." *Jurnal Teknologi Pendidikan Indonesia*, 10(2), 87-96.
- 15 Wijaya, H., & Supriyadi, S. (2019). "Model Pembelajaran Adaptif Menggunakan Teknologi AI untuk Menyesuaikan Gaya Belajar Siswa." *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Informasi*, 8(1), 55-67.
- 16 Suryadi, A., & Ramadhan, Y. (2021). "Analisis Efektivitas Penggunaan Machine Learning untuk Prediksi Kinerja Akademik Siswa di Sekolah Menengah." *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Pendidikan*, 12(3), 102-114.
- 17 Kurniawan, D., & Nurhayati, T. (2022). "Penerapan Pembelajaran Berbasis Gamifikasi dengan Teknologi Kecerdasan Buatan untuk Meningkatkan Motivasi Belajar Siswa." *Jurnal Inovasi Teknologi Pendidikan*, 15(1), 21-34.
- 18 Pratama, B. R., & Kusuma, M. A. (2020). "Implementasi Pembelajaran Adaptif Menggunakan Algoritma Klasifikasi di Lingkungan Perguruan Tinggi." *Jurnal Teknik Informatika dan Pendidikan Teknologi Informasi*, 6(2), 145-158.
- 19 Handayani, R., & Hidayat, T. (2019). "Pengembangan Sistem Cerdas untuk Personalisasi Pembelajaran dengan Menggunakan Teknologi Big Data dan Machine Learning." *Jurnal Sains dan Teknologi Komputer*, 4(2), 89-103.
- 20 Rahmawati, N., & Saputra, A. (2021). "Studi Penggunaan Metode Reinforcement Learning dalam Pengembangan Sistem

Pembelajaran Adaptif." Jurnal Teknologi dan Kejuruan Pendidikan, 13(3), 78-90.

Lampiran 1

Daftar Gambar dan Tabel

Daftar Gambar

Gambar 2.3. 1 Alur Kerja Modul Analisis Data Siswa.....	27
Gambar 2.3. 2 Alur Kerja Modul Personalisasi Konten.....	30
Gambar 2.3. 3 Alur Kerja Modul Umpan Balik Adaptif	34
Gambar 2.3. 4 Alur Kerja Modul Pemantauan dan Penilaian Kerja .	38
Gambar 2.3. 5 Alur Kerja Modul Analisis Data Siswa.....	41
<i>Gambar 2.3. 6 Alur Kerja Modul Integrasi dan Pengelolaan Data ...</i>	45
Gambar 2.4. 1 Alur Interaksi antara Modul Analisis Data Siswa dan Data Warehouse.....	50
Gambar 2.4. 2 Alur Interaksi antara Modul Personalisasi Konten dan Modul Analisis Data Siswa.....	51
Gambar 2.4. 3 Alur Interaksi antara Modul Umpan Balik Adaptif dan Sistem Pemantauan Kinerja	52
Gambar 2.4. 4 Alur Interaksi antara Modul Integrasi dan Pengelolaan Data dengan Sistem Eksternal	53
Gambar 2.4. 5 Alur Interaksi antara Antarmuka Pengguna dan Layanan AI serta Modul Pembuatan Laporan.....	54
Gambar 2.4. 6 Alur Interaksi antara Komponen Keamanan dan Privasi dengan Semua Modul Lainnya	55
Gambar 2.4. 7 Alur Interaksi antara Modul Pembuatan Laporan dan Sistem Pemantauan dan Penilaian Kinerja	56
Gambar 2.5. 1 Arsitektur Lapisan Pengumpulan Data.....	57
Gambar 2.5. 2 Arsitektur Lapisan Pemrosesan dan Analisis.....	58
Gambar 2.5. 3 Arsitektur Lapisan Layanan AI dan Personalisasi	59
Gambar 2.5. 4 Arsitektur Lapisan Antarmuka Pengguna.....	60
Gambar 2.5. 5 Arsitektur Lapisan Integrasi dan Keamanan.....	61
Gambar 2.5. 6 Arsitektur Lapisan Laporan dan Visualisasi	62
Gambar 2.5. 7 Arsitektur Utuh LENTERAMU	62
Gambar 2.6. 1 Infrastruktur Teknologi dan Alat Yang Digunakan.....	68

Gambar 3. 1 Arsitektur Model AI.....	71
Gambar 3.2. 1 Diagram Konteks Modul Analisis data Siswa.....	76
Gambar 3.2. 2 Diagram Komponen Modul Analisis Data Siswa.....	80
Gambar 3.2.3 Proses dan Output Model Analisis Data Siswa.....	85
Gambar 3.3.1 Diagram Konteks Modul Personalisasi Konten	89
Gambar 3.3.2 Diagram Komponen Modul Personalisasi Konten.....	94
Gambar 3.3.3 Proses dan Output Modul Personalisasi Konten.....	99
Gambar 3.4.1 Diagram Konteks Modul Umpan Balik Adaptif.....	104
Gambar 3.4.2A Diagram Alur Algoritma Q-Learning dalam Modul Umpan Balik adaptif.....	110
Gambar 3.4.3 Diagram Aktivitas Modul Umpan Balik Adaptif.....	117
Gambar 3.5 1 Diagram Konteks Modul Pemantauan dan Penilaian.....	122
Gambar 3.5 2 Diagram Komponen Modul Pemantauan dan Penilaian.....	128
Gambar 3.5 3 Diagram Aktivitas Modul Pemantauan dan Penilaian.....	134
Gambar 3. 2 Diagram Desain Model AI	138
Gambar 4.6.1 Komponen Utama Pipeline Integrasi AI	171
Gambar 4.6.1 Alur Pipeline Integrasi AI ke Sistem Produksi.....	176
<i>Gambar 4.7. 1 Tampilan Antar Muka Dashboard Utama Siswa</i>	184
Gambar 4.7.2 Tampilan antar muka administrator	185
Gambar 4.7. 3 Tampilan Antar Muka Dashboard Utama Administrator & Guru.....	185
Gambar 4.7. 4 Tampilan Antar Muka manajemen Pengguna.....	186
Gambar 4.7.5 Gambar Katalog Mata Pelajaran	187
Gambar 4.7.5 Gambar Detail Kursus	188
Gambar 4.7.7 Gambar Konten Pembelajaran.....	189
Gambar 4.7.8 Gambar Evaluasi dan Umpan Balik	190
Gambar 4.7.9 Gambar Log Interaksi Pengguna	191
Gambar 4.7.10 Dashboard Laporan dan Visualisasi	192
Gambar 4.7.11 Dashboard Keterlibatan dalam Kursus.....	192

Gambar 4.7.12 Gambar Laporan dan Visualisasi	193
Gambar 4.7.13 Gambar Pengaturan Sistem	194
Gambar 4.7.14 Gambar Pusat Bantuan	195
Gambar 4.7.15 Gambar Grafik Monitoring dan Update Model AI ..	196
Gambar 4.7.16 Gambar Monitoring	196
Gambar 5. 4 Diagram Entitas-Relasi	220
Gambar 5.1 1 Model Data	199
Gambar 5.1 2 Organisasi dan Kategori Data.....	201
Gambar 5.2 1 Desain Skema Database	203
Gambar 5.2 2 Desain Interaksi Pengguna.....	206
Gambar 5.2 3 Desain Relasi Antar Tabel	207
Gambar 5.2 4 Desain Normalisasi Database.....	208
Gambar 5.3 1 Desain Struktur Data.....	212
Gambar 5.3 2 Desain Struktur Direktori Penyimpanan Konten	212
Gambar 5.3 3 Desain Struktur Direktori Penyimpanan Data	213
Gambar 5.5 1 Gambar Pengelolaan dan Data	222
Gambar 5.5 2 Gambar Kontrol Akses	225
Gambar 5.5 3 Gambar Pengelolaan Pendidikan dan Pelatihan	226
Gambar 6.1 1 Diagram Alur Kerja Sistem	230
Gambar 6.1 2 Manfaat Diagram Alur Kerja	233
Gambar 6.2 1 Diagram Alur Kerja Pengguna	239
Gambar 6.3 1 Alur Proses Pembelajaran AI.....	244
Gambar 6.4 1 Diagram Alur Umpan Balik dan Penilaian	249
Gambar 8.1 1 Rencana Pengembangan Fitur Tambahan Jangka Pendek.....	312
Gambar 8.1 2 Rencana Pengembangan Fitur Tambahan Jangka Menengah	312
Gambar 8.1 3 Rencana Pengembangan Fitur Tambahan Jangka Panjang	312
Gambar 8.2 1 Penginkatan Model Ai Berkelanjutan.....	318

Gambar 8.3 1 Rencana Pembaruan Data dan Pemeliharaan Sistem.....	324
Gambar 8.3 2 Rencana Pembaruan Data dan Pengembangan Lanjut	329

Daftar Tabel

Table 6.5 1 Diagram Alur Kerja Sistem	255
Table 7.2 1 Formulir Pengujian Fungsional.....	268
Table 7.2 2 Formulir Pengujian Non-Fungsional.....	272
Table 7.3 1 Formulir Pengujian Model AI	282
Table 7.4 1 Formulir Pengujian Pengguna	293
Table 7.5 1 Validasi dan Hasil Pengujian.....	303

Lampiran 2

Terminologi Teknis

AI (Artificial Intelligence)	Teknologi yang memungkinkan sistem komputer untuk belajar dari data, mengenali pola, dan membuat keputusan yang mirip dengan cara manusia berpikir.
Machine Learning (ML)	Subbidang AI yang berfokus pada pengembangan algoritma yang memungkinkan komputer belajar dari data dan meningkatkan kinerja tanpa diprogram secara eksplisit.
Reinforcement Learning	Teknik pembelajaran mesin di mana agen belajar melalui percobaan dan kesalahan untuk memaksimalkan suatu reward atau tujuan tertentu.
Natural Language Processing (NLP)	Teknologi yang digunakan untuk mengolah dan memahami bahasa manusia melalui komputer, seperti analisis teks atau pemahaman konteks percakapan.
Computer Vision	Bidang ilmu komputer yang memungkinkan komputer untuk memahami dan menginterpretasikan gambar atau video secara otomatis.
Gamifikasi	Strategi pembelajaran yang menggunakan elemen-elemen permainan seperti poin, lencana, dan tantangan untuk meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa.
Umpaman Balik Adaptif	Sistem yang memberikan umpan balik yang dipersonalisasi dan disesuaikan dengan

	kebutuhan atau respons pengguna berdasarkan hasil analisis data.
Hyperparameter Tuning	Proses penyesuaian parameter model pembelajaran mesin untuk meningkatkan performa model tanpa secara langsung dipelajari dari data.
Ensemble Learning	Teknik pembelajaran mesin yang menggabungkan beberapa model untuk meningkatkan akurasi prediksi dan mengurangi variabilitas.
MLOps (Machine Learning Operations)	Pendekatan yang menggabungkan praktik DevOps dengan pembelajaran mesin untuk mengotomatisasi siklus hidup model AI, mulai dari pengembangan hingga produksi.
Concept Drift	Perubahan distribusi data input yang menyebabkan model pembelajaran mesin yang ada menjadi tidak relevan atau kurang akurat seiring waktu.
Big Data	Data yang sangat besar, kompleks, dan bervariasi sehingga membutuhkan teknologi khusus untuk mengelola, menganalisis, dan mengekstrak informasi yang berguna.
Deep Learning	Subbidang pembelajaran mesin yang menggunakan jaringan saraf tiruan yang dalam untuk memodelkan pola dan representasi data yang kompleks.
Transfer Learning	Teknik dalam pembelajaran mesin di mana model yang telah dilatih pada satu tugas digunakan kembali untuk tugas lain yang terkait.
Klasifikasi Kinerja Siswa	Metode menggunakan algoritma AI untuk mengklasifikasikan siswa berdasarkan

	kinerja mereka, membantu dalam pengambilan keputusan pendidikan.
Collaborative Filtering	Teknik dalam sistem rekomendasi yang menggunakan informasi dari perilaku pengguna lain untuk merekomendasikan item yang relevan.
Feedback Loop Mechanism	Proses pengumpulan umpan balik secara berkelanjutan untuk memperbarui dan meningkatkan model atau sistem berbasis AI.
Microservices Architecture	Pendekatan arsitektur sistem di mana aplikasi dipecah menjadi layanan-layanan kecil yang dapat dikembangkan, diuji, dan diterapkan secara independen.
Real-time Data Update Pipeline	Proses pembaruan data secara real-time untuk memastikan sistem selalu menggunakan data terbaru untuk analisis dan keputusan.
Regression Testing	Proses pengujian perangkat lunak untuk memastikan bahwa perubahan atau pembaruan baru tidak memengaruhi fungsionalitas yang ada.
Roadmap Pengembangan Sistem	Rencana strategis yang mengilustrasikan tahap-tahap pengembangan dan peningkatan sistem atau produk dalam jangka waktu tertentu.
User Acceptance Testing (UAT)	Pengujian yang melibatkan pengguna akhir untuk memverifikasi bahwa sistem atau aplikasi berfungsi seperti yang diharapkan sebelum peluncuran penuh.
CI/CD Pipeline	Alur kerja otomatis untuk integrasi dan pengiriman berkelanjutan perangkat lunak

	atau model AI dari pengembangan hingga produksi.
Entity-Relationship (ER) Diagram	Diagram yang digunakan untuk menggambarkan struktur data dan hubungan antar entitas dalam basis data.
Feedback and Assessment Workflow Diagram	Diagram yang menggambarkan alur proses bagaimana sistem memberikan umpan balik dan melakukan penilaian terhadap pengguna atau kinerja.
Data Cleansing	Proses pembersihan data untuk menghilangkan data yang tidak lengkap, duplikat, atau tidak relevan guna meningkatkan kualitas data yang digunakan.
Batch Retraining	Proses pelatihan ulang model pembelajaran mesin secara berkala menggunakan batch data baru untuk memastikan model tetap relevan dan akurat.
Bootstrap Aggregating (Bagging)	Teknik ensemble yang melatih beberapa model pada subset data yang berbeda dan menggabungkan hasilnya untuk meningkatkan akurasi prediksi.
Gradient Boosting	Teknik ensemble yang berulang kali melatih model baru untuk memperbaiki kesalahan model sebelumnya, meningkatkan kinerja prediksi.
Graphical User Interface (GUI)	Antarmuka pengguna berbasis grafis yang memudahkan interaksi antara pengguna dengan sistem atau aplikasi.
A/B Testing	Metode pengujian di mana dua versi dari suatu sistem atau fitur dibandingkan untuk menentukan mana yang lebih efektif atau disukai pengguna.

Content-Based Filtering	Teknik rekomendasi yang menggunakan karakteristik konten yang relevan untuk merekomendasikan item serupa kepada pengguna.
Model-Based Collaborative Filtering	Pendekatan rekomendasi yang menggunakan model pembelajaran mesin untuk memprediksi preferensi pengguna berdasarkan pola perilaku masa lalu.
Supervised Learning	Jenis pembelajaran mesin di mana model dilatih menggunakan data yang diberi label untuk memprediksi atau mengklasifikasikan data yang baru.
Unsupervised Learning	Jenis pembelajaran mesin di mana model dilatih pada data yang tidak diberi label untuk menemukan pola atau struktur tersembunyi dalam data.

Lampiran 3:

Ringkasan Grand Design LENTERAMU

Grand design dari LENTERAMU ini terdiri dari beberapa elemen kunci yang terintegrasi untuk menciptakan pengalaman pembelajaran yang lebih adaptif, inklusif, dan efektif. Berikut adalah elemen-elemen dan komponen utama yang akan digambarkan dalam grand design:

1. Tujuan Utama

- a) Meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa melalui pembelajaran yang dipersonalisasi.
- b) Mengoptimalkan potensi individu siswa dengan menggunakan teknologi AI.
- c) Menciptakan lingkungan belajar yang inklusif dan responsif terhadap kebutuhan setiap siswa.

2. Komponen Utama dalam Desain

- *Arsitektur Aplikasi Cerdas:* Struktur yang mengintegrasikan berbagai modul dan komponen untuk mendukung pembelajaran yang dipersonalisasi. Komponen ini mencakup:
 - a) *Modul Analisis Data Siswa:* Mengumpulkan dan menganalisis data interaksi siswa untuk memahami gaya belajar dan kebutuhan mereka.
 - b) *Modul Personalisasi Konten:* Menggunakan algoritma rekomendasi untuk memberikan materi pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik siswa.
 - c) *Modul Umpan Balik Adaptif:* Memberikan umpan balik yang dinamis dan tepat waktu berdasarkan kinerja siswa.
 - d) *Modul Pemantauan dan Penilaian:* Menggunakan analisis data untuk evaluasi kinerja siswa dan menyediakan saran pengembangan lebih lanjut.

3. Model AI dalam Sistem

- Desain Model AI yang melibatkan beberapa pendekatan pembelajaran mesin untuk analisis data dan personalisasi pembelajaran:
 - a) *Natural Language Processing (NLP) Engine* untuk menganalisis interaksi berbasis teks.
 - b) *Reinforcement Learning (Q-learning)* untuk memberikan umpan balik adaptif yang disesuaikan dengan kebutuhan siswa.
 - c) *Rekomendasi Konten dan Faktorisasi Matriks* untuk menyajikan materi yang relevan.
 - d) *Klasifikasi, kNN, Analisis Deskriptif, dan Pembelajaran Supervisi* untuk menilai kinerja siswa.

4. Infrastruktur Teknologi dan Alat yang Digunakan

- *Platform MLOps (Machine Learning Operations)* seperti Kubeflow atau MLflow untuk mengelola siklus hidup model AI, termasuk pengembangan, pengujian, dan penerapan model.
- *Teknologi Cloud dan Microservices* untuk mendukung skalabilitas dan fleksibilitas sistem.
- *Alat Monitoring dan Logging* seperti Grafana untuk memantau performa sistem dan model AI.

5. Pipeline Pengembangan dan Integrasi

- *Pipeline Pengembangan Model AI*: Siklus pengembangan, validasi, dan implementasi model yang berkelanjutan untuk memastikan kinerja optimal.
- *Integrasi AI ke Sistem Produksi*: Proses otomatisasi CI/CD untuk model AI yang menggabungkan pelatihan ulang, pengujian regresi, dan pemantauan performa.

6. Data dan Keamanan

- *Model Data dan Desain Skema Database*: Struktur data yang mendukung kebutuhan analitik dan personalisasi.

- *Manajemen Keamanan Data:* Menggunakan protokol keamanan, enkripsi, dan strategi pemulihan bencana untuk melindungi data siswa.

7. Workflow dan Interaksi Pengguna

- *Diagram Alur Kerja Sistem:* Menunjukkan interaksi antara modul AI, komponen pembelajaran, dan pengguna.
- *Diagram Alur Kerja Pengguna:* Menggambarkan perjalanan pengguna (siswa, guru, administrator) melalui sistem untuk memanfaatkan fitur yang ada.

8. Pengujian dan Validasi

- *Strategi Pengujian Aplikasi:* Melibatkan pengujian fungsional, non-fungsional, UAT, dan pengujian model AI untuk memastikan kualitas dan kesiapan sistem.
- *Evaluasi Performa Model AI:* Menggunakan metrik evaluasi seperti akurasi, presisi, dan recall untuk menilai kinerja model AI.

9. Rencana Pengembangan dan Peningkatan Sistem

- *Pengembangan Fitur Tambahan:* Rencana untuk menambah fitur seperti gamifikasi, rekomendasi kelompok belajar, dan personalisasi lebih lanjut.
- *Peningkatan Model AI Berkelanjutan:* Menggunakan hyperparameter tuning, ensemble learning, dan MLOps untuk meningkatkan model AI.
- *Pembaruan Data dan Pemeliharaan Sistem:* Strategi untuk memastikan bahwa data dan sistem selalu diperbarui dan aman.

10. Dampak Potensial dan Rekomendasi Implementasi

- *Dampak pada Pembelajaran:* Meningkatkan efektivitas pembelajaran, keterlibatan siswa, dan efisiensi pengajaran.
- *Rekomendasi untuk Implementasi:* Meliputi strategi implementasi bertahap, pelatihan pengguna, dan kolaborasi dengan mitra eksternal.

Visualisasi Grand Design

Secara visual, grand design ini dapat diilustrasikan sebagai sebuah diagram hierarkis yang menunjukkan komponen inti, interaksi antar modul, dan alur data dalam sistem. Setiap modul AI dan fitur kunci akan dihubungkan dengan elemen-elemen infrastruktur dan proses pengembangan untuk menunjukkan integrasi dan alur kerja sistem yang holistik.

Diagram berikut menggambarkan struktur hierarkis dari tujuan utama, komponen desain utama, model AI yang digunakan, infrastruktur dan alat yang digunakan, pipeline pengembangan dan integrasi, serta aspek lain seperti data dan keamanan, alur kerja pengguna, pengujian dan validasi, dan rencana pengembangan lebih lanjut..

