



Reflectai: Otomatisasi Perangkat Pembelajaran Mendalam Menggunakan Machine Learning dan Student Behavior Analysis Melalui LMS

Ahmad Yuan Arby

Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran Jawa Timur”

Alamat: Jl. Rungkut Madya, Gunung Anyar, Kecamatan Gunung Anyar, Surabaya, Jawa Timur

Korespondensi penulis: 19081010177@student.upnjatim.ac.id

Abstract. *This study presents ReflectAI, a web-based system designed to automate the creation of teaching materials tailored to students' learning styles using behavior data from a Learning Management System (LMS). Student digital activity data—such as logins, material access, forum participation, assignment submission, and quiz results—are extracted and processed using a Hierarchical Clustering algorithm to categorize students into three learning styles: visual, auditory, and kinesthetic. Based on the clustering results, the system automatically generates personalized learning modules using generative AI (ChatGPT API), aligned with each student's learning preferences. Employing a data-driven system development approach, the system was tested with data from 230 students in a mathematics course. The results show diverse learning style distributions and relevant, tailored content generation. ReflectAI is designed to reduce teachers' administrative workload and enhance personalized and adaptive learning. This system contributes to educational transformation through deep, data-driven technology integration.*

Keywords: : Learning Style, Machine Learning, LMS, Generative AI, Adaptive Learning

Abstrak. Penelitian ini mengembangkan *ReflectAI*, sebuah sistem berbasis web yang mengotomatisasi pembuatan perangkat ajar sesuai gaya belajar siswa dengan memanfaatkan data aktivitas dari *Learning Management System* (LMS). Data perilaku digital siswa seperti login, akses materi, forum, tugas, dan kuis diekstraksi dan diproses melalui algoritma Hierarchical Clustering untuk mengelompokkan siswa ke dalam tiga gaya belajar: visual, auditori, dan kinestetik. Berdasarkan hasil klasterisasi, sistem menghasilkan modul ajar secara otomatis menggunakan teknologi AI generatif (ChatGPT API) yang menyesuaikan dengan preferensi belajar masing-masing siswa. Penelitian ini menggunakan pendekatan pengembangan sistem berbasis data (data-driven system development) dan menguji sistem pada 230 data siswa di mata pelajaran Matematika. Hasil menunjukkan distribusi gaya belajar yang bervariasi dan relevansi konten yang dihasilkan sesuai gaya belajar masing-masing siswa. Sistem ini dinilai mampu mengurangi beban administratif guru dan mendukung personalisasi pembelajaran yang lebih efektif dan adaptif. *ReflectAI* berkontribusi dalam transformasi pendidikan dengan pendekatan teknologi yang mendalam dan berbasis data.

Kata kunci: Gaya Belajar, Machine Learning, LMS, AI Generatif, Pembelajaran Adaptif

1. LATAR BELAKANG

Di era transformasi pendidikan saat ini, guru dituntut untuk menciptakan proses pembelajaran yang tidak hanya menuntaskan materi, tetapi juga membangun pemahaman mendalam (*deep learning*) bagi peserta didik pada saat pembelajaran. Namun, pada kenyataannya beban administratif yang tinggi masih menjadi hambatan signifikan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2022, sekitar 30% waktu kerja guru di Indonesia dihabiskan untuk aktivitas administratif, seperti penyusunan perangkat ajar. Kondisi ini mengurangi fokus guru dalam merancang pembelajaran yang kontekstual, reflektif, dan adaptif terhadap kebutuhan setiap individu siswa.

Sampai saat ini mayoritas sistem pembelajaran di Indonesia masih menerapkan model satu pola perangkat ajar untuk seluruh siswa, tanpa memperhatikan gaya belajar individu siswa. Studi Brahmantio & Anistyasari (2021) bahkan mencatat bahwa dalam e-learning adaptif berbasis Moodle, sistem hanya menyajikan materi sesuai gaya belajar dominan dan menyembunyikan gaya belajar yang lainnya, begitupun yang diterapkan di SMK Telkom Sidoarjo. Sistem pembelajaran yang ada tidak memberikan rencana pembelajaran dan modul pembelajaran yang cocok sesuai gaya belajar atau kebiasaan belajar setiap individu siswa.

Sementara itu, Sappaile et al. (2024) menunjukkan bahwa penggunaan alat pembelajaran adaptif berbasis AI berkorelasi positif dengan peningkatan prestasi siswa, mengartikulasikan pentingnya pendekatan personalisasi dalam pembelajaran. Hal ini sejalan dengan hasil studi Rahadian & Budiningsih (2023), yang mengembangkan sistem manajemen kelas berbasis gaya belajar siswa dan terbukti meningkatkan efektivitas strategi pembelajaran di SMP.

Model pembelajaran merupakan suatu kerangka konseptual yang menggambarkan prosedur sistematis dalam merancang pengalaman belajar agar tujuan pembelajaran tercapai secara efektif. Model ini melibatkan pendekatan, strategi, metode, dan teknik pembelajaran yang disesuaikan dengan karakteristik siswa dan kompetensi yang ingin dicapai (Arends, 2012).

Salah satu faktor penting dalam menentukan efektivitas suatu model pembelajaran adalah gaya belajar siswa. Gaya belajar merujuk pada cara individu menerima, memproses, dan mengelola informasi secara unik. Setiap siswa memiliki karakteristik belajar yang berbeda visual, auditori, atau kinestetik yang mempengaruhi bagaimana mereka menyerap materi (Dunn & Dunn, 1993).

Di era digital, karakteristik ini dapat ditelusuri secara empiris melalui jejak digital (log aktivitas) siswa saat menggunakan platform pembelajaran seperti LMS (*Learning Management System*). Log aktivitas LMS menyimpan data perilaku siswa seperti frekuensi login, waktu akses materi, partisipasi forum, pengumpulan tugas, dan hasil evaluasi. Pola-pola ini mencerminkan preferensi belajar individu. Misalnya, siswa yang lebih aktif pada konten video dan tugas interaktif cenderung memiliki gaya belajar visual atau kinestetik. Mengetahui gaya belajar siswa memberikan dampak besar terhadap peningkatan engagement, motivasi belajar, dan hasil belajar. Putra (2023) membuktikan bahwa klasifikasi gaya belajar siswa berdasarkan log aktivitas menggunakan metode Bayesian Network menunjukkan akurasi tinggi, dan hasil klasifikasi tersebut divalidasi secara positif oleh siswa.

ReflectAI mengusulkan inovasi berbasis system website yang mengintegrasikan ekstraksi data perilaku siswa dari LMS, *clustering* gaya belajar per individu menggunakan algoritma Machine Learning dan generasi otomatis perangkat ajar (modul, asesmen, dan strategi pembelajaran) menggunakan AI generatif (ChatGPT) yang disesuaikan dengan hasil *clustering* gaya belajar siswa.

2. KAJIAN TEORITIS

Pembelajaran adaptif merupakan pendekatan pembelajaran yang menyesuaikan materi, strategi, dan evaluasi berdasarkan karakteristik serta kebutuhan individu peserta didik. Pendekatan ini bertujuan meningkatkan efektivitas pembelajaran melalui personalisasi pengalaman belajar. Dalam konteks pendidikan digital, pembelajaran adaptif didukung oleh pemanfaatan *Learning Management System* (LMS) yang berfungsi sebagai platform pengelolaan pembelajaran daring (Arends, 2012). LMS tidak hanya memfasilitasi distribusi materi dan evaluasi, tetapi juga merekam log aktivitas siswa yang mencerminkan perilaku belajar secara objektif dan berkelanjutan.

Salah satu karakteristik penting dalam pembelajaran adalah gaya belajar siswa, yang merujuk pada cara individu menerima dan mengolah informasi. Gaya belajar umumnya diklasifikasikan menjadi visual, auditori, dan kinestetik (Dunn & Dunn, 1993). Perbedaan gaya belajar ini memengaruhi cara siswa memahami materi dan berinteraksi dengan pembelajaran. Pemahaman terhadap variasi gaya belajar menjadi dasar penting dalam merancang pembelajaran adaptif yang mampu meningkatkan keterlibatan, motivasi, dan hasil belajar siswa.

Dalam mengolah data log aktivitas LMS, pendekatan Machine Learning, khususnya unsupervised learning, dapat digunakan untuk mengekstraksi pola tanpa memerlukan label awal. Salah satu metode yang relevan adalah Hierarchical Clustering, yaitu teknik pengelompokan data yang membentuk struktur hierarki berdasarkan tingkat kemiripan antar data. Metode ini memungkinkan pengelompokan siswa berdasarkan kemiripan perilaku belajar, sehingga klaster yang terbentuk dapat diinterpretasikan sebagai representasi gaya belajar visual, auditori, dan kinestetik (López et al., 2020; Qurani & Prasetyo, 2021).

Hasil identifikasi gaya belajar selanjutnya dapat dimanfaatkan untuk mendukung otomatisasi perangkat ajar melalui pemanfaatan AI generatif. Teknologi AI generatif mampu

menghasilkan materi pembelajaran, asesmen, dan strategi pembelajaran secara otomatis berdasarkan parameter tertentu. Integrasi analisis perilaku siswa, clustering gaya belajar, dan AI generatif membentuk landasan konseptual pengembangan sistem *ReflectAI*, yang bertujuan menghasilkan perangkat ajar adaptif secara personal sekaligus mengurangi beban administratif guru (Sappaile et al., 2024).

Secara metodologis, sintesis kajian ini menegaskan relevansi penggunaan data log LMS sebagai variabel observasi, pemilihan pendekatan *unsupervised learning* untuk eksplorasi pola gaya belajar, serta pemanfaatan AI generatif sebagai mekanisme produksi konten adaptif. Kerangka ini memberikan justifikasi teoritis bagi rancangan metode penelitian yang mengintegrasikan analisis perilaku, pemodelan clustering, dan generasi konten otomatis dalam satu alur sistem pembelajaran adaptif.

3. METODE PENELITIAN

Studi ini menerapkan pendekatan pengembangan sistem berbasis data (data-driven system development) dengan memanfaatkan analisis perilaku belajar siswa sebagai landasan utama. Data yang digunakan merupakan data sekunder yang bersumber dari log aktivitas siswa pada *Learning Management System* (LMS) myLMS Telkom Schools. Data tersebut mencakup rekaman aktivitas digital siswa, seperti frekuensi login, akses materi, partisipasi forum, pengumpulan tugas, dan hasil kuis, yang sebelumnya telah dihasilkan secara otomatis oleh sistem LMS dalam proses pembelajaran reguler.

Rancangan studi ini bersifat deskriptif-eksploratif, dengan tujuan mengidentifikasi pola perilaku belajar siswa dan mengelompokkannya ke dalam gaya belajar tertentu menggunakan pendekatan *machine learning*. Data sekunder yang dianalisis terdiri atas 230 data siswa aktif pada mata pelajaran Matematika, yang diekstraksi dalam format CSV dan telah melalui proses pembersihan serta transformasi fitur. Data ini tidak dikumpulkan secara langsung oleh peneliti, melainkan diperoleh melalui dokumentasi laporan aktivitas LMS yang tersedia bagi administrator dan guru.

Populasi studi meliputi seluruh siswa yang terdaftar dan aktif menggunakan platform myLMS Telkom Schools pada mata pelajaran Matematika. Sampel penelitian ditentukan melalui proses penyaringan data, dengan kriteria siswa aktif, memiliki rekam aktivitas lengkap, serta tidak mengandung data duplikat atau anomali ekstrem. Proses ini memastikan bahwa data yang dianalisis merepresentasikan perilaku belajar siswa secara autentik dan konsisten.

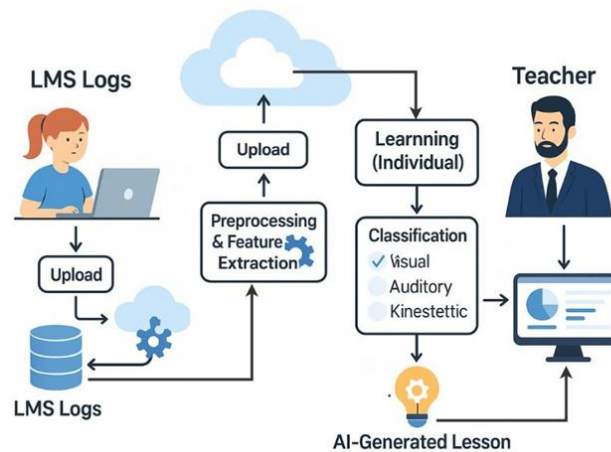
Teknik pengumpulan data dilakukan secara tidak langsung melalui ekspor log aktivitas LMS, sehingga penelitian ini tidak melibatkan instrumen pengumpulan data primer seperti kuesioner atau wawancara. Instrumen penelitian yang digunakan bersifat konseptual dan komputasional, meliputi kerangka analisis perilaku belajar, pemodelan fitur aktivitas siswa, serta algoritma machine learning. Dengan demikian, fokus penelitian diarahkan pada pemrosesan dan interpretasi data digital yang telah tersedia.

Proses analisis data dilaksanakan dalam beberapa tahapan. Pertama, pra-pemrosesan data, yang mencakup pembersihan data, normalisasi, dan ekstraksi fitur perilaku belajar siswa. Kedua, clustering gaya belajar menggunakan *algoritma Hierarchical Clustering*, sebuah metode unsupervised learning yang digunakan untuk mengelompokkan siswa berdasarkan kemiripan perilaku belajar tanpa memerlukan label awal. Ketiga, interpretasi klaster, di mana hasil pengelompokan dianalisis dan dipetakan secara konseptual ke dalam tiga gaya belajar utama, yaitu *visual*, *auditori*, dan *kinestetik*.

Selanjutnya, hasil klasterisasi gaya belajar dimanfaatkan sebagai dasar untuk otomatisasi perangkat ajar melalui pemanfaatan AI generatif. Sistem menyusun prompt secara otomatis berdasarkan topik pembelajaran, tujuan pembelajaran, dan gaya belajar siswa, yang kemudian diproses oleh layanan AI generatif untuk menghasilkan modul pembelajaran adaptif. Modul yang dihasilkan mencakup materi, asesmen, dan rekomendasi strategi pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik belajar masing-masing siswa.

Model konseptual penelitian ini didasarkan pada asumsi bahwa perilaku belajar digital siswa (X) yang terekam dalam LMS dapat digunakan untuk mengidentifikasi gaya belajar individu (Z) melalui proses clustering, yang selanjutnya memengaruhi kualitas personalisasi perangkat ajar (Y) yang dihasilkan oleh sistem. Validasi sistem dilakukan dengan membandingkan hasil clustering terhadap kuesioner gaya belajar siswa serta evaluasi guru terhadap relevansi modul ajar yang dihasilkan.

Dengan demikian, penelitian ini menjadikan data perilaku belajar sebagai fondasi utama untuk membangun sistem pembelajaran adaptif berbasis teknologi. Pendekatan ini memungkinkan integrasi antara analisis data, *machine learning*, dan AI generatif dalam satu alur sistem yang bertujuan mendukung personalisasi pembelajaran sekaligus mengurangi beban administratif guru.



Gambar 1. Desain Sistem

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

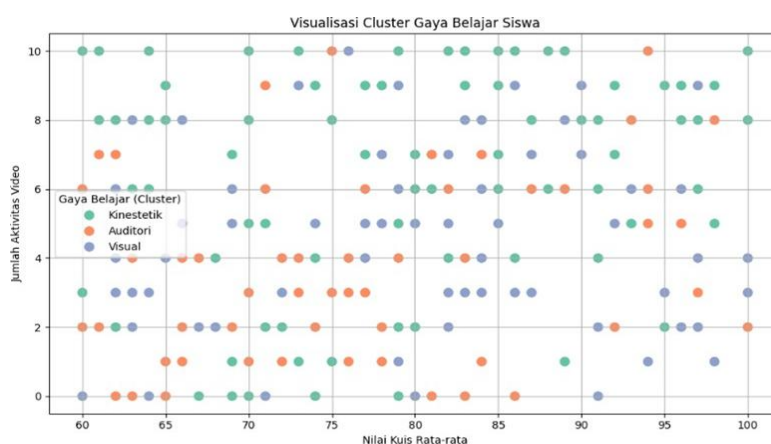
A. Proses pengumpulan data

Penelitian ini dilaksanakan di SMK Telkom Sidoarjo dengan memanfaatkan data aktivitas siswa pada platform *myLMS Telkom Schools*. Pengumpulan data dilakukan pada semester genap tahun ajaran berjalan, dengan rentang waktu pengambilan data mencakup satu periode pembelajaran mata pelajaran Matematika. Data yang digunakan merupakan data sekunder berupa log aktivitas LMS yang diekspor dalam format CSV oleh administrator sistem. Log aktivitas tersebut mencakup informasi frekuensi login, akses materi, partisipasi forum, pengumpulan tugas, skor kuis, serta pola waktu belajar siswa.

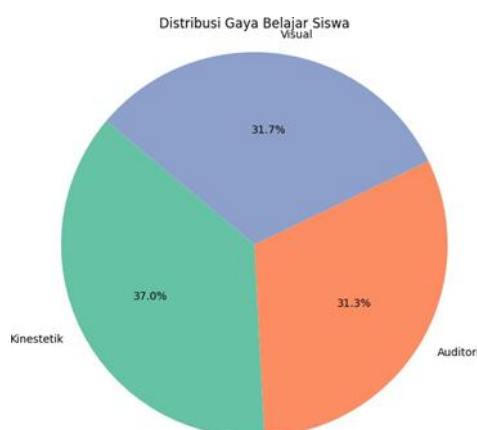
B. Hasil Analisis Clustering Gaya Belajar

Data aktivitas dari 230 siswa yang telah melalui tahap prapemrosesan kemudian dianalisis menggunakan *algoritma Hierarchical Clustering*. Hasil analisis menunjukkan bahwa siswa dapat dikelompokkan ke dalam tiga kluster utama yang merepresentasikan gaya belajar visual, auditori, dan kinestetik. Distribusi gaya belajar siswa menunjukkan bahwa gaya belajar kinestetik merupakan kelompok dominan, diikuti oleh gaya belajar visual dan auditori. Distribusi ini mengindikasikan bahwa sebagian besar siswa menunjukkan kecenderungan belajar melalui aktivitas interaktif dan praktik, sebagaimana tercermin dari intensitas akses video dan aktivitas pembelajaran berbasis tindakan.

Visualisasi hasil clustering disajikan dalam bentuk grafik sebaran dan diagram lingkaran untuk menggambarkan proporsi masing-masing gaya belajar. Gambar 2 memperlihatkan persebaran siswa berdasarkan nilai kuis rata-rata dan aktivitas video, sementara Gambar 3 menunjukkan distribusi persentase gaya belajar siswa. Visualisasi ini membantu memperjelas perbedaan karakteristik antar kluster serta mendukung interpretasi hasil clustering.



Gambar 2. Visualisasi Gaya Belajar Siswa



Gambar 3. Distribusi Gaya Belajar Siswa dari Hierarchical Clustering

C. Keterkaitan Hasil dengan Konsep Teoretis

Hasil pengelompokan gaya belajar menunjukkan kesesuaian dengan konsep dasar gaya belajar visual, auditori, dan kinestetik. Siswa dalam kluster kinestetik cenderung memiliki tingkat interaksi yang tinggi dengan konten video dan aktivitas pembelajaran interaktif, sedangkan siswa visual menunjukkan konsistensi dalam mengakses materi berbasis dokumen dan visualisasi. Sementara itu, siswa auditori memperlihatkan keterlibatan yang relatif lebih tinggi dalam forum diskusi dan aktivitas berbasis komunikasi. Temuan ini sejalan dengan teori

gaya belajar yang menyatakan bahwa preferensi belajar tercermin dari pola interaksi siswa terhadap media pembelajaran.

D. Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Hasil penelitian ini mendukung temuan Wang et al. (2021) dan López et al. (2020) yang menyatakan bahwa log aktivitas LMS dapat digunakan secara efektif untuk mengidentifikasi gaya belajar siswa melalui teknik clustering. Namun, berbeda dengan penelitian sebelumnya yang umumnya hanya berfokus pada identifikasi gaya belajar, penelitian ini melangkah lebih jauh dengan memanfaatkan hasil clustering sebagai dasar otomatisasi perangkat ajar menggunakan AI generatif. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya bersifat analitis, tetapi juga aplikatif dalam konteks pembelajaran adaptif.

E. Implikasi Teoretis dan Terapan

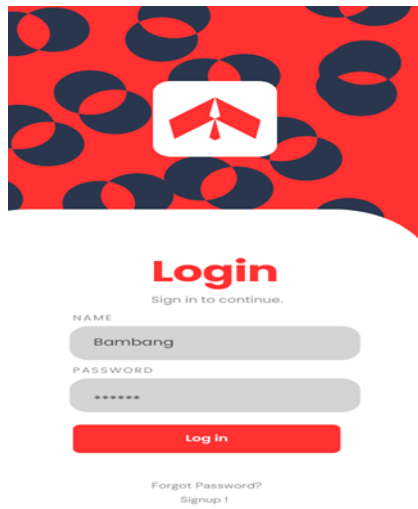
Secara teoretis, penelitian ini memperkuat pendekatan pembelajaran adaptif berbasis data dengan menunjukkan bahwa perilaku belajar digital dapat dijadikan indikator gaya belajar siswa. Secara terapan, hasil penelitian ini memberikan implikasi praktis bagi guru dan institusi pendidikan, khususnya dalam mengurangi beban administratif guru melalui otomatisasi penyusunan perangkat ajar. Sistem ReflectAI memungkinkan guru untuk memperoleh modul pembelajaran yang telah dipersonalisasi sesuai gaya belajar siswa, sehingga pembelajaran dapat berlangsung lebih efektif, adaptif, dan berpusat pada peserta didik.

F. Tampilan Layar

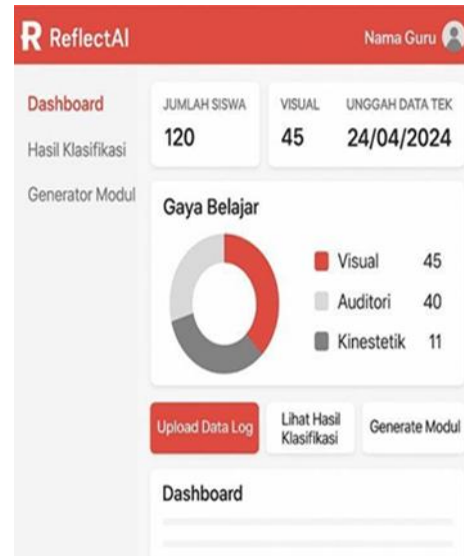
Pada gambar 4 adalah login untuk masuk ke aplikasi dan gambar 5 ini adalah tampilan dashboard guru. Dashboard ini menyediakan ringkasan informasi penting bagi guru yaitu ringkasan statistik yang menampilkan jumlah siswa, gaya belajar yang paling dominan, dan status unggahan data log. Pada dashboard terdapat juga visualisasi data yang mana adalah sebuah bagan (pie/donut chart) akan menampilkan distribusi gaya belajar siswa secara visual. Dan tombol aksi cepat meliputi upload data log untuk mengunggah data aktivitas siswa dari LMS serta lihat hasil clustering untuk meninjau hasil analisis gaya belajar siswa

Pada gambar 6 fitur unggulan adalah generate modul yang mana guru bisa melakukan generate atau membuat modul pembelajaran yang dipersonalisasi sesuai gaya belajar setiap individu. Gambar 7, halaman ini menampilkan hasil clustering gaya belajar setiap siswa, dimana pada tampilan menyediakan Tabel Data Siswa yang Menampilkan daftar siswa dalam format tabel dengan kolom nama lengkap siswa, kelas atau kelompok siswa, gaya belajar terdapat juga kolom hasil clustering gaya belajar (misalnya, Visual, Auditorik, Kinestetik) dan

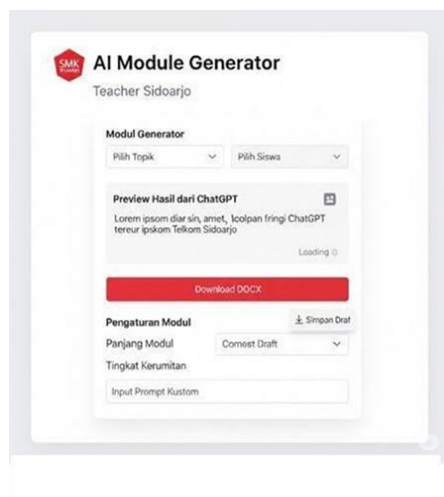
tombol "[Generate Modul]" di samping setiap siswa untuk langsung membuat modul yang relevan sesuai gaya belajar setiap siswa.



Gambar 4. Tampilan Login



Gambar 5. Dasboard Guru



Gambar 6. Tampilan Login

Nama	Kelas	Gaya Belajar	Aksi
Budi Santoso	X SUJA 1	Kinestetik	[Generate Modul]
Siti Aminah	X SUJA 1	Kinestetik	[Generate Modul]
Rudi Hartono	X SUJA 1	Auditori	[Generate Modul]
Agus Salim	X SUJA 1	Visual	[Generate Modul]

Gambar 7. Tampilan Hasil lusterling Gaya Belajar

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah diuraikan, dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan data log aktivitas siswa pada Learning Management System (LMS) mampu memberikan gambaran yang representatif mengenai perilaku dan kecenderungan belajar siswa. Melalui penerapan algoritma Hierarchical Clustering, data aktivitas digital siswa berhasil dikelompokkan ke dalam tiga gaya belajar utama, yaitu visual, auditori, dan

kinestetik, tanpa memerlukan label awal. Hasil ini menunjukkan bahwa pendekatan unsupervised learning efektif digunakan untuk eksplorasi pola gaya belajar berbasis data perilaku aktual.

Penelitian ini juga menunjukkan bahwa integrasi hasil clustering gaya belajar dengan teknologi AI generatif memungkinkan otomatisasi penyusunan perangkat ajar yang adaptif dan personal. Sistem ReflectAI yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai alat analisis gaya belajar, tetapi juga sebagai solusi terapan untuk mendukung personalisasi pembelajaran dan mengurangi beban administratif guru. Dengan demikian, penelitian ini berkontribusi secara teoretis dalam penguatan konsep pembelajaran adaptif berbasis data, serta secara praktis dalam pengembangan sistem pembelajaran digital yang lebih efisien dan berpusat pada peserta didik.

Berdasarkan temuan dan keterbatasan penelitian, beberapa saran dapat diajukan untuk pengembangan selanjutnya. Pertama, penelitian berikutnya disarankan untuk mengintegrasikan sistem secara langsung dengan LMS melalui Application Programming Interface (API) agar proses pengambilan data dapat dilakukan secara real-time dan berkelanjutan. Kedua, model clustering dapat dikembangkan lebih lanjut dengan pendekatan pembelajaran adaptif dinamis, misalnya dengan memanfaatkan model time-series atau deep learning untuk menangkap perubahan gaya belajar siswa dari waktu ke waktu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, bimbingan, serta kontribusi dalam pelaksanaan dan penyusunan penelitian ini. Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada pihak sekolah dan rekan sejawat yang telah membantu dalam penyediaan data serta memberikan masukan yang konstruktif. Semoga penelitian ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan praktik pendidikan.

DAFTAR REFERENSI

- Arends, R. I. (2012). *Learning to Teach* (9th ed.). New York: McGraw-Hill Education.
- Aldisa, R. T. (2022). Data mining penentuan jurusan siswa menggunakan metode agglomerative hierarchical clustering (AHC). *Jurnal Sistem Informasi dan Data Mining*.

- Alhaq, H., Yanto, W., Ichsandi, Sari, R. S., Sholid, R. G., & Septiana, A. W. (2025). Analisis dan perancangan clustering siswa baru menggunakan metode K-Means pada SMK Negeri 1 Sarolangun. *Impression: Jurnal Teknologi dan Informasi*, 4(2), 335–348.
- Arnelawati, Rini, & Ermatita. (2021). Penerapan agglomerative hierarchical clustering untuk penentuan faktor penyebab ketidaktuntasan belajar matematika. *Jurnal Penelitian Pendidikan*.
- Brahmantio, D., & Anistyasari, Y. (2021). Pengaruh kesesuaian gaya belajar terhadap efektivitas pembelajaran berbasis e-learning. *Jurnal Pendidikan Berbasis Teknologi*.
- Budiluhur Journal. (2022). Penerapan algoritma agglomerative clustering untuk mengelompokkan provinsi di Indonesia berdasarkan indikator pendidikan. *Jurnal BIT*, Universitas Budi Luhur.
- Cuenca, L., et al. (2024). Generative AI in vocational instructional material design: A systematic literature review.
- Dunn, R., & Dunn, K. (1993). Learning style theory. New York, NY: McGraw-Hill.
- Graf, S., Kinshuk, & Liu, T. (2008). Detecting learning styles using LMS clustering. *In Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*.
- Hidayat, & Fauzi. (2022). Data mining penentuan jurusan siswa menggunakan metode agglomerative hierarchical clustering (AHC). *Jurnal Media Informatika Budidarma*.
- Jain, A. K., Murty, M. N., & Flynn, P. J. (1999). Data clustering: A review. *ACM Computing Surveys*, 31(3), 264–323.
- Lopez, J. M., & Romero, C. (2021). Adaptive learning theory.
- Nuril Ratu Qurani, & Andy Prasetyo. (2021). Prediksi Gaya Belajar Mahasiswa Menggunakan Algoritma Decision Tree Berbasis Log Aktivitas LMS. *EMITTER International Journal of Engineering Technology*, 9(1), 88–108.
- Putra, J. L., Kanedi, I., & Al-Akbar, A. (2025). Klasterisasi data karyawan berdasarkan penilaian kinerja menggunakan metode K-Medoid. *Jurnal Media Infotama*, 21(1), 143–151.
- Rizki, & Abdullah. (2023). Linkage comparison in agglomerative hierarchical clustering for clustering students' knowledge of first aid. *International Journal of Educational Data Mining*.
- Romero, C., & Ventura, S. (2020). Learning analytics and educational data mining. New York, NY: Springer.
- Sappaile, B. I., Nuridayanti, N., Judijanto, L., & Rukimin, R. (2024). Analisis pengaruh pembelajaran adaptif berbasis kecerdasan buatan terhadap pencapaian akademik siswa sekolah menengah atas di era digital. *Jurnal Pendidikan West Science*, 2(1), 25–31.
- Susilowati, S., Sugiarto, & Mardianto. (2023). Capturing students' dynamic learning pattern based on activity logs using hierarchical clustering.
- Wang, C. (2023). The study of hierarchical learning behaviors in LMS data.
- Wang, C., et al. (2021). LMS as data source for learning analytics.