

Pengembangan Multimedia Interaktif Adaptif Berbasis Kecerdasan Buatan untuk Meningkatkan Motivasi dan Hasil Belajar Siswa

¹Kamaruddin, ²Tamus Bin Tahir, ³A. Sumardin, ⁴Akbar Iskandar, ⁵Muh. Riyaldi Pratama

^{1*,2,3,4,5}Universitas Teknologi Akba Makassar, Indonesia

*Korespondensi: kamaruddin@unitama.ac.id

Submit : 27 Jul | Diterima : 24 Agust 2026 | Terbit : 08 Sept 2026

ABSTRACT

Learning motivation is one of the key factors in determining the success of the educational process. However, low student engagement and the limited availability of adaptive and engaging learning media remain significant challenges in modern education. This study aims to develop adaptive interactive multimedia based on Artificial Intelligence (AI) to enhance students' motivation and learning outcomes through personalized, responsive, and interactive content tailored to individual learning needs. The research employs a Research and Development (R&D) approach adopting the Borg and Gall model, which includes literature review, needs analysis, Focus Group Discussion (FGD), system design, application development, expert validation, and field testing stages. The research participants involve junior high school students in Makassar City, Indonesia. Data are analyzed quantitatively to measure students' learning motivation, engagement, and improvement in learning outcomes after using the developed application. The developed application is an AI-based adaptive interactive multimedia application capable of dynamically adjusting learning content based on students' characteristics and responses, along with scientific publication in a reputable national journal. The study contributes an innovative AI-based adaptive interactive multimedia that effectively improves students' learning motivation, engagement, and learning outcomes.

Keywords: Adaptive Learning; Artificial Intelligence; Interactive Multimedia; Learning Motivation; Student Learning Outcomes.

ABSTRAK

Motivasi belajar merupakan salah satu faktor kunci yang menentukan keberhasilan proses pendidikan. Namun, rendahnya tingkat keterlibatan siswa serta keterbatasan ketersediaan media pembelajaran yang adaptif dan menarik tetap menjadi tantangan signifikan dalam pendidikan modern. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan multimedia interaktif adaptif berbasis Kecerdasan Buatan (AI) guna meningkatkan motivasi dan hasil belajar siswa melalui konten yang dipersonalisasi, responsif, dan interaktif yang disesuaikan dengan kebutuhan belajar masing-masing individu. Penelitian ini menggunakan pendekatan Penelitian dan Pengembangan (R&D) dengan mengadopsi model Borg dan Gall, yang meliputi tahap tinjauan pustaka, analisis kebutuhan, Diskusi Kelompok Terfokus (FGD), perancangan sistem, pengembangan aplikasi, validasi ahli, dan pengujian lapangan. Peserta penelitian melibatkan siswa sekolah menengah pertama di Kota Makassar, Indonesia. Data dianalisis secara kuantitatif untuk mengukur motivasi belajar, keterlibatan, dan peningkatan hasil belajar siswa setelah menggunakan aplikasi yang dikembangkan. Aplikasi yang dikembangkan merupakan aplikasi multimedia interaktif adaptif berbasis AI yang mampu menyesuaikan konten pembelajaran secara dinamis berdasarkan karakteristik dan respons siswa, disertai dengan publikasi ilmiah di jurnal nasional terkemuka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa multimedia interaktif adaptif berbasis AI mampu meningkatkan motivasi dan hasil belajar siswa.

Kata kunci: hasil belajar siswa; kecerdasan buatan; motivasi belajar; multimedia interaktif; pembelajaran adaptif.

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital pada era revolusi industri 4.0 telah memberikan dampak yang signifikan terhadap berbagai bidang kehidupan, termasuk sektor pendidikan. Perubahan ini mendorong terjadinya transformasi dalam proses pembelajaran, yang tidak lagi sekadar berfokus pada penyampaian materi, tetapi juga menuntut adanya inovasi yang mampu meningkatkan keterlibatan serta partisipasi aktif siswa. Dalam konteks tersebut, motivasi belajar menjadi salah satu faktor penting yang berperan dalam menentukan keberhasilan siswa dalam mencapai hasil belajar yang optimal.

Namun, kondisi di lapangan menunjukkan bahwa tingkat motivasi belajar siswa, khususnya pada jenjang Sekolah Menengah Pertama (SMP), masih tergolong rendah. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain penggunaan metode pembelajaran yang masih bersifat konvensional, keterbatasan media pembelajaran yang menarik, serta kurangnya interaksi yang dapat mendorong keaktifan siswa. Dampak dari kondisi tersebut adalah rendahnya keterlibatan siswa dalam proses pembelajaran, yang pada akhirnya berpengaruh terhadap pencapaian hasil belajar yang belum maksimal.

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi, pemanfaatan multimedia interaktif dalam pembelajaran semakin dipandang sebagai salah satu alternatif yang potensial untuk meningkatkan kualitas proses belajar. Multimedia interaktif mampu menggabungkan berbagai elemen, seperti teks, gambar, audio, video, dan animasi, sehingga dapat menciptakan pengalaman belajar yang lebih menarik dan tidak monoton. Meskipun demikian, sebagian besar multimedia yang digunakan saat ini masih bersifat statis dan belum mampu mengakomodasi perbedaan kebutuhan serta karakteristik individu siswa.

Dalam konteks ini, perkembangan teknologi Kecerdasan Buatan (*Artificial Intelligence/AI*) memberikan peluang baru dalam pengembangan sistem pembelajaran yang lebih adaptif dan personal. Teknologi AI memungkinkan sistem untuk menganalisis pola dan perilaku belajar siswa, memberikan umpan balik secara langsung, serta menyesuaikan materi pembelajaran sesuai dengan tingkat kemampuan masing-masing siswa. Dengan demikian, integrasi AI dalam multimedia interaktif berpotensi menciptakan lingkungan belajar yang lebih responsif, interaktif, dan efektif.

Pengembangan multimedia interaktif adaptif berbasis AI tidak hanya berorientasi pada penyampaian materi, tetapi juga pada peningkatan kualitas interaksi antara sistem dan pengguna. Sistem yang mampu merespons aktivitas siswa secara dinamis diharapkan dapat mendorong keterlibatan belajar yang lebih tinggi. Kondisi ini berimplikasi pada meningkatnya motivasi belajar siswa, keaktifan dalam mengikuti proses pembelajaran, serta pemahaman yang lebih mendalam terhadap materi yang dipelajari.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan dalam rangka mengembangkan inovasi media pembelajaran berbasis AI yang tidak hanya adaptif, tetapi juga efektif dalam meningkatkan motivasi dan hasil belajar siswa pada jenjang Sekolah Menengah Pertama (SMP). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi pembelajaran yang relevan dengan tuntutan pendidikan di era digital.

METODE PENELITIAN

Formulasi Permasalahan

Permasalahan dalam penelitian ini adalah rendahnya motivasi dan hasil belajar siswa yang dipengaruhi oleh kurangnya media pembelajaran yang adaptif dan interaktif. Untuk memformulasikan permasalahan secara lebih rinci, digunakan pendekatan matematis sebagai berikut:

Misalkan:

M = motivasi belajar siswa

H = hasil belajar siswa

X = karakteristik siswa (kemampuan awal, minat belajar)

A = aktivitas/interaksi siswa selama pembelajaran

S = sistem pembelajaran (multimedia interaktif berbasis AI)

Secara formal, hubungan antar variabel dalam penelitian ini dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$M, H = f(S, X, A)$$

di mana M menyatakan motivasi belajar, H hasil belajar, S sistem pembelajaran berbasis AI, X karakteristik siswa, dan A aktivitas/interaksi siswa selama proses pembelajaran. Model ini

menunjukkan bahwa motivasi dan hasil belajar dipengaruhi oleh sistem pembelajaran yang mampu mengakomodasi karakteristik serta interaksi siswa secara adaptif.

Untuk memastikan kesesuaian materi dengan kemampuan siswa, sistem dirancang dengan prinsip optimasi sebagai berikut:

$$\min E = |D - C|$$

Dengan:

D = tingkat kesulitan materi

C = Kemampuan siswa

di mana D merupakan tingkat kesulitan materi dan C adalah kemampuan siswa. Nilai kesalahan E yang semakin kecil menunjukkan tingkat kesesuaian yang semakin tinggi antara materi dan kemampuan siswa.

Metode Yang Diusulkan

Metode yang diusulkan dalam penelitian ini adalah pengembangan multimedia interaktif adaptif berbasis kecerdasan buatan (AI) yang mampu menyesuaikan materi pembelajaran secara dinamis berdasarkan performa siswa.

Prinsip kerja sistem adalah sebagai berikut:

1. Sistem memberikan materi dan soal kepada siswa.
2. Sistem mengukur performa siswa berdasarkan skor dan interaksi.
3. Sistem menyesuaikan tingkat kesulitan materi berikutnya secara adaptif.

Mekanisme adaptasi sistem dirumuskan sebagai berikut:

$$L_{t+1} = \begin{cases} L_t + 1, & \text{Jika skor tinggi} \\ L_t, & \text{Jika Skor Sedang} \\ L_t - 1, & \text{Jika Skor rendah} \end{cases}$$

dengan L_t sebagai level materi saat ini dan L_{t+1} sebagai level materi berikutnya.

Pendekatan ini memungkinkan sistem memberikan pengalaman belajar yang personal dan adaptif sesuai dengan kemampuan siswa.

Pengumpulan data dilakukan melalui angket motivasi belajar dan tes hasil belajar (pretest dan posttest). Data dianalisis menggunakan pendekatan kuantitatif untuk mengukur peningkatan motivasi dan hasil belajar siswa setelah penggunaan sistem.

Dengan metode ini, penelitian ini menghasilkan multimedia interaktif berbasis AI yang dikembangkan mampu meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran serta memberikan dampak positif terhadap motivasi dan hasil belajar secara signifikan.

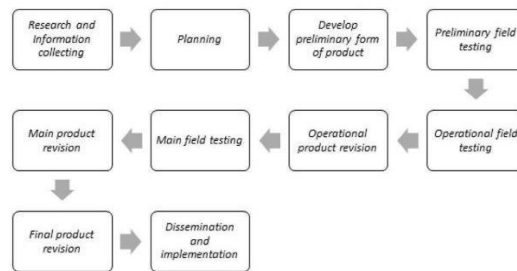
Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development (R&D)* dengan tahapan utama meliputi analisis kebutuhan, perancangan sistem, pengembangan aplikasi, serta uji coba terbatas pada siswa SMP. Sistem yang dikembangkan mengadopsi mekanisme adaptasi berbasis aturan (rule-based adaptive system) yang menyesuaikan tingkat kesulitan materi berdasarkan performa siswa.



Gambar 1. Langkah-Langkah RND

Penelitian ini merupakan studi pengembangan (Research and Development) yang mengadopsi Model Borg and Gall dengan Teknik analisis data kuantitatif [29], [30], sedangkan sampel uji coba menggunakan siswa dari sekolah lanjutan tingkat pertama di Kota Makassar. Selain itu, penelitian ini melalui beberapa tahapan yang terstruktur untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan yaitu: Studi Literatur & Analisis Masalah: Langkah awal penelitian ini adalah melakukan studi literatur untuk memahami secara mendalam konsep-konsep dasar mengenai

Multimedia Interaktif berbasis Artificial Intelligence (AI). Selain itu, analisis masalah dilakukan untuk mengidentifikasi kesenjangan pengetahuan (GAP) yang ada dalam bidang tersebut.



Gambar 2. Model Pengembangan Borg

Produk akhir dari penelitian ini adalah aplikasi Multimedia Interaktif berbasis AI yang telah melewati tahap validasi dan uji coba. Selain itu, luaran penelitian ini juga termasuk artikel jurnal nasional bereputasi yang mendokumentasikan proses penelitian, metodologi yang digunakan, temuan utama, dan implikasi praktisnya. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram Alir

HASIL DAN PEMBAHASAN

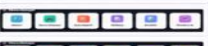
Hasil Penelitian

Penelitian ini menghasilkan sebuah aplikasi multimedia interaktif adaptif berbasis kecerdasan buatan (AI) yang dirancang untuk meningkatkan motivasi dan hasil belajar siswa SMP. Sistem yang dikembangkan memiliki fitur utama berupa penyajian materi interaktif (teks, audio, animasi), kuis adaptif, serta mekanisme penyesuaian tingkat kesulitan materi secara otomatis berdasarkan performa siswa.

1. Hasil Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan melalui dua tahap, yaitu uji fungsional (black-box testing) dan uji pengguna (user testing).

1. Uji fungsional menunjukkan bahwa seluruh fitur sistem berjalan dengan baik, termasuk proses login, penyajian materi, evaluasi, serta mekanisme adaptasi level
2. Uji pengguna dilakukan pada siswa SMP yang menjadi subjek penelitian, menunjukkan bahwa sistem dapat digunakan dengan mudah dan interaktif.

No.	Fitur yang Diuji	Skenario Pengujian	Test Case / Langkah Pengujian	Input / Data Uji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Status	Screenshot
1	Filter Mata Pelajaran	Pengguna memilih mata pelajaran pada filter.	1. Klik dropdown "Semua Mata Pelajaran" 2. Pilih salah satu mata pelajaran	Pilih: Matematika	Daftar konten/fitur yang ditampilkan menyesuaikan dengan mata pelajaran yang dipilih.	Sesuai	Valid	
2	Progress Keseluruhan	Sistem menampilkan progress belajar pengguna.	1. Amati progress bar pada bagian "Progress Keseluruhan"	-	Progress bar menampilkan persentase capaian belajar pengguna.	Sesuai	Valid	
3	Statistik Rata-rata, Game Edu, Kuis	Sistem menampilkan jumlah data pada setiap kartu statistik.	1. Amati nilai pada kartu "Rata-rata", "Game Edu", dan "Kuis"	-	Nilai pada setiap kartu statistik tampil sesuai data pengguna.	Sesuai	Valid	
4	Menu Materi	Pengguna membuka menu Materi.	1. Klik ikon "Materi" pada Menu Belajar	-	Sistem menampilkan halaman daftar materi pembelajaran.	Sesuai	Valid	
5	Menu Game Edukasi	Pengguna membuka menu Game Edukasi.	1. Klik ikon "Game Edukasi" pada Menu Belajar	-	Sistem menampilkan halaman daftar game edukasi.	Sesuai	Valid	
6	Menu Kuis Adaptif	Pengguna membuka menu Kuis Adaptif.	1. Klik ikon "Kuis Adaptif" pada Menu Belajar	-	Sistem menampilkan halaman kuis adaptif.	Sesuai	Valid	
7	Menu Lainnya (Refleksi, Analitik, Daftar Siswa, Chatbot AI)	Pengguna membuka menu lainnya.	1. Klik masing-masing ikon menu (Refleksi, Analitik, Daftar Siswa, Chatbot AI)	-	Sistem menampilkan halaman sesuai dengan menu yang dipilih.	Sesuai	Valid	
8	Logout	Pengguna keluar dari aplikasi.	1. Klik tombol "Logout" (pojok kanan atas) 2. Konfirmasi logout	-	Sistem menampilkan halaman login kembali.	Sesuai	Valid	
KESIMPULAN		Berdasarkan hasil pengujian black-box di atas, seluruh fitur pada halaman Dashboard aplikasi Belajar Pintar AI berfungsi sesuai dengan kebutuhan dan dinyatakan VALID .						

Gambar 4. Uji Fungsional (BlackBox)

Berdasarkan hasil pengujian fungsional (Blackbox Testing), seluruh fitur aplikasi berjalan sesuai dengan kebutuhan sistem. Selanjutnya dilakukan User Testing kepada siswa SMP yang memperoleh rata-rata penilaian 4,47 (89,4%) dengan kategori Sangat Baik. Hasil ini menunjukkan bahwa aplikasi mudah digunakan dan diterima oleh pengguna



Gambar 5. Uji Pengguna (User-Testing)

2. Hasil Pengukuran Motivasi Belajar

Motivasi belajar siswa diukur menggunakan angket sebelum dan sesudah penggunaan sistem. Hasil menunjukkan adanya peningkatan yang signifikan. Untuk mengetahui besarnya peningkatan motivasi belajar, dilakukan perhitungan selisih skor (ΔM) dan persentase peningkatan menggunakan persamaan berikut:

$$\Delta M = M_{\text{post}} - M_{\text{pre}}$$

$$\text{Peningkatan}(\%) = \frac{M_{\text{post}} - M_{\text{pre}}}{M_{\text{pre}}} \times 100\%$$

Hasil rata-rata menunjukkan:

$$M_{\text{pre}} = 60$$

$$M_{\text{post}} = 82$$

Sehingga:

$$\begin{aligned} \Delta M &= M_{\text{post}} - M_{\text{pre}} \\ \text{Selisih Peningkatan } \Delta M &= 82 - 60 = 22 \\ \frac{22}{60} \times 100 &= 36,7\% \end{aligned}$$

$$\text{Peningkatan}(\%) =$$

Tabel 1. Kategori Persentase Peningkatan Motivasi Belajar

Persentase	Kategori
< 30%	Rendah
30% – 70%	Sedang
> 70%	Tinggi

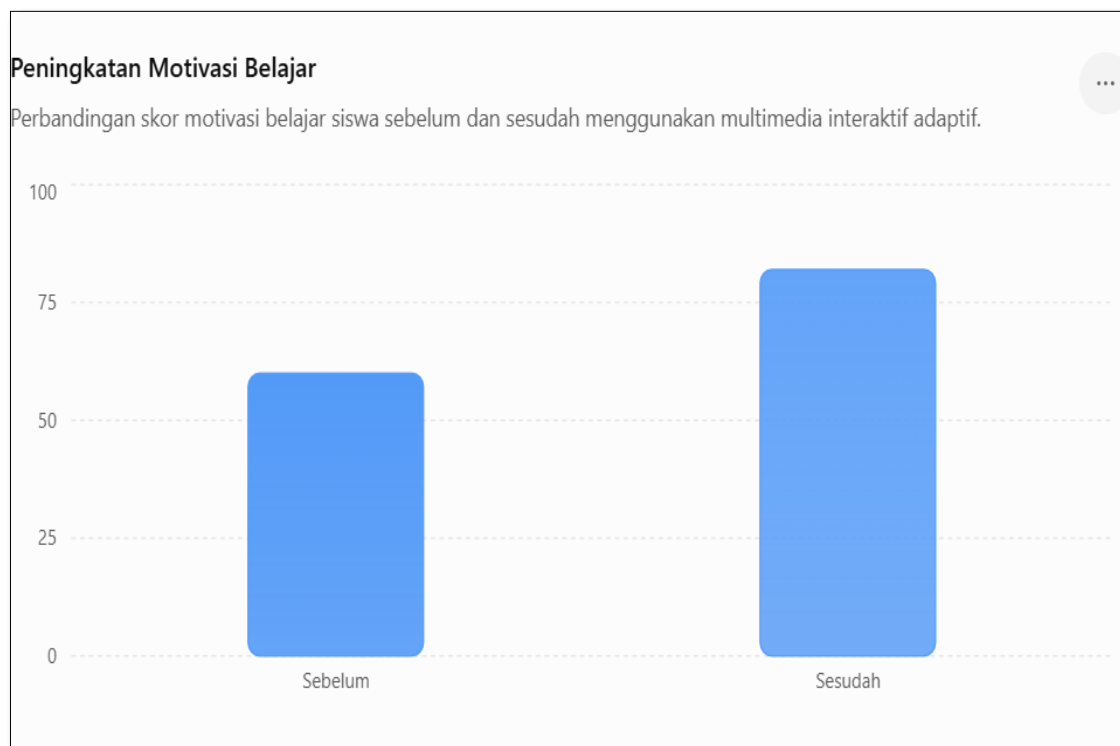
Maka diperoleh persentase peningkatan motivasi belajar sebesar 36,7%, sehingga termasuk dalam kategori sedang berdasarkan Tabel 1.

Peningkatan motivasi belajar siswa sebesar 36,7% termasuk dalam kategori sedang, yang menunjukkan bahwa penggunaan multimedia interaktif berbasis AI memberikan dampak positif terhadap motivasi belajar siswa

Tabel 2. Hasil Motivasi Belajar

Kondisi	Nilai
Sebelum	60
Sesudah	82

Kondisi	Nilai
Selisih	22
Peningkatan	36,7%
Kategori	Sedang



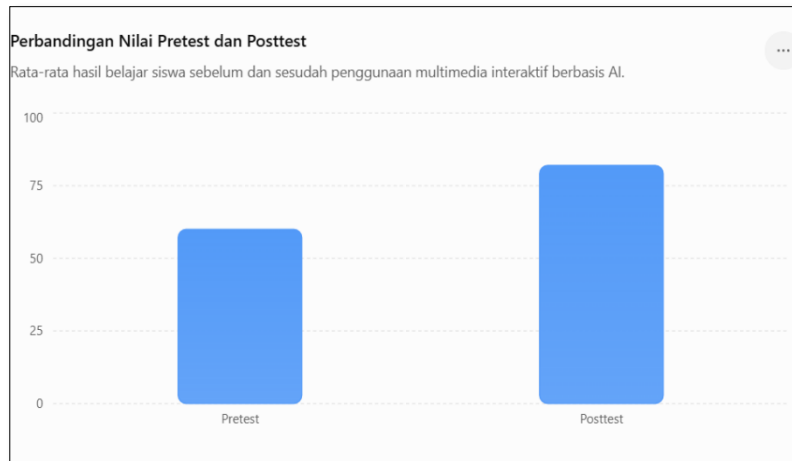
Grafik 1. Motivasi Belajar

Tabel 2 dan Grafik 1 menunjukkan adanya peningkatan skor motivasi belajar siswa setelah menggunakan multimedia interaktif adaptif berbasis AI. Nilai rata-rata meningkat dari 60 menjadi 82 atau sebesar 36,7%. Berdasarkan kategori interpretasi, peningkatan tersebut termasuk kategori sedang sehingga media yang dikembangkan mampu meningkatkan motivasi belajar siswa secara nyata.

3. Hasil Belajar (Pretest-Posttest)

Tabel 3. Hasil Belajar (Pretest-Posttest)

Indikator	Nilai
Pretest	60
Posttest	82
Selisih	22



Grafik 2. Perbandingan Pretest–Posttest

Hasil belajar siswa diukur menggunakan tes sebelum (pretest) dan sesudah (posttest) penggunaan sistem.

Nilai Rata-Rata :

Pretest = 60

Posttest = 82

Peningkatan dihitung menggunakan **N-Gain**:

$$N - Gain = \frac{Post - Pre}{100 - Pre}$$

Hasil:

$$N - Gain = \frac{82-60}{100-60} = \frac{22}{40} = 0,55$$

Kategori N-Gain :

Kategori N-Gain mengacu pada kriteria Hake (1999), yaitu $g < 0,30$ (rendah), $0,30 \leq g < 0,70$ (sedang), dan $g \geq 0,70$ (tinggi). Berdasarkan hasil perhitungan diperoleh nilai N-Gain sebesar 0,55 sehingga termasuk kategori sedang.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai rata-rata siswa meningkat dari 60 pada pretest menjadi 82 pada posttest. Berdasarkan perhitungan Normalized Gain diperoleh nilai sebesar 0,55 yang termasuk dalam kategori sedang. Hasil ini menunjukkan bahwa penggunaan multimedia interaktif adaptif berbasis AI memberikan peningkatan hasil belajar siswa dengan tingkat efektivitas sedang.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan multimedia interaktif adaptif berbasis AI memberikan dampak positif terhadap motivasi dan hasil belajar siswa. Peningkatan motivasi belajar sebesar $\pm 36.7\%$ menunjukkan bahwa sistem mampu menciptakan pengalaman belajar yang lebih menarik dan interaktif dibandingkan metode konvensional. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor utama:

1. Interaktivitas Tinggi

Integrasi elemen multimedia seperti animasi, audio, dan kuis interaktif mampu menarik perhatian siswa dan meningkatkan keterlibatan aktif dalam pembelajaran.

2. Adaptivitas Sistem Berbasis AI

Sistem mampu menyesuaikan tingkat kesulitan materi secara dinamis berdasarkan performa siswa. Pendekatan ini membuat siswa belajar pada level yang sesuai dengan kemampuannya, sehingga:

- Mengurangi rasa bosan (materi terlalu mudah),
- Mengurangi frustrasi (materi terlalu sulit).

3. Umpan Balik *Real-Time*

Sistem memberikan respons langsung terhadap jawaban siswa, sehingga siswa dapat segera memahami kesalahan dan memperbaikinya.

Dari sisi hasil belajar, nilai N-Gain sebesar 0.55 menunjukkan bahwa sistem memiliki efektivitas yang cukup baik dalam meningkatkan pemahaman siswa. Hal ini sejalan dengan teori pembelajaran adaptif yang menyatakan bahwa kesesuaian antara tingkat kesulitan materi dan kemampuan siswa dapat meningkatkan hasil belajar.

Selain itu, hasil penelitian ini memperkuat temuan sebelumnya bahwa penggunaan teknologi berbasis AI dalam pembelajaran mampu meningkatkan personalisasi dan efektivitas pembelajaran. Namun, keunggulan penelitian ini terletak pada integrasi antara adaptivitas AI dan interaktivitas multimedia, yang tidak hanya meningkatkan aspek kognitif tetapi juga aspek motivasional siswa.

Hasil penelitian ini sejalan dengan Zhang dan Aslan (2021) yang menyatakan bahwa AI mampu meningkatkan personalisasi pembelajaran. Selain itu, temuan ini juga memperkuat penelitian Song et al. (2024) yang menunjukkan bahwa desain pembelajaran berbasis AI dapat meningkatkan motivasi belajar siswa. Namun, penelitian ini memiliki keunggulan karena mengintegrasikan multimedia interaktif dengan mekanisme adaptasi berbasis aturan (rule-based adaptive system), sehingga tidak hanya meningkatkan motivasi tetapi juga hasil belajar siswa.

Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan terbukti:

- a. Efektif meningkatkan motivasi belajar
- b. Meningkatkan hasil belajar siswa
- c. Memberikan pengalaman belajar yang lebih personal dan interaktif

Namun demikian, penelitian ini masih memiliki keterbatasan, seperti jumlah sampel yang terbatas dan implementasi yang masih dalam skala uji coba. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya disarankan untuk menguji sistem pada skala yang lebih luas serta mengembangkan algoritma AI yang lebih kompleks.

KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa pengembangan multimedia interaktif adaptif berbasis kecerdasan buatan (AI) mampu memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan kualitas pembelajaran pada siswa SMP. Sistem yang dikembangkan tidak hanya berfungsi sebagai media penyampaian materi, tetapi juga mampu menyesuaikan tingkat kesulitan pembelajaran secara dinamis sesuai dengan kemampuan dan interaksi siswa. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh fitur sistem berjalan dengan baik dan sesuai dengan kebutuhan pengguna, sehingga aplikasi dinyatakan layak untuk digunakan dalam proses pembelajaran. Dari sisi pengguna, respon siswa terhadap aplikasi berada pada kategori sangat baik, yang mengindikasikan bahwa sistem mudah digunakan, menarik, dan mampu meningkatkan keterlibatan siswa dalam belajar. Selain itu, penerapan sistem ini juga berdampak positif terhadap peningkatan hasil belajar, yang ditunjukkan oleh kenaikan nilai rata-rata dari sebelum hingga sesudah penggunaan aplikasi dengan kategori efektivitas sedang. Hal ini menegaskan bahwa integrasi antara interaktivitas multimedia dan adaptivitas berbasis AI mampu menciptakan pengalaman belajar yang lebih personal dan efektif. Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil menghadirkan solusi inovatif dalam bentuk media pembelajaran berbasis AI yang tidak hanya meningkatkan motivasi dan hasil belajar siswa, tetapi juga memberikan arah baru dalam pengembangan teknologi pendidikan yang adaptif dan berorientasi pada kebutuhan individu siswa.

REFERENSI

- Rahmatullah AS, Mulyasa E, Syahrani S, Pongpalilu F, Putri RE. Digital era 4.0: The contribution to education and student psychology. *Linguist Cult Rev.* 2022;6:89–107. <https://doi.org/10.21744/lingcure.v6nS3.2064>
- Bonfield CA, Salter M, Longmuir A, Benson M, Adachi C. Transformation or evolution?: Education 4.0, teaching and learning in the digital age. *High Educ Pedagog.* 2020;5(1):223–46. <https://doi.org/10.1080/23752696.2020.1816847>
- Rakha NA. Revolution in Learning Through Digitization: How Technology is Changing the Landscape of Education. *Int J Cyber Law.* 2023;1(3). DOI: <http://doi.org/10.11591/ijeecs.v36.i2.pp1083-1091>
- Abulibdeh A, Zaidan E, Abulibdeh R. Navigating the confluence of artificial intelligence and education for sustainable development in the era of industry 4.0: Challenges,

- opportunities, and ethical dimensions. *J Clean Prod.* 2024;140527. doi:10.1016/j.jclepro.2023.140527
- Lin L, Dong Y, Chen X, Shadiev R, Ma Y, Zhang H. Exploring the impact of design thinking in information technology education: An empirical investigation. *Think Ski Creat.* 2024;51:101450. doi:10.1016/j.tsc.2023.101450.
- Abdelrahman RM. Metacognitive awareness and academic motivation and their impact on academic achievement of Ajman University students. *Heliyon.* 2020;6(9).DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e04192
- Shi Y, Tong M, Long T. Investigating relationships among blended synchronous learning environments, students' motivation, and cognitive engagement: A mixed methods study. *Comput Educ.* 2021;168:104193. doi:10.1016/j.compedu.2021.104193
- Haleem A, Javaid M, Qadri MA, Suman R. Understanding the role of digital technologies in education: A review. *Sustain Oper Comput.* 2022;3:275–85. doi: 10.1186/s40359-024-01636-6
- M,hlroth C, Grottke M. Artificial intelligence in innovation: how to spot emerging trends and technologies. *IEEE Trans Eng Manag.* 2020;69(2):493–510.doi:10.1109/TEM.2020.2989214
- Song Y, Weisberg LR, Zhang S, Tian X, Boyer KE, Israel M. A Framework for Inclusive AI Learning Design for Diverse Learners. *Comput Educ Artif Intell.* 2024;100212. doi:10.1016/j.caeai.2024.100212
- Chiu TKF. Future research recommendations for transforming higher education with generative AI. *Comput Educ Artif Intell.* 2024;6:100197.https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100197
- Bernacki ML, Greene JA, Crompton H. Mobile technology, learning, and achievement: Advances in understanding and measuring the role of mobile technology in education. *Contemp Educ Psychol.* 2020;60:101827.doi:10.1016/j.cedpsych.2019.101827
- Yustina Y, Syafii W, Vebrianto R. The effects of blended learning and project- based learning on pre-service biology teachers creative thinking through online learning in the covid-19 pandemic. *J Pendidik IPA Indones.* 2020;9(3):408–20. https://doi.org/10.15294/jpii.v9i3.24706
- Giatman M, Siswati S, Basri IY. Online learning quality control in the pandemic Covid19 era in Indonesia. *J Nonform Educ.* 2020;6(2):168–75. https://doi.org/10.15294/jne.v6i2.25594
- Adekantari P, others. The influence of instagram-assisted project based learning model on critical thinking skills. *J Educ Soc Res.* 2020;10. https://doi.org/10.36941/jesr-2020-0129
- Zhang K, Aslan AB. AI technologies for education: Recent research & future directions. *Comput Educ Artif Intell.* 2021;2:100025. doi:10.1016/j.caeai.2021.100025
- Chen X, Xie H, Zou D, Hwang G-J. Application and theory gaps during the rise of artificial intelligence in education. *Comput Educ Artif Intell.* 2020;1:100002.doi:10.1016/j.caeai.2020.100002
- Alnagrat AJA, Ismail R, Idrus SZS. The significant and challenges of extended reality technologies in learning and training during Covid-19 pandemic. *J Hum Centered Technol.* 2022;1(2):44–55. https://doi.org/10.11113/humentech.v1n2.21
- Marisa F, Ahmad SSS, Yusoh ZIM, Maukar AL, Marcus RD, Widodo AA. Evaluation of student core drives on e-learning during the Covid-19 with octalysis gamification framework. *Int J Adv Comput Sci Appl.* 2020;11(11):104–16. 10.14569/IJACSA.2020.0111114
- Rahiem MDH. The emergency remote learning experience of university students in Indonesia amidst the COVID-19 crisis. *Int J Learn Teach Educ Res.* 2020;19(6):1–26. DOI:10.26803/ijlter.19.6.1
- Fiddiyasari A, Pustika R. Students' Motivation in English Online Learning during Covid-19 Pandemic at SMA Muhammadiyah Gadingrejo. *J English Lang Teach Learn.* 2021;2(2):57–61. DOI:10.33365/jeltl.v2i2.1217
- Julyananda MA, Yulianti T, Pasha D. Rancang Bangun Media Pembelajaran Matematika Menggunakan Metode Demonstrasi Untuk Kelas 1 Sekolah Dasar. *J Inform dan Rekayasa Perangkat Lunak.* 2022;3(3):366–75. doi:10.33365/jatika.v3i3.2416
- Samosir A, Brusa JO, Nanda FA, Sihombing C, Karo RK. The Impact Of Online Learning On Mathematics Learning Outcomes Of Class II Students Of Sd Negeri 191320 Raya Tongah. In: *International Conference on Health Science, Green Economics, Educational Review and Technology.* 2020. p. 159–72. doi:10.54443/ihert.v2i.23

- Darmayanti R. Gema Cow-Pu: Development of Mathematical Crossword Puzzle Learning Media on Students' Critical Thinking Ability. *Assyfa Learn J.* 2023;1(1):37– 48. doi:10.61650/alj.v1i1.1
- Holly S, Maulik B, Samuel I. Use of Whatsapp as A Learning Media to Increase Students' Learning Interest. *Sci J Sci Technol.* 2023;2(1):35–48. <https://doi.org/10.30656/lontar.v13.i1.10294>
- Samad S, Setyabudhi AL. Application of Video-Based Learning Media with Applications to Improve Learning Activities of Vocational High School Students. *Tech Vocat Educ Int J.* 2023;3(1):22–7. <https://doi.org/10.55642/taveij.v3i1.211>
- Wijayanto PW, Thamrin HM, Haetami A, Mustoip S, Oktiawati UY. The Potential of Metaverse Technology in Education as a Transformation of Learning Media in Indonesia. *J Kependidikan J Has Penelit dan Kaji Kepustakaan di Bid Pendidikan, Pengajaran dan Pembelajaran.* 2023;9(2):396–407 DOI:10.33394/jk.v9i2.7395
- Puspitarini YD, Hanif M. Using Learning Media to Increase Learning Motivation in Elementary School. *Anatol J Educ.* 2019;4(2):53–60.doi:10.29333/aje.2019.426a
- Rahayu WP, Zutiasari I, Munadhiroh S. Learning Media of Canva Based on Flipbook in the Subjects of Creative Products and Entrepreneurship to Improve Students' Digital Technopreneurship Competence. In: *Sixth Padang* doi: 10.2991/aebmr.k.210616.033
- Divayana DGH, Suyasa PWA, Widiartini NK. An innovative model as evaluation model for information technology-based learning at ICT vocational schools. *Heliyon.* 2021;7(2)doi:10.1016/j.heliyon.2021.e06347