BULLETIN OF COMPUTER SCIENCE RESEARCH
ISSN 2774-3659 (Media Online)
Vol 6, No 6, October 2026 | Hal 2669-2681
https://hostjournals.com/bulletincsr
DOI: 10.47065/bulletincsr.v6i6.1391

Pengembangan Sistem Umpan Balik dalam Pembelajaran Berbasis LLM dengan Gamifikasi untuk Mendukung Engagement Siswa

Development of an LLM-Based Feedback System in Learning with Gamification to Support Student Engagement

Irfan Habibi*, Erna Piantari, Latifahny Aridia

Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Program Studi Pendidikan Ilmu Komputer, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia
Email: [1,*]irfanhabibi@upi.edu, [2]erna.piantari@upi.edu, [3]latifahny_aridia@upi.edu
Email Penulis Korespondensi: irfanhabibi@upi.edu
Received: **29/09/2026**, Revised: **29/10/2026**, Accepted: **31/10/2026**, Published**: 31/10/2026**

Abstrak−Pembelajaran Algoritma dan Pemrograman memerlukan umpan balik yang membantu siswa memahami kesalahan dan memperbaiki solusi selama proses pemecahan masalah. Namun, keterbatasan guru dalam memberikan umpan balik individual menyebabkan siswa harus menunggu arahan ketika mengalami kesulitan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem umpan balik berbasis Large Language Model (LLM) dengan gamifikasi untuk mendukung engagement siswa. Penelitian menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model ADDIE. Sistem diimplementasikan pada 31 siswa kelas X DKV 1 SMK Negeri 2 Bandung menggunakan desain One-Group Pretest-Posttest. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara, validasi ahli, tes, dan kuesioner engagement yang mengacu pada instrumen Learning Engagement, terdiri atas 26 pernyataan dengan skala Likert 1–4. Instrumen tersebut mencakup enam dimensi, yaitu motivasi psikologis, kerja sama antarteman, pemecahan masalah kognitif, interaksi dengan pengajar, dukungan lingkungan belajar, dan pengelolaan pembelajaran. Hasil pengujian fungsional menunjukkan seluruh 23 skenario berhasil dijalankan. Validasi media memperoleh 96,25%, sedangkan validasi materi meningkat dari 93,24% menjadi 97,04%. Kemampuan Computational Thinking menunjukkan rata-rata N-Gain sebesar 0,59 dengan kategori sedang. Sementara itu, rata-rata engagement siswa mencapai 3,42 dari skala 4 dengan kategori sangat tinggi. Kontribusi penelitian ini berupa integrasi pemeriksaan flowchart berbasis aturan, penjelasan korektif menggunakan LLM berdasarkan hasil pemeriksaan, dan elemen gamifikasi dalam satu platform pembelajaran. Pengukuran engagement berdasarkan laporan diri dan desain tanpa kelompok pembanding menjadi keterbatasan dalam menafsirkan hasil penelitian.

Kata Kunci: Large Language Model; Umpan Balik; Gamifikasi; Learning Engagement; Algoritma dan Pemrograman; ADDIE

Abstract−Algorithm and Programming learning requires feedback that helps students identify errors and improve their solutions during problem-solving activities. However, teachers' limited capacity to provide individual feedback may cause students to wait for guidance when encountering difficulties. This study aims to develop a Large Language Model (LLM)-based feedback system with gamification to support student engagement. The study employed a Research and Development (R&D) method using the ADDIE model. The system was implemented with 31 students from Class X DKV 1 at SMK Negeri 2 Bandung using a One-Group Pretest-Posttest design. Data were collected through observations, interviews, expert validation, tests, and a 26-item engagement questionnaire based on the Learning Engagement instrument, using a four-point Likert scale. The instrument covers six dimensions: psychological motivation, peer cooperation, cognitive problem-solving, interaction with instructors, learning environment support, and learning management. Functional testing showed that all 23 test scenarios were successfully executed. Media validation reached 96.25%, while material validation increased from 93.24% to 97.04%. Computational Thinking skills showed an average N-Gain of 0.59, categorized as moderate. Meanwhile, student engagement achieved an average score of 3.42 out of 4, categorized as very high. This study contributes an integrated learning platform that combines rule-based flowchart checking, LLM-generated corrective explanations based on checking results, and gamification elements. However, engagement was measured through student self-reports, and the absence of a comparison group limits the interpretation of the findings.

Keywords: Large Language Model; Feedback; Gamification; Learning Engagement; Algorithm and Programming; ADDIE

1. PENDAHULUAN

Algoritma dan Pemrograman menuntut siswa memahami konsep serta menyusun langkah penyelesaian masalah secara sistematis. Dalam proses tersebut, umpan balik diperlukan untuk membantu siswa mengidentifikasi kesalahan, memahami alasan perbaikan, dan menentukan langkah penyelesaian yang tepat. Berdasarkan observasi pembelajaran Informatika di SMK Negeri 2 Bandung, kegiatan pembelajaran masih didominasi metode ceramah dan penggunaan media sederhana. Interaksi dua arah antara guru dan siswa juga terbatas sehingga sebagian siswa mengalami kesulitan memahami penyelesaian masalah pemrograman dan masih bergantung pada arahan guru. Kondisi ini menunjukkan perlunya media pembelajaran yang menyediakan aktivitas praktik dan umpan balik secara lebih terarah.

Kebutuhan dukungan belajar yang sesuai dengan karakteristik siswa telah dibahas dalam penelitian mengenai self-regulated learning dan teknologi pembelajaran adaptif. Alonso-Mencía et al. [1] menganalisis strategi self-regulated learning peserta kursus pemrograman pada platform edX dan menemukan perbedaan strategi belajar berdasarkan karakteristik serta pengalaman komputasi peserta. Molenaar [2] membahas pendekatan hybrid human-AI learning technologies yang menggabungkan kemampuan manusia dan kecerdasan buatan untuk mendeteksi kebutuhan serta memberikan dukungan belajar adaptif. Kedua penelitian tersebut menekankan pentingnya dukungan yang

Copyright © 2026 The Author(s). Published by *Forum Kerjasama Pendidikan Tinggi*.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

BULLETIN OF COMPUTER SCIENCE RESEARCH
ISSN 2774-3659 (Media Online)
Vol 6, No 6, October 2026 | Hal 2669-2681
https://hostjournals.com/bulletincsr
DOI: 10.47065/bulletincsr.v6i6.1391

mempertimbangkan kebutuhan siswa, tetapi belum secara khusus membahas pemeriksaan dan penjelasan kesalahan flowchart dalam pembelajaran Algoritma dan Pemrograman.

Ketepatan umpan balik menjadi aspek penting dalam pengembangan teknologi pembelajaran. Liao et al. [3] melalui meta-analisis terhadap 35 artikel dan 2.222 peserta menemukan bahwa umpan balik interaksi manusia dan mesin memberikan pengaruh positif terhadap proses dan hasil belajar. Deng dan Yu [4] juga mengkaji penggunaan chatbot dalam pendidikan melalui tinjauan sistematis dan meta-analisis. Temuan tersebut menunjukkan potensi teknologi dalam mendukung pembelajaran, tetapi respons otomatis belum tentu memberikan informasi yang sesuai dengan kesalahan siswa. Dalam pembelajaran pemrograman, umpan balik perlu menghubungkan hasil pengerjaan dengan penjelasan mengenai letak kesalahan dan tindakan perbaikannya.

Large Language Model (LLM) berpotensi menyediakan penjelasan yang fleksibel berdasarkan konteks pengerjaan siswa. Kasneci et al. [5] membahas peluang penggunaan LLM untuk personalisasi pembelajaran sekaligus tantangan berupa bias, informasi tidak akurat, dan keterbatasan model. Steinert et al. [6] mengembangkan asisten pembelajaran berbasis LLM untuk mendukung umpan balik formatif, sedangkan Sun et al. [7] mengkaji penggunaan umpan balik berbasis LLM dalam kaitannya dengan self-regulated learning pada pembelajaran pemrograman. Meskipun demikian, keluaran LLM yang disampaikan secara lancar tidak selalu menjamin ketepatan teknis. Model dapat menghasilkan penjelasan yang tidak sesuai dengan struktur solusi atau menyarankan perbaikan yang tidak menyelesaikan kesalahan siswa. Ouyang dan Jiao [8] menekankan pentingnya menempatkan kecerdasan buatan sebagai pendukung proses pembelajaran, bukan menggantikan peran manusia dalam membangun pengetahuan.

Untuk membatasi risiko tersebut, penelitian ini memisahkan fungsi evaluasi dan penyampaian penjelasan. Chang et al. [9] mengemukakan prinsip desain chatbot berbasis AI untuk mendukung self-regulated learning, meliputi penetapan tujuan, umpan balik, penilaian diri, dan personalisasi. Pada sistem yang dikembangkan, pemeriksaan flowchart, penentuan skor, dan identifikasi kesalahan dilakukan menggunakan aturan program (rule-based) berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan. LLM digunakan ketika siswa meminta koreksi untuk menjelaskan hasil pemeriksaan secara dialogis. Dengan demikian, LLM tidak menjadi penentu benar atau salahnya jawaban maupun penetap skor. Pembagian fungsi ini membatasi ketergantungan evaluasi pada keluaran generatif, meskipun ketepatan penjelasan LLM tetap perlu diperhatikan.

Selain umpan balik, gamifikasi dapat digunakan untuk mengorganisasi aktivitas pembelajaran melalui tantangan, skor, progres, dan pencapaian. Hellín et al. [10] membahas lingkungan pembelajaran pemrograman berbasis web yang mengintegrasikan penilaian otomatis dan gamifikasi. Ge et al. [11] mengembangkan SRLAgent yang menggabungkan bantuan LLM dan gamifikasi untuk mendukung keterampilan self-regulated learning. Penelitian tersebut melaporkan hasil yang lebih baik pada kelompok pengguna SRLAgent dibandingkan kelompok pembanding. Ying dan Wan Yahaya [12] juga mengembangkan pembelajaran pemrograman berbasis gamifikasi dengan umpan balik berbantuan AI untuk siswa pendidikan vokasi. Sementara itu, Afzaal et al. [13] mengkaji umpan balik informatif dan rekomendasi berbasis Explainable Artificial Intelligence untuk membantu siswa memahami penyebab penurunan kinerja dan menentukan tindakan perbaikan. Berbagai penelitian tersebut menunjukkan bahwa gamifikasi dan teknologi berbasis AI dapat mendukung aktivitas belajar, tetapi mekanisme pemeriksaan dan penjelasan kesalahan flowchart masih menjadi aspek yang perlu dikembangkan secara khusus.

Kesenjangan penelitian ini bukan terletak pada belum pernah digunakannya LLM dan gamifikasi secara bersamaan, karena SRLAgent telah mengintegrasikan kedua pendekatan tersebut [11]. Fokus penelitian ini adalah menghubungkan pemeriksaan kesalahan flowchart berbasis aturan, penjelasan korektif menggunakan LLM, dan pengorganisasian aktivitas belajar melalui gamifikasi dalam satu platform. Pemeriksaan berbasis aturan menyediakan dasar evaluasi berdasarkan kriteria yang ditentukan, sedangkan LLM membantu menjelaskan hasil pemeriksaan kepada siswa. Gamifikasi melalui Game Flowchart, poin, progres, badge, dan peringkat digunakan untuk mendukung kelanjutan aktivitas pengerjaan. Integrasi tersebut membedakan fungsi evaluasi, penjelasan, dan pengorganisasian aktivitas agar tidak berjalan secara terpisah.

Aktivitas pembelajaran dalam platform disusun dengan mengacu pada pendekatan Problem-Based Learning (PBL). Nurtanto et al. [14] membahas penerapan PBL untuk mendukung kualitas pembelajaran melalui literasi berbasis karakter dan keterampilan yang relevan dengan kehidupan serta karier. Dalam penelitian ini, PBL menjadi kerangka aktivitas siswa untuk memahami masalah, menyusun solusi, memperoleh umpan balik, dan memperbaiki pengerjaan. Evaluasi juga mencakup engagement siswa yang pengukurannya mengacu pada instrumen Learning Engagement dari Lee et al. [15]. Instrumen tersebut mencakup enam dimensi, yaitu motivasi psikologis, kerja sama antarteman, pemecahan masalah kognitif, interaksi dengan pengajar, dukungan lingkungan belajar, dan pengelolaan pembelajaran.

Penelitian ini bertujuan mengembangkan dan mengevaluasi sistem umpan balik berbasis LLM dengan gamifikasi untuk mendukung engagement siswa pada pembelajaran Algoritma dan Pemrograman. Pengembangan menggunakan metode R&D dengan model ADDIE dan diimplementasikan pada 31 siswa kelas X DKV 1 SMK Negeri 2 Bandung. Evaluasi meliputi pengujian fungsional, validasi media dan materi, perubahan kemampuan Computational Thinking, serta pengukuran engagement siswa setelah implementasi. Kontribusi penelitian ini berupa pengembangan platform yang mengintegrasikan pemeriksaan flowchart berbasis aturan, penjelasan korektif menggunakan LLM berdasarkan hasil pemeriksaan, dan elemen gamifikasi dengan pembagian fungsi yang terstruktur. Hasil penelitian digunakan untuk menilai kelayakan sistem serta menggambarkan perubahan kemampuan Computational Thinking dan kondisi engagement siswa dalam konteks pembelajaran yang diteliti.

Copyright © 2026 The Author(s). Published by *Forum Kerjasama Pendidikan Tinggi*. Page 2670
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

BULLETIN OF COMPUTER SCIENCE RESEARCH
ISSN 2774-3659 (Media Online)
Vol 6, No 6, October 2026 | Hal 2669-2681
https://hostjournals.com/bulletincsr
DOI: 10.47065/bulletincsr.v6i6.1391

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Metode dan Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan pendekatan kuantitatif untuk mengembangkan dan mengevaluasi sistem umpan balik berbasis LLM dengan gamifikasi. Pengembangan produk mengikuti model ADDIE yang terdiri atas lima tahap, yaitu Analyze, Design, Development, Implementation, dan Evaluation. Model ini digunakan untuk mengarahkan proses pengembangan mulai dari identifikasi kebutuhan pembelajaran hingga evaluasi produk [16].

Evaluasi penerapan produk menggunakan desain Pre-Experimental dengan jenis One-Group Pretest-Posttest Design. Desain ini melibatkan satu kelompok siswa yang mengikuti pengukuran kemampuan sebelum dan sesudah pembelajaran menggunakan sistem. Perbandingan kedua hasil pengukuran digunakan untuk mendeskripsikan perubahan kemampuan Computational Thinking (CT) setelah penerapan sistem. Penelitian tidak melibatkan kelompok kontrol sehingga perubahan skor yang ditemukan tidak dapat dipastikan sebagai akibat langsung penggunaan sistem. Hasil pengukuran diinterpretasikan sebagai perubahan yang teramati selama pembelajaran, bukan sebagai bukti kausalitas definitif. Desain penelitian disajikan pada Tabel 1.

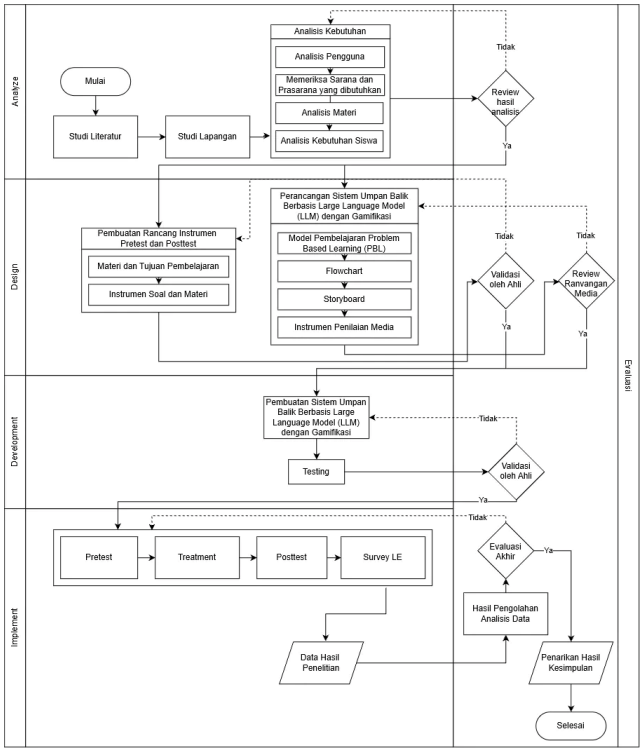
Tabel 1. Desain Penelitian

Tahap	Perlakuan
Pretest	Pengukuran kemampuan awal siswa
Treatment	Pembelajaran menggunakan sistem umpan balik berbasis LLM dengan gamifikasi
Posttest	Pengukuran kemampuan setelah perlakuan

2.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian mengikuti lima tahap model ADDIE. Tahap Analyze dilakukan untuk mengidentifikasi permasalahan pembelajaran, kebutuhan siswa, karakteristik materi, dan kondisi teknologi pendukung. Informasi dikumpulkan melalui studi literatur, observasi, dan wawancara. Tahap Design mencakup perancangan alur sistem, aktivitas pembelajaran, instrumen penelitian, serta integrasi fitur Game Flowchart dan peringkat sebagai elemen gamifikasi. Pada tahap Development, rancangan diimplementasikan menjadi sistem pembelajaran berbasis website, kemudian dilakukan pengujian fungsional dan validasi oleh ahli media serta ahli materi [16].

Tahap Implementation dilaksanakan pada siswa kelas X DKV 1 SMK Negeri 2 Bandung dalam tiga pertemuan. Kegiatan pembelajaran mencakup pengenalan dasar algoritma dan flowchart, penyusunan serta perbaikan solusi berdasarkan umpan balik sistem, dan evaluasi materi algoritma dan flowchart. Pengukuran kemampuan CT dilakukan melalui pretest dan posttest, sedangkan angket Learning Engagement diberikan setelah rangkaian pembelajaran selesai. Tahap Evaluation dilakukan dengan menganalisis hasil validasi ahli, pengujian fungsional, perubahan skor CT, dan data engagement siswa. Keseluruhan tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Penelitian Model ADDIE

Copyright © 2026 The Author(s). Published by *Forum Kerjasama Pendidikan Tinggi*. Page 2671
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

BULLETIN OF COMPUTER SCIENCE RESEARCH
ISSN 2774-3659 (Media Online)
Vol 6, No 6, October 2026 | Hal 2669-2681
https://hostjournals.com/bulletincsr
DOI: 10.47065/bulletincsr.v6i6.1391

2.3 Populasi, Sampel, dan Instrumen Penelitian

Populasi penelitian mencakup siswa kelas X SMK Negeri 2 Bandung yang mengikuti mata pelajaran Informatika. Sampel dipilih menggunakan teknik purposive sampling berdasarkan kesesuaian karakteristik kelas dengan kebutuhan penerapan sistem. Sampel terdiri atas 31 siswa kelas X DKV 1 SMK Negeri 2 Bandung. Pemilihan satu kelas memungkinkan penerapan sistem dalam konteks pembelajaran tertentu, tetapi membatasi keterwakilan sampel terhadap populasi yang lebih luas.

Instrumen penelitian meliputi pedoman observasi dan wawancara, tes kemampuan CT, lembar validasi media dan materi, serta angket Learning Engagement. Observasi dan wawancara digunakan untuk mengidentifikasi kondisi pembelajaran, media yang digunakan, kesulitan siswa dalam mempelajari algoritma dan pemrograman, serta kebutuhan terhadap umpan balik. Pedoman wawancara terdiri atas 10 pertanyaan. Tes pretest dan posttest digunakan untuk mengukur kemampuan CT berdasarkan empat indikator, yaitu decomposition, pattern recognition, abstraction, dan algorithmic thinking. Butir tes disusun dengan mempertimbangkan materi algoritma dan pemrograman serta jenjang kognitif penelitian [17].

Instrumen validasi digunakan untuk menilai kelayakan produk dari aspek materi dan media. Instrumen validasi materi terdiri atas 27 butir, sedangkan instrumen validasi media terdiri atas 24 butir. Keduanya menggunakan skala penilaian 1–5. Penggunaan lembar validasi oleh ahli untuk menilai kelayakan produk juga diterapkan dalam penelitian Nisrina et al. [18] yang mengembangkan instrumen validasi produk multimedia pembelajaran fisika. Skor validator digunakan untuk menghitung persentase kelayakan produk. Pengujian fungsional sistem dilakukan menggunakan metode Black-Box Testing melalui 23 skenario untuk memeriksa kesesuaian fungsi sistem dengan hasil yang diharapkan.

Pengukuran engagement siswa dalam penelitian ini menggunakan angket yang mengacu pada instrumen Learning Engagement dari Lee et al. [15]. Instrumen tersebut digunakan sebagai dasar operasional untuk mengukur engagement siswa melalui enam dimensi, yaitu motivasi psikologis, kerja sama antarteman, pemecahan masalah kognitif, interaksi dengan pengajar, dukungan lingkungan belajar, dan pengelolaan pembelajaran. Angket terdiri atas 26 pernyataan dengan skala Likert empat tingkat, mulai dari Sangat Tidak Setuju (STS) hingga Sangat Setuju (SS), dengan skor 1–4. Angket diberikan setelah pembelajaran untuk menggambarkan kondisi engagement siswa pada akhir penerapan sistem.

Sebelum digunakan, instrumen tes diuji terhadap 60 butir soal kepada 31 siswa untuk mengevaluasi validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya pembeda. Hasil pengujian menunjukkan 41 butir valid dan 19 butir tidak valid, dengan koefisien reliabilitas KR-20 sebesar 0,954. Butir yang memenuhi kriteria kemudian dipilih untuk instrumen pretest dan posttest, masing-masing sebanyak 20 soal, dengan mempertimbangkan keterwakilan indikator CT, materi algoritma dan pemrograman, serta jenjang kognitif penelitian.

2.4 Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Data dikumpulkan melalui observasi dan wawancara, penilaian validator, pengujian fungsional sistem, tes kemampuan CT, serta angket Learning Engagement. Data studi lapangan digunakan sebagai dasar analisis kebutuhan. Data validasi diperoleh dari penilaian ahli media dan materi, sedangkan data kemampuan CT berasal dari hasil pretest dan posttest. Data pengujian fungsional diperoleh melalui pelaksanaan skenario Black-Box Testing, sementara angket Learning Engagement diberikan kepada 31 siswa setelah pembelajaran.

Data validasi ahli dianalisis menggunakan statistik deskriptif dalam bentuk persentase, yaitu perbandingan skor yang diperoleh dengan skor maksimal untuk menggambarkan kelayakan produk [19]. Hasil pengujian fungsional dianalisis berdasarkan persentase skenario yang berhasil dijalankan terhadap keseluruhan skenario pengujian. Data pretest dan posttest dianalisis menggunakan statistik deskriptif untuk menggambarkan kemampuan CT sebelum dan sesudah penerapan sistem. Normalitas selisih skor diperiksa menggunakan uji Shapiro–Wilk. Karena selisih skor tidak berdistribusi normal, pengujian perbedaan berpasangan dilakukan menggunakan Wilcoxon Signed-Rank Test dengan taraf signifikansi 0,05 melalui SPSS.

Peningkatan kemampuan CT dianalisis menggunakan normalized gain (N-Gain) yang dihitung dengan Microsoft Excel. N-Gain menggambarkan peningkatan skor relatif terhadap skor maksimum yang mungkin dicapai. Hasilnya dikategorikan menjadi tinggi ($g \geq 0{,}70$), sedang ($0{,}30 \leq g < 0{,}70$), dan rendah ($g < 0{,}30$). Ukuran efek hasil uji Wilcoxon dihitung menggunakan koefisien r berdasarkan nilai absolut statistik Z dan jumlah pasangan pengamatan. Selain itu, perubahan skor terstandar dianalisis menggunakan paired-samples Cohen's d berdasarkan rata-rata dan simpangan baku selisih skor pretest dan posttest. Data engagement dianalisis secara deskriptif menggunakan rata-rata skor angket secara keseluruhan dan berdasarkan enam dimensi. Nilai rata-rata diinterpretasikan menggunakan kategori yang ditetapkan dalam instrumen, mulai dari sangat rendah hingga sangat tinggi. Karena pengukuran hanya dilakukan setelah penerapan sistem, data digunakan untuk menggambarkan kondisi engagement siswa pada akhir pembelajaran, bukan perubahan engagement dari kondisi awal.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Tahap Analyze

Tahap Analyze dilakukan melalui observasi dan wawancara untuk mengidentifikasi kondisi pembelajaran, kebutuhan pengguna, serta permasalahan dalam pemberian umpan balik. Hasil analisis menunjukkan bahwa pembelajaran

Copyright © 2026 The Author(s). Published by *Forum Kerjasama Pendidikan Tinggi*. Page 2672
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

BULLETIN OF COMPUTER SCIENCE RESEARCH
ISSN 2774-3659 (Media Online)
Vol 6, No 6, October 2026 | Hal 2669-2681
https://hostjournals.com/bulletincsr
DOI: 10.47065/bulletincsr.v6i6.1391

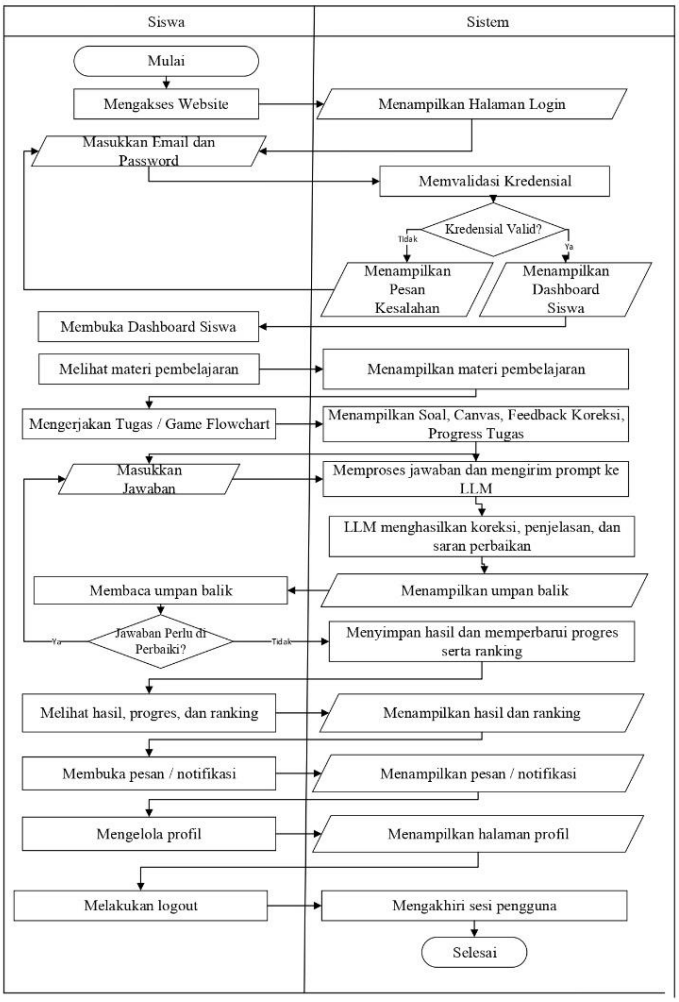
Informatika masih memanfaatkan Microsoft Word dan PowerPoint sebagai media penyampaian materi, sedangkan latihan dan pemberian umpan balik masih bergantung pada pendampingan guru. Pemeriksaan tugas secara individual menjadi tantangan ketika beberapa siswa membutuhkan koreksi dalam waktu yang berdekatan.

Dari sisi siswa, ditemukan kebutuhan terhadap umpan balik yang tidak hanya menunjukkan benar atau salah, tetapi juga menjelaskan kesalahan dan bagian yang perlu diperbaiki. Kebutuhan tersebut menjadi dasar pemanfaatan Large Language Model (LLM) sebagai pendukung pemberian umpan balik. Teknologi berbasis kecerdasan buatan dapat membantu siswa memahami hasil pengerjaan dan menentukan langkah perbaikan [13]. Namun, penggunaan LLM perlu disertai mekanisme pemeriksaan agar penilaian tidak sepenuhnya bergantung pada keluaran generatif.

Analisis kebutuhan juga menunjukkan perlunya aktivitas pembelajaran yang lebih interaktif. Penggunaan game, poin, tantangan, dan peringkat dipertimbangkan untuk mendukung ketertarikan siswa dalam menyelesaikan tugas. Gamifikasi telah dikaji sebagai pendekatan untuk mendukung motivasi dan keterlibatan dalam pembelajaran [10], sedangkan integrasinya dengan teknologi berbasis LLM mulai diterapkan untuk mendukung aktivitas belajar [11]. Berdasarkan temuan tersebut, sistem dirancang dalam bentuk website yang memuat materi Algoritma dan Pemrograman, aktivitas Problem-Based Learning (PBL), umpan balik berbasis LLM, dan elemen gamifikasi.

3.2 Hasil Tahap Design

Tahap Design menerjemahkan kebutuhan hasil analisis menjadi rancangan sistem dan aktivitas pembelajaran. Perancangan mencakup alur penggunaan website, antarmuka, mekanisme umpan balik berbasis LLM, elemen gamifikasi, serta aktivitas pembelajaran menggunakan PBL. Sistem dirancang untuk tiga jenis pengguna, yaitu siswa, guru, dan admin, yang memiliki hak akses serta fungsi berbeda. Alur penggunaan sistem oleh siswa ditunjukkan pada Gambar 2.

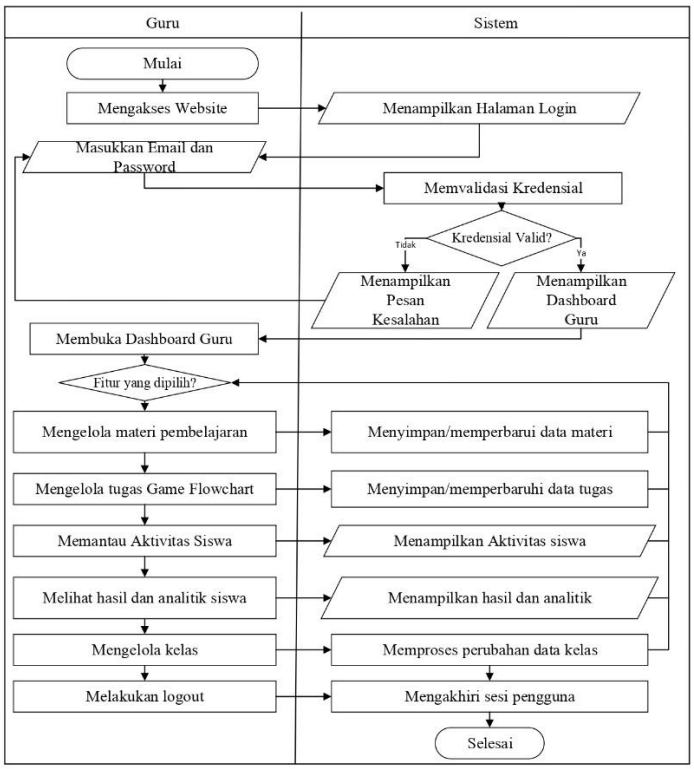


Gambar 2. Flowchart Alur Penggunaan Sistem oleh Siswa

Alur siswa dimulai dari akses website dan autentikasi, kemudian dilanjutkan dengan aktivitas pembelajaran. Siswa dapat membuka materi, mengerjakan tugas Game Flowchart, memasukkan jawaban, serta menerima umpan balik berdasarkan hasil pemeriksaan. Umpan balik digunakan untuk meninjau dan memperbaiki solusi. Setelah pengerjaan selesai, sistem menampilkan hasil, progres, dan peringkat. Sistem juga menyediakan akses terhadap pesan, notifikasi, serta pengaturan profil. Selain aktivitas siswa, guru memiliki fungsi pengelolaan dan pemantauan pembelajaran sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 3.

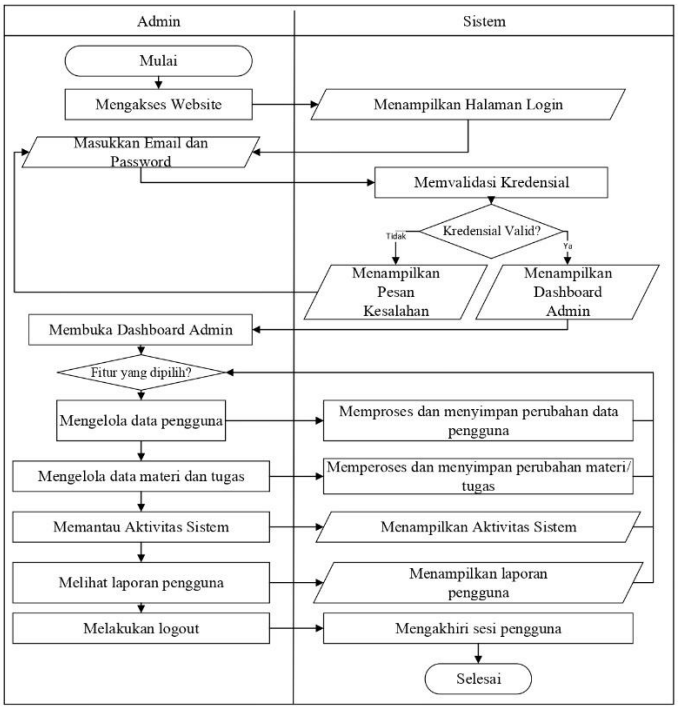
Copyright © 2026 The Author(s). Published by *Forum Kerjasama Pendidikan Tinggi*. Page 2673
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

BULLETIN OF COMPUTER SCIENCE RESEARCH
ISSN 2774-3659 (Media Online)
Vol 6, No 6, October 2026 | Hal 2669-2681
https://hostjournals.com/bulletincsr
DOI: 10.47065/bulletincsr.v6i6.1391



Gambar 3. Flowchart Alur Penggunaan Sistem oleh Guru

Guru dapat mengakses dashboard setelah melakukan autentikasi. Fitur yang tersedia meliputi pengelolaan materi, tugas Game Flowchart, pemantauan aktivitas siswa, serta peninjauan hasil dan analitik pembelajaran. Guru juga dapat mengelola kelas sesuai hak akses yang diberikan. Sementara itu, pengelolaan data pendukung dan administrasi sistem dilakukan oleh admin melalui alur pada Gambar 4.



Gambar 4. Flowchart Alur Penggunaan Sistem oleh Admin

Admin bertanggung jawab terhadap pengelolaan data pengguna, materi dan tugas, pemantauan aktivitas sistem, serta laporan pengguna. Pemisahan flowchart berdasarkan peran memperjelas pembagian fungsi dalam sistem. Siswa berfokus pada aktivitas pembelajaran dan perbaikan solusi, guru pada pengelolaan serta pemantauan pembelajaran,

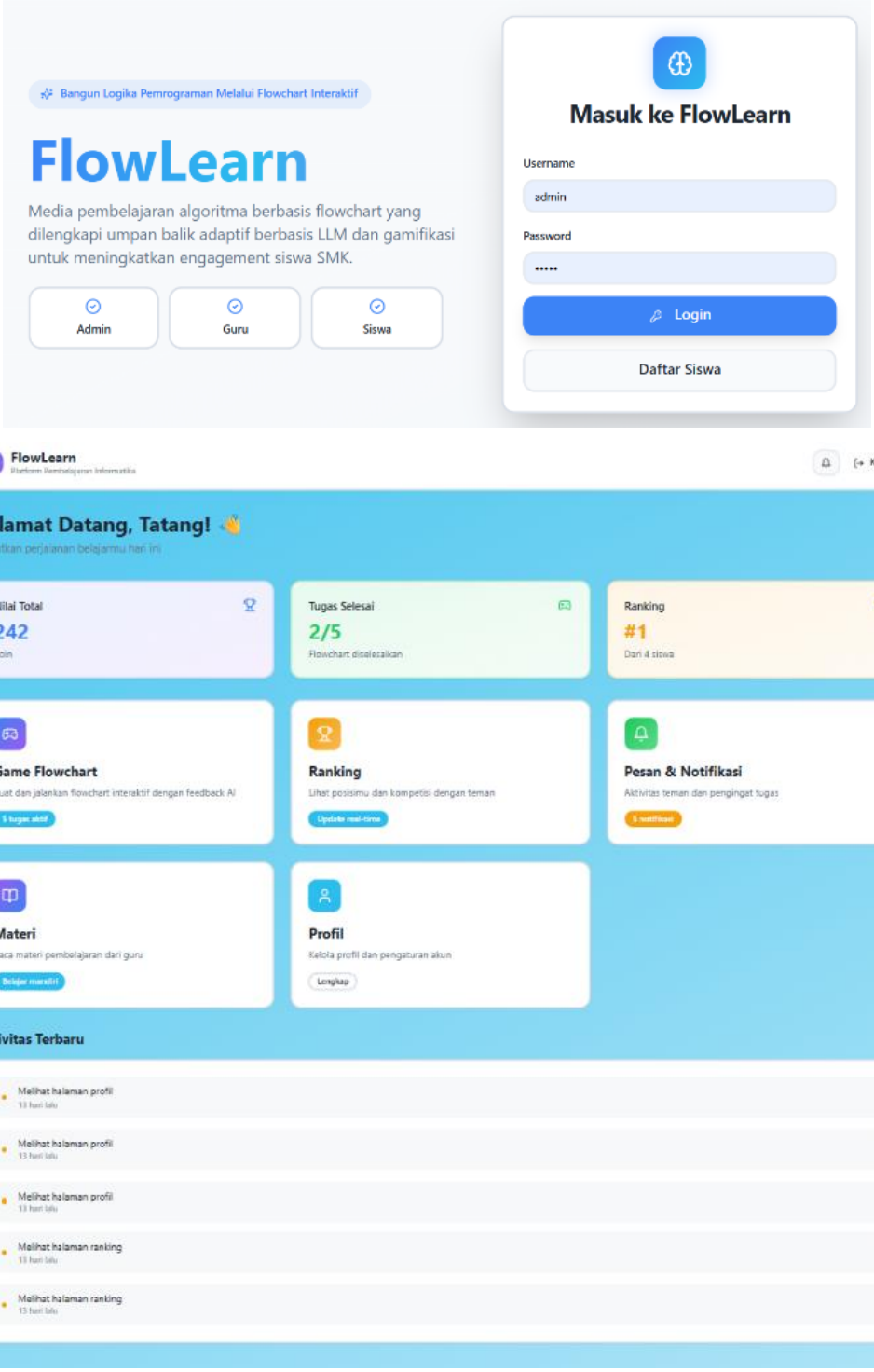
Copyright © 2026 The Author(s). Published by *Forum Kerjasama Pendidikan Tinggi*. Page 2674
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

BULLETIN OF COMPUTER SCIENCE RESEARCH
ISSN 2774-3659 (Media Online)
Vol 6, No 6, October 2026 | Hal 2669-2681
https://hostjournals.com/bulletincsr
DOI: 10.47065/bulletincsr.v6i6.1391

sedangkan admin pada pengelolaan data dan administrasi sistem. Dalam rancangan ini, PBL menjadi kerangka aktivitas siswa, LLM mendukung pemberian umpan balik, dan gamifikasi melengkapi interaksi pembelajaran [14].

3.3 Hasil Tahap Development

Tahap Development menghasilkan sistem pembelajaran berbasis website yang mengintegrasikan materi Algoritma dan Pemrograman, Game Flowchart, umpan balik berbasis LLM, peringkat, serta fitur pendukung bagi siswa, guru, dan admin. Sistem dirancang agar dapat digunakan melalui komputer laboratorium sekolah tanpa memerlukan instalasi aplikasi pada perangkat siswa. Tampilan halaman login dan dashboard siswa ditunjukkan pada Gambar 5.

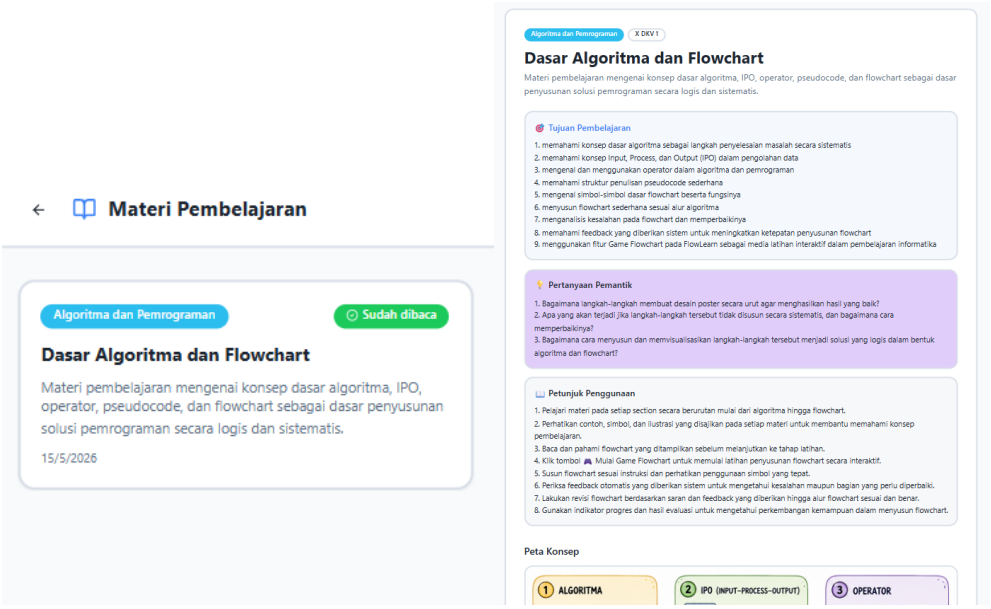


Gambar 5. Halaman Login dan Dashboard Siswa

Halaman login digunakan untuk autentikasi pengguna, sedangkan dashboard menampilkan fitur sesuai peran pengguna. Siswa dapat mengakses fitur pembelajaran melalui dashboard, termasuk halaman materi yang menyediakan bahan pembelajaran Algoritma dan Pemrograman sebagaimana ditampilkan pada Gambar 6.

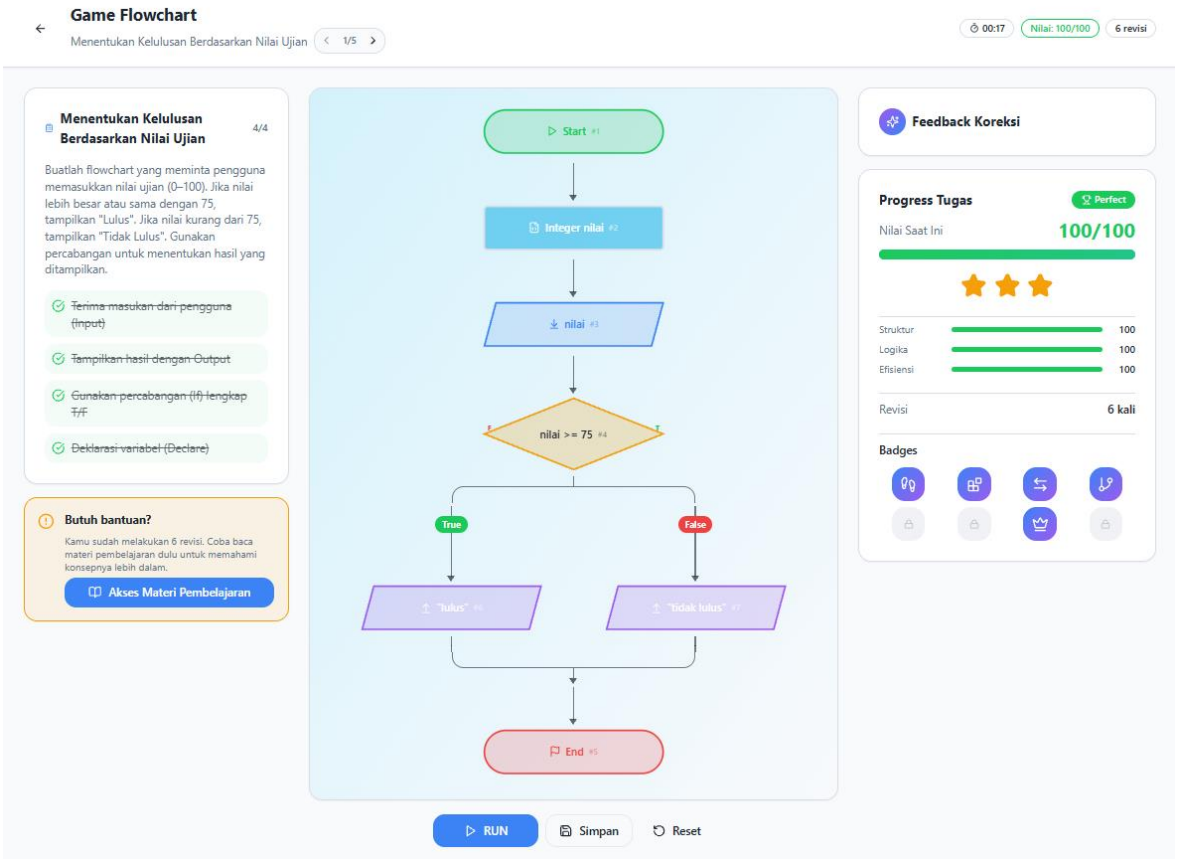
Copyright © 2026 The Author(s). Published by *Forum Kerjasama Pendidikan Tinggi*. Page 2675
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

BULLETIN OF COMPUTER SCIENCE RESEARCH
ISSN 2774-3659 (Media Online)
Vol 6, No 6, October 2026 | Hal 2669-2681
https://hostjournals.com/bulletincsr
DOI: 10.47065/bulletincsr.v6i6.1391



Gambar 6. Halaman Materi dan Detail Materi

Halaman materi menyediakan bahan pembelajaran yang dapat dipelajari sebelum siswa mengikuti aktivitas penyelesaian masalah. Materi tersebut menjadi sumber belajar untuk memahami konsep yang diperlukan dalam pengerjaan tugas. Setelah mempelajari materi, siswa dapat mengikuti Game Flowchart untuk menyusun dan memperbaiki solusi algoritma. Tampilan aktivitas tersebut beserta panel umpan balik berbasis LLM ditunjukkan pada Gambar 7.



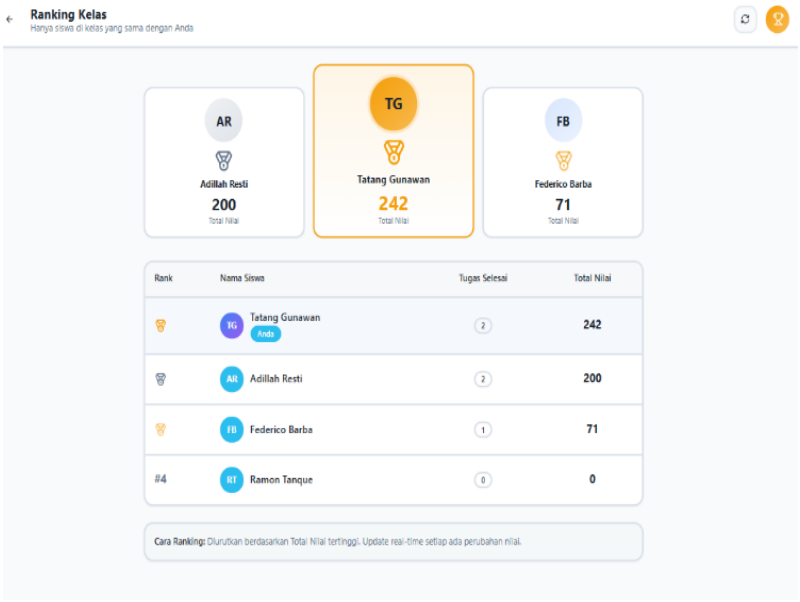
Gambar 7. Game Flowchart dan Umpan Balik Berbasis LLM

Antarmuka Game Flowchart terdiri atas tiga bagian utama. Bagian kiri menampilkan instruksi dan kriteria penyelesaian tugas. Bagian tengah merupakan area kerja untuk menyusun node dan menghubungkannya menjadi alur algoritma, serta menyediakan fungsi untuk menjalankan, menyimpan, dan mengatur ulang pengerjaan. Bagian kanan menampilkan panel hasil pemeriksaan dan progres tugas, meliputi skor, indikator struktur, logika, efisiensi, jumlah revisi, serta badge sebagai elemen gamifikasi.

Copyright © 2026 The Author(s). Published by *Forum Kerjasama Pendidikan Tinggi*. Page 2676
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

BULLETIN OF COMPUTER SCIENCE RESEARCH
ISSN 2774-3659 (Media Online)
Vol 6, No 6, October 2026 | Hal 2669-2681
https://hostjournals.com/bulletincsr
DOI: 10.47065/bulletincsr.v6i6.1391

Melalui fitur tersebut, siswa dapat meninjau hasil pengerjaan dan mengidentifikasi bagian yang perlu diperbaiki. Pemeriksaan flowchart dilakukan berdasarkan aturan yang telah ditentukan, sedangkan LLM digunakan untuk menjelaskan hasil pemeriksaan secara lebih komunikatif ketika siswa meminta koreksi. Dengan pembagian fungsi ini, penilaian tetap didasarkan pada kriteria sistem dan LLM berperan sebagai pendukung penjelasan. Pemanfaatan LLM untuk mendukung formative feedback dalam pembelajaran juga dibahas dalam penelitian sebelumnya [6], [7]. Selain fitur pembelajaran, sistem menyediakan halaman peringkat untuk menampilkan posisi siswa berdasarkan aktivitas pembelajaran sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Halaman Ranking

Halaman peringkat menampilkan posisi siswa sebagai salah satu elemen gamifikasi. Informasi tersebut melengkapi penyajian skor dan progres yang diperoleh selama aktivitas pembelajaran.

3.3.1 Hasil Pengujian Fungsional dan Validasi Produk

Pengujian fungsional dilakukan menggunakan metode Black-Box Testing terhadap 23 skenario yang mencakup fungsi siswa, guru, dan admin. Seluruh skenario berhasil dijalankan sesuai dengan hasil yang diharapkan. Pengujian ini menunjukkan kesesuaian fungsi yang diuji dengan rancangan sistem, tetapi tidak secara langsung mengukur peningkatan kemampuan belajar siswa. Validasi produk dilakukan oleh ahli media dan ahli materi. Hasil validasi dan pengujian fungsional dirangkum pada Tabel 2.

Tabel 2. Ringkasan Validasi dan Pengujian Sistem

Aspek evaluasi	Hasil	Keterangan
Validasi media	96,25%	Penilaian aspek tampilan, navigasi, dan kinerja sistem
Validasi materi tahapan pertama	93,24%	Penilaian awal kelayakan materi
Validasi materi tahapan kedua	97,04%	Penilaian setelah perbaikan
Black-box testing	23/23 skenario berhasil	Seluruh skenario sesuai hasil yang diharapkan

Berdasarkan Tabel 2, validasi media memperoleh persentase sebesar 96,25%. Pada validasi materi, persentase meningkat dari 93,24% pada tahap pertama menjadi 97,04% pada tahap kedua setelah dilakukan perbaikan berdasarkan masukan validator. Peningkatan tersebut menunjukkan adanya perbaikan penilaian kelayakan materi setelah proses revisi. Sementara itu, keberhasilan 23 skenario pengujian atau sebesar 100% menunjukkan bahwa fungsi-fungsi yang diuji berjalan sesuai hasil yang diharapkan. Hasil validasi dan pengujian digunakan sebagai dasar penilaian kelayakan produk sebelum diterapkan dalam pembelajaran.

3.4 Hasil Implementasi Pembelajaran

Tahap Implementation dilaksanakan pada 31 siswa kelas X DKV 1 SMK Negeri 2 Bandung dalam tiga pertemuan, yaitu 24 Juli, 31 Juli, dan 7 Agustus 2026. Pembelajaran menggunakan pendekatan PBL dengan memanfaatkan sistem umpan balik berbasis LLM dan elemen gamifikasi. Pada pertemuan pertama, siswa mengerjakan pretest untuk mengukur kemampuan awal, kemudian mengikuti pembelajaran mengenai dasar algoritma dan flowchart. Pada pertemuan kedua, siswa menyelesaikan masalah melalui Game Flowchart dengan menyusun solusi, menerima umpan balik, dan memperbaiki jawaban berdasarkan hasil pemeriksaan. Pada pertemuan ketiga, siswa mengikuti evaluasi melalui aktivitas Game Flowchart, mengerjakan posttest, dan mengisi angket Learning Engagement.

Copyright © 2026 The Author(s). Published by *Forum Kerjasama Pendidikan Tinggi*.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

BULLETIN OF COMPUTER SCIENCE RESEARCH
ISSN 2774-3659 (Media Online)
Vol 6, No 6, October 2026 | Hal 2669-2681
https://hostjournals.com/bulletincsr
DOI: 10.47065/bulletincsr.v6i6.1391

Selama aktivitas pengerjaan, umpan balik digunakan untuk membantu siswa mengidentifikasi kesalahan dan memperbaiki solusi. Elemen gamifikasi berupa skor, progres, badge, dan peringkat melengkapi aktivitas tersebut [14], [6], [7]. Hasil implementasi dianalisis melalui perubahan kemampuan CT dan pengukuran engagement siswa.

3.4.1 Hasil Kemampuan Computational Thinking

Evaluasi kemampuan Computational Thinking (CT) dilakukan dengan membandingkan skor pretest dan posttest dari 31 siswa. Analisis mencakup statistik deskriptif, perhitungan N-Gain, uji perbedaan berpasangan, dan ukuran efek. Ringkasan hasil analisis disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Ringkasan Hasil Pretest, Posttest, dan N-Gain Computational Thinking

Parameter	Hasil
Jumlah siswa	31
Rata-rata pretest	29,52
Rata-rata posttest	70,32
Rata-rata peningkatan skor	40,81
Rata-rata N-Gain	0,590
Kategori N-Gain	Sedang
Statistik Shapiro–Wilk	0,766
Signifikansi Shapiro–Wilk	$p < 0,001$
Statistik Wilcoxon (Z)	−4,895
Signifikansi Wilcoxon (dua arah)	$p < 0,001$
Ukuran efek Wilcoxon (r)	0,879
Cohen's d_z	4,147

Berdasarkan Tabel 3, rata-rata skor CT meningkat dari 29,52 pada pretest menjadi 70,32 pada posttest, dengan kenaikan rata-rata sebesar 40,81 poin. Nilai N-Gain sebesar 0,590 termasuk kategori sedang. N-Gain menggambarkan peningkatan skor relatif terhadap skor maksimum yang mungkin dicapai [20]. Hasil tersebut menunjukkan bahwa skor CT siswa lebih tinggi setelah mengikuti rangkaian pembelajaran menggunakan sistem.

Sebelum pengujian perbedaan, normalitas selisih skor pretest dan posttest diperiksa menggunakan uji Shapiro–Wilk. Hasil pengujian menunjukkan statistik sebesar 0,766 dengan signifikansi kurang dari 0,001. Karena nilai signifikansi lebih kecil daripada 0,05, selisih skor tidak memenuhi asumsi normalitas. Oleh karena itu, pengujian perbedaan skor berpasangan dilakukan menggunakan Wilcoxon Signed-Rank Test.

Hasil uji Wilcoxon menunjukkan perbedaan skor CT yang signifikan secara statistik antara pretest dan posttest ($Z = -4,895$; $p < 0,001$). Berdasarkan tabel peringkat, seluruh 31 siswa memperoleh skor posttest lebih tinggi daripada skor pretest, tanpa skor yang menurun maupun tetap. Ukuran efek Wilcoxon menghasilkan nilai r sebesar 0,879, sedangkan perhitungan Cohen's d_z menghasilkan nilai 4,147 sebagai ukuran perubahan skor terstandar berdasarkan selisih skor pretest dan posttest.

Hasil deskriptif dan inferensial tersebut menggambarkan perubahan kemampuan CT selama penerapan sistem. N-Gain menunjukkan peningkatan relatif dalam kategori sedang, sedangkan uji Wilcoxon menunjukkan bahwa perbedaan skor berpasangan signifikan secara statistik. Meskipun demikian, desain One-Group Pretest-Posttest tanpa kelompok kontrol tidak dapat memastikan bahwa peningkatan sepenuhnya disebabkan oleh sistem. Pengalaman belajar selama pembelajaran, efek Hawthorne, dan faktor lain yang tidak dikendalikan juga berpotensi memengaruhi perubahan skor.

3.4.2 Analisis Engagement Siswa

Pengukuran engagement siswa dilakukan setelah seluruh rangkaian pembelajaran selesai menggunakan angket Learning Engagement yang terdiri atas 26 pernyataan dengan skala Likert 1–4. Instrumen tersebut mencakup enam dimensi, yaitu motivasi psikologis, kerja sama antarteman, pemecahan masalah kognitif, interaksi dengan instruktur, dukungan lingkungan belajar, dan manajemen pembelajaran [15]. Hasil pengukuran disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisis Learning Engagement Siswa

No.	Dimensi Learning Engagement	Butir Soal	Rata-rata Skor	Kategori
1	Motivasi Psikologis	Q1–Q5	3,48	Sangat Tinggi
2	Kerja Sama Antar Teman	Q6–Q9	3,41	Sangat Tinggi
3	Pemecahan Masalah Kognitif	Q10–Q14	3,45	Sangat Tinggi
4	Interaksi dengan Instruktur	Q15–Q18	3,38	Sangat Tinggi
5	Dukungan Lingkungan Belajar	Q19–Q22	3,42	Sangat Tinggi
6	Manajemen Pembelajaran	Q23–Q26	3,36	Sangat Tinggi
Rata-rata Keseluruhan		26 Butir	3,42	Sangat Tinggi

Berdasarkan Tabel 4, rata-rata engagement siswa mencapai 3,42 dari skala 4 dan termasuk kategori sangat tinggi. Motivasi psikologis memperoleh rata-rata tertinggi sebesar 3,48, sedangkan manajemen pembelajaran memperoleh rata-

Copyright © 2026 The Author(s). Published by *Forum Kerjasama Pendidikan Tinggi*. Page 2678
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

rata terendah sebesar 3,36. Meskipun terdapat perbedaan skor antardimensi, seluruh dimensi berada pada kategori sangat tinggi berdasarkan kriteria instrumen.

Hasil pengelompokan skor individual menunjukkan bahwa 22 siswa (71,0%) berada pada kategori sangat tinggi dan 9 siswa (29,0%) berada pada kategori tinggi. Tidak terdapat siswa dalam kategori rendah atau sangat rendah. Hasil tersebut menggambarkan kondisi engagement siswa setelah mengikuti pembelajaran menggunakan sistem. Namun, karena angket hanya diberikan setelah pembelajaran, hasilnya tidak menunjukkan perubahan engagement dari kondisi awal dan tidak dapat digunakan untuk memastikan bahwa sistem menyebabkan tingkat keterlibatan tersebut.

3.5 Pembahasan

Hasil pengembangan menunjukkan bahwa sistem dirancang berdasarkan kebutuhan terhadap umpan balik yang informatif dan aktivitas pembelajaran yang interaktif. Kebutuhan tersebut diterapkan melalui integrasi PBL sebagai kerangka aktivitas pembelajaran, pemeriksaan flowchart berbasis aturan untuk mengevaluasi hasil pengerjaan, LLM untuk memberikan penjelasan korektif berdasarkan hasil pemeriksaan, serta gamifikasi melalui Game Flowchart, skor, progres, badge, dan peringkat. Integrasi tersebut menempatkan umpan balik sebagai bagian dari proses pengerjaan dan perbaikan solusi, bukan hanya penyampaian hasil akhir. Pendekatan pemanfaatan LLM untuk mendukung formative feedback dan pembelajaran pemrograman juga dibahas dalam penelitian sebelumnya [6], [7].

Dari aspek kelayakan produk, validasi media memperoleh persentase sebesar 96,25%, sedangkan validasi materi meningkat dari 93,24% menjadi 97,04% setelah dilakukan perbaikan berdasarkan masukan validator. Pengujian fungsional menggunakan Black-Box Testing menunjukkan bahwa seluruh 23 skenario berhasil dijalankan atau mencapai persentase keberhasilan 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa produk memperoleh penilaian kelayakan yang tinggi dari validator dan fungsi-fungsi yang diuji berjalan sesuai rancangan. Namun, keberhasilan pengujian fungsional hanya menunjukkan kesesuaian fungsi sistem dengan hasil yang diharapkan, bukan bukti langsung peningkatan kemampuan CT atau engagement siswa.

Hasil implementasi menunjukkan bahwa rata-rata skor CT meningkat dari 29,52 pada pretest menjadi 70,32 pada posttest, dengan kenaikan rata-rata sebesar 40,81 poin. Rata-rata N-Gain sebesar 0,590 termasuk kategori sedang [20]. Uji Wilcoxon Signed-Rank menunjukkan perbedaan skor pretest dan posttest yang signifikan secara statistik ($Z = -4{,}895$; $p < 0{,}001$). Seluruh 31 siswa memperoleh skor posttest lebih tinggi daripada skor pretest. Ukuran efek Wilcoxon sebesar $r = 0{,}879$ menggambarkan besarnya perbedaan skor berpasangan pada kelompok penelitian. Selain itu, nilai Cohen's d_z sebesar 4,147 menunjukkan besarnya perubahan skor terstandar berdasarkan selisih pretest dan posttest.

Perubahan skor tersebut berkaitan dengan rangkaian aktivitas pembelajaran yang diikuti siswa, mulai dari mempelajari materi, menyusun flowchart, memperoleh hasil pemeriksaan, hingga memperbaiki solusi. Pemeriksaan berbasis aturan memberikan informasi mengenai bagian yang belum sesuai dengan kriteria, sedangkan LLM membantu menjelaskan hasil pemeriksaan tersebut dalam bentuk penjelasan korektif. Mekanisme ini memungkinkan siswa memperoleh informasi yang lebih terarah ketika melakukan revisi. Meskipun demikian, penelitian ini belum mengukur kontribusi setiap fitur secara terpisah sehingga peningkatan skor tidak dapat dikaitkan secara khusus dengan pemeriksaan berbasis aturan, penjelasan LLM, atau gamifikasi.

Hasil pengujian statistik juga perlu ditafsirkan dengan mempertimbangkan desain penelitian. Penelitian menggunakan desain One-Group Pretest-Posttest tanpa kelompok kontrol sehingga tidak dapat memisahkan kontribusi penggunaan sistem dari faktor lain selama pembelajaran. Faktor tersebut dapat mencakup pengalaman belajar, efek Hawthorne akibat kesadaran siswa bahwa mereka sedang diamati, serta faktor lain yang tidak dikendalikan. Dengan demikian, N-Gain dalam kategori sedang dan hasil uji Wilcoxon yang signifikan menunjukkan perubahan yang teramati pada kelompok penelitian, tetapi belum membuktikan bahwa perubahan tersebut sepenuhnya disebabkan oleh penggunaan sistem.

Pada aspek engagement siswa, rata-rata keseluruhan memperoleh skor 3,42 dari skala 4 dan termasuk kategori sangat tinggi. Seluruh enam dimensi juga berada pada kategori sangat tinggi. Motivasi psikologis memperoleh rata-rata tertinggi sebesar 3,48, sedangkan manajemen pembelajaran memperoleh rata-rata terendah sebesar 3,36. Hasil pengelompokan skor individual menunjukkan bahwa 22 siswa (71,0%) berada pada kategori sangat tinggi dan 9 siswa (29,0%) berada pada kategori tinggi. Temuan ini menggambarkan kondisi engagement siswa setelah mengikuti pembelajaran yang mengintegrasikan materi, aktivitas penyelesaian masalah, umpan balik, dan gamifikasi. Penggunaan elemen gamifikasi dalam pembelajaran telah dibahas dalam penelitian terkait motivasi dan keterlibatan siswa [10], [11].

Perbedaan skor antardimensi menunjukkan bahwa tingkat engagement tidak sepenuhnya seragam. Motivasi psikologis memperoleh skor tertinggi, sedangkan manajemen pembelajaran memperoleh skor terendah meskipun masih berada pada kategori sangat tinggi. Perbedaan tersebut dapat digunakan untuk menggambarkan aspek keterlibatan yang memperoleh penilaian relatif lebih tinggi dan lebih rendah dari siswa. Akan tetapi, pengukuran hanya dilakukan setelah pembelajaran melalui kuesioner berbasis laporan diri. Oleh karena itu, hasilnya belum menunjukkan perubahan engagement dari kondisi awal dan berpotensi dipengaruhi persepsi subjektif responden.

Secara keseluruhan, hasil penelitian memperlihatkan bahwa sistem memperoleh penilaian kelayakan yang tinggi, seluruh skenario pengujian fungsional berhasil dijalankan, dan terdapat perubahan skor CT yang signifikan secara statistik selama penerapan sistem. Pengukuran engagement juga menunjukkan kategori sangat tinggi berdasarkan instrumen yang digunakan. Temuan tersebut berlaku dalam konteks implementasi pada 31 siswa dari satu kelas yang dipilih menggunakan teknik purposive sampling. Ketiadaan kelompok kontrol dan pengukuran engagement sebelum pembelajaran membatasi interpretasi hasil. Penelitian selanjutnya dapat melibatkan sampel yang lebih beragam, kelompok pembanding,

Copyright © 2026 The Author(s). Published by *Forum Kerjasama Pendidikan Tinggi*.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

BULLETIN OF COMPUTER SCIENCE RESEARCH
ISSN 2774-3659 (Media Online)
Vol 6, No 6, October 2026 | Hal 2669-2681
https://hostjournals.com/bulletincsr
DOI: 10.47065/bulletincsr.v6i6.1391

pengukuran engagement sebelum dan sesudah pembelajaran, serta periode implementasi yang lebih panjang untuk memperoleh gambaran yang lebih menyeluruh mengenai penerapan sistem.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan sistem umpan balik dalam pembelajaran berbasis Large Language Model (LLM) dengan gamifikasi untuk mendukung engagement siswa pada materi Algoritma dan Pemrograman. Sistem dikembangkan menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan model ADDIE dan diimplementasikan pada 31 siswa kelas X DKV 1 SMK Negeri 2 Bandung. Sistem mengintegrasikan pemeriksaan flowchart berbasis aturan, penjelasan korektif menggunakan LLM berdasarkan hasil pemeriksaan, serta elemen gamifikasi berupa Game Flowchart, skor, progres, badge, dan peringkat. Pembagian fungsi tersebut menempatkan pemeriksaan berbasis aturan sebagai mekanisme evaluasi struktur dan logika flowchart berdasarkan kriteria yang ditetapkan, sedangkan LLM membantu menyampaikan penjelasan mengenai hasil pemeriksaan secara lebih komunikatif. Hasil validasi menunjukkan persentase kelayakan media sebesar 96,25%, sedangkan validasi materi meningkat dari 93,24% pada tahap pertama menjadi 97,04% pada tahap kedua setelah perbaikan berdasarkan masukan validator. Pengujian fungsional menggunakan metode Black-Box Testing menunjukkan bahwa seluruh 23 skenario berhasil dijalankan sesuai hasil yang diharapkan. Pada evaluasi kemampuan Computational Thinking, rata-rata skor siswa meningkat dari 29,52 pada pretest menjadi 70,32 pada posttest, dengan rata-rata N-Gain sebesar 0,590 dalam kategori sedang. Uji Wilcoxon Signed-Rank menunjukkan adanya perbedaan skor yang signifikan secara statistik ($Z = -4{,}895$; $p < 0{,}001$), dengan ukuran efek Wilcoxon sebesar $r = 0{,}879$ dan Cohen's d_z sebesar 4,147. Sementara itu, hasil pengukuran engagement siswa setelah pembelajaran memperoleh rata-rata 3,42 dari skala 4 dengan kategori sangat tinggi. Sebanyak 22 siswa (71,0%) berada pada kategori sangat tinggi dan 9 siswa (29,0%) berada pada kategori tinggi. Hasil tersebut menggambarkan kelayakan produk, keberhasilan fungsi yang diuji, perubahan kemampuan CT, dan kondisi engagement siswa dalam konteks penerapan sistem pada kelas yang diteliti. Interpretasi hasil kemampuan CT tetap perlu mempertimbangkan desain One-Group Pretest-Posttest tanpa kelompok kontrol sehingga perubahan skor belum dapat diatribusikan secara kausal kepada penggunaan sistem. Selain itu, pengukuran engagement hanya dilakukan setelah pembelajaran melalui kuesioner laporan diri sehingga belum menunjukkan perubahan dari kondisi awal dan belum sepenuhnya menggambarkan keterlibatan siswa yang teramati secara langsung. Penelitian selanjutnya dapat melibatkan kelompok pembanding dan sampel dari kelas atau sekolah yang lebih beragam, melakukan pengukuran engagement sebelum dan sesudah pembelajaran, serta menambahkan observasi selama implementasi untuk memperoleh gambaran yang lebih menyeluruh mengenai penerapan sistem.

5. PERNYATAAN PENULIS

5.1 Kontribusi Penulis

Kontribusi setiap penulis pada penelitian dan penulisan manuskrip ini dinyatakan sebagai berikut:
Konseptualisasi: I. H., E. P., dan L. A.;
Metodologi: I. H., E. P., dan L. A.;
Perangkat Lunak: I. H.;
Validasi: I. H., E. P., dan L. A.;
Analisis Formal: I. H.;
Investigasi: I. H.;
Sumber Daya: I. H., E. P., dan L. A.;
Kurasi Data: I. H.;
Penulisan Draf Awal: I. H.;
Penulisan, Peninjauan, dan Penyuntingan: I. H., E. P., dan L. A.;
Visualisasi: I. H.;
Seluruh penulis telah membaca dan menyetujui versi akhir manuskrip.

5.2 Ketersediaan Data

Data yang disajikan dalam penelitian ini tersedia berdasarkan permintaan kepada penulis korespondensi.

5.3 Pendanaan

Penelitian ini tidak menerima pendanaan eksternal.

5.4 Pernyataan Dewan Peninjau Institusional

Penelitian ini telah memperoleh surat permohonan izin penelitian dari Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, yang ditujukan kepada SMKN 2 Bandung. Pelaksanaan penelitian dilakukan setelah memperoleh izin dari pihak sekolah.

Copyright © 2026 The Author(s). Published by *Forum Kerjasama Pendidikan Tinggi*.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

5.5 Peryataan Persetujuan Berdasarkan Informasi

Pelaksanaan penelitian telah memperoleh izin dari pihak SMKN 2 Bandung dan persetujuan dari guru wali kelas. Keterlibatan siswa dalam kegiatan penelitian dilaksanakan dalam koordinasi dengan pihak sekolah.

5.6 Pernyataan konflik Kepentingan

Para penulis menyatakan bahwa mereka tidak memiliki kepentingan keuangan yang bersaing atau hubungan pribadi yang diketahui yang dapat dianggap memengaruhi pekerjaan yang dilaporkan dalam artikel ini.

5.7 Penggunaan AI Generatif dan Teknologi Berbantuan AI dalam Proses Penulisan

Para penulis menggunakan AI Generatif untuk meningkatkan kejelasan penulisan dalam artikel ini. Para penulis telah meninjau dan menyunting konten yang dihasilkan dengan bantuan AI serta bertanggung jawab penuh atas versi akhir publikasi.

REFERENCES

[1] M. E. Alonso-Mencía, C. Alario-Hoyos, I. Estévez-Ayres, and C. D. Kloos, "Analysing Self-Regulated Learning Strategies of MOOC Learners Through Self-Reported Data," *Australasian Journal of Educational Technology*, vol. 37, no. 3, pp. 56–70, 2021, doi: 10.14742/ajet.6150.

[2] I. Molenaar, "Towards Hybrid Human-AI Learning Technologies," *Eur. J. Educ.*, vol. 57, no. 4, pp. 632–645, 2022, doi: 10.1111/ejed.12527.

[3] M. Liao, K. Zhu, and G. Wang, "Can Human-Machine Feedback in a Smart Learning Environment Enhance Learners' Learning Performance? A Meta-Analysis," *Front. Psychol.*, vol. 14, p. 1288503, 2024, doi: 10.3389/fpsyg.2023.1288503.

[4] X. Deng and Z. Yu, "A Meta-Analysis and Systematic Review of the Effect of Chatbot Technology Use in Sustainable Education," *Sustainability*, vol. 15, no. 4, p. 2940, 2023, doi: 10.3390/su15042940.

[5] E. Kasneci *et al.*, "ChatGPT for Good? On Opportunities and Challenges of Large Language Models for Education," *Learn. Individ. Differ.*, vol. 103, p. 102274, 2023, doi: 10.1016/j.lindif.2023.102274.

[6] S. Steinert, K. E. Avila, S. Ruzika, J. Kuhn, and S. Küchemann, "Harnessing Large Language Models to Develop Research-Based Learning Assistants for Formative Feedback," *Smart Learning Environments*, vol. 11, no. 1, p. 62, 2024, doi: 10.1186/s40561-024-00354-1.

[7] D. Sun, P. Xu, J. Zhang, R. Liu, and J. Zhang, "How Self-Regulated Learning Is Affected by Feedback Based on Large Language Models: Data-Driven Sustainable Development in Computer Programming Learning," *Electronics (Basel).*, p., 2025, doi: 10.3390/electronics14010194.

[8] F. Ouyang and P. Jiao, "Artificial Intelligence in Education: The Three Paradigms," *Computers and Education: Artificial Intelligence*, vol. 2, p. 100020, 2021, doi: 10.1016/j.caeai.2021.100020.

[9] D. H. Chang, M. P.-C. Lin, S. Hajian, and Q. Q. Wang, "Educational Design Principles of Using AI Chatbot That Supports Self-Regulated Learning in Education: Goal Setting, Feedback, and Personalization," *Sustainability*, vol. 15, no. 17, p. 12921, 2023, doi: 10.3390/su151712921.

[10] C. J. Hellín, F. Calles-Esteban, A. Valledor, J. Gómez, S. Otón-Tortosa, and A. Tayebi, "Enhancing Student Motivation and Engagement Through a Gamified Learning Environment," *Sustainability*, vol. 15, no. 19, p. 14119, 2023, doi: 10.3390/su151914119.

[11] W. Ge *et al.*, "SRLAgent: Enhancing Self-Regulated Learning Skills Through Gamification and LLM Assistance," *ArXiv*, vol. abs/2506.09968, p., 2025, doi: 10.48550/arXiv.2506.09968.

[12] H. Ying and W. A. J. Wan Yahaya, "AI-Mediated Feedback in Gamified Programming Education: Effects on Vocational Students' Achievement and Motivation," in *Frontiers in Education*, Frontiers Media SA, 2026, p. 1846699. doi: 10.3389/feduc.2026.1846699.

[13] M. Afzaal, A. Zia, J. Nouri, and U. Fors, "Informative Feedback and Explainable AI-Based Recommendations to Support Students' Self-Regulation," *Technology, Knowledge and Learning*, vol. 29, no. 1, pp. 331–354, 2024, doi: 10.1007/s10758-023-09650-0.

[14] M. Nurtanto, M. Fawaid, and H. Sofyan, "Problem-Based Learning (PBL) in Industry 4.0: Improving Learning Quality Through Character-Based Literacy Learning and Life Career Skill (LL-LCS)," in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing, 2020, p. 012006. doi: 10.1088/1742-6596/1573/1/012006.

[15] J. Lee, H.-D. Song, and A. J. Hong, "Exploring Factors and Indicators for Measuring Students' Sustainable Engagement in E-Learning," *Sustainability*, vol. 11, no. 4, p. 985, 2019, doi: 10.3390/su11040985.

[16] R. M. Branch and İ. Varank, *Instructional Design: The ADDIE Approach*, vol. 722. Springer, 2009. doi: 10.1007/978-0-387-09506-6.

[17] S. Nita and S. Kartikawati, "Analysis of the Impact Narrative Algorithm Method, Pseudocode, and Flowchart Towards Students' Understanding of the Programming Algorithm Courses," in *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, IOP Publishing, 2020, p. 012044. doi: 10.1088/1757-899X/835/1/012044.

[18] N. Nisrina, I. Rahmawati, and F. N. Hikmah, "Pengembangan Instrumen Validasi Produk Multimedia Pembelajaran Fisika," *Lensa: Jurnal Kependidikan Fisika*, vol. 10, no. 1, pp. 32–38, 2022, doi: 10.33394/j-lkf.v10i1.5278.

[19] S. Arikunto, *Dasar-Dasar Evaluasi Pendidikan Edisi 3*. Bumi aksara, 2021.

[20] R. R. Hake, "Interactive-Engagement Versus Traditional Methods: A Six-Thousand-Student Survey of Mechanics Test Data for Introductory Physics Courses," *Am. J. Phys.*, vol. 66, no. 1, pp. 64–74, 1998, doi: 10.1119/1.18809.

Copyright © 2026 The Author(s). Published by *Forum Kerjasama Pendidikan Tinggi*.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.