



Pengembangan Sistem Evaluasi Adaptif dengan Pendekatan *Rule-Based* dan Gamifikasi

Yulida Khairunnisa^{1,*}, Kenti Yuliana²

^{1,2}Teknologi Informasi, Universitas PGRI Kalimantan, Indonesia

E-mail: yulida.kh@upk.ac.id, kentiyluliana@upk.ac.id

Email Korespondensi: yulida.kh@upk.ac.id

Submitted: 11-04-2026; **Accepted:** 28-04-2026; **Published:** 05-05-2026;

DOI: <https://doi.org/10.20527/cetj.v6i1.18668>

Abstrak

Evaluasi pembelajaran konvensional dengan pendekatan "satu ukuran untuk semua" kerap memicu kecemasan pada siswa berkemampuan rendah dan kebosanan pada siswa berkemampuan tinggi. Mengatasi masalah psikologis tersebut, penelitian ini **bertujuan** melalui pengembangan sebuah sistem evaluasi adaptif berbasis web yang mengintegrasikan algoritma *Rule-Based* dan pendekatan gamifikasi. Integrasi ini bertujuan untuk mempersonalisasi tingkat kesulitan soal secara *real-time* sekaligus meningkatkan motivasi intrinsik siswa. Penelitian ini menggunakan **metode** *Research and Development* (R&D) dengan model pengembangan perangkat lunak *waterfall* didukung teknologi seperti HTML, CSS, Javascipt, jQuery, Ajax, PHP (Laravel) dan MySQL. Melibatkan 5 orang penguji untuk evaluasi fungsional sistem. Hasil pengembangan menjelaskan kebaruan dibagian deskripsi detail implementasi algoritma *rule-based* yang berhasil menyesuaikan tingkat soal (mudah, sedang, sulit) secara presisi berdasarkan konsistensi jawaban siswa (*streak*), yang dipadukan dengan elemen gamifikasi berupa visualisasi momentum (*streak*), *poin*, *leaderboard* dan *Badge*. **Hasil** pengujian fungsional menggunakan *Blackbox Testing* memperoleh nilai fungsionalitas sebesar 94% dan telah dilakukan perbaikan sesuai saran penguji. Berdasarkan rentang persentase fungsional sistem, nilai tersebut berada pada kategori "Sangat Baik". Disimpulkan bahwa sistem yang dikembangkan terbukti berfungsi sangat baik dan dapat diimplementasikan sebagai solusi transformasi evaluasi digital yang adaptif. Sebagai rekomendasi, penelitian selanjutnya diharapkan dapat melakukan uji coba empiris berskala luas langsung kepada siswa dan guru untuk mengukur efektivitas sistem.

Kata Kunci: Algoritma Rule-Based; Evaluasi Adaptif; Evaluasi Pembelajaran; Gamifikasi; Motivasi Intrinsik;

Abstract

Conventional learning evaluations employing a "one-size-fits-all" approach often trigger anxiety in low-achieving students and boredom in high-achieving ones. To address these psychological issues, this study aims to develop a web-based adaptive evaluation system that integrates a rule-based algorithm with gamification approaches. This integration is designed to personalize question difficulty levels in real-time while simultaneously enhancing students' intrinsic motivation. This research utilizes the Research and Development (R&D) method with the Waterfall software development model, supported by technologies such as HTML, CSS, JavaScript, jQuery, Ajax, PHP (Laravel), and MySQL. Five evaluators were involved in the system's functional evaluation. The development results highlight the novelty in the detailed implementation of the rule-based algorithm, which successfully adjusts difficulty levels (easy, medium, hard) precisely based on the consistency of student answers (streaks). This is combined with gamification elements such as streak visualizations, points, leaderboards, and badges. Functional testing results using Blackbox Testing yielded a functionality score of 94%, with improvements made based on evaluator feedback. Based on the system's functional percentage range, this score falls within the "Excellent" category. It is concluded that the developed system is proven to function excellently and can be implemented as a solution for adaptive digital evaluation transformation. As a recommendation, future research is expected to conduct large-scale empirical trials directly with students and teachers to measure the system's effectiveness.

Keywords: Adaptive Evaluation; Gamification; Intrinsic Motivation; Learning Evaluation; Rule-Based Algorithm;

How to cite: Khairunnisa, Y., Yuliana, K. (2026). Pengembangan Sistem Evaluasi Adaptif dengan Pendekatan *Rule-Based* dan Gamifikasi. *Computing and Education Technology Journal (CETJ)*, 6(1), 39-51. <https://doi.org/10.20527/cetj.v6i1.18668>

PENDAHULUAN

Akselerasi teknologi pendidikan membuka paradigma baru dalam strategi evaluasi pembelajaran. Evaluasi bukan sekadar instrumen pengukur, melainkan metrik esensial untuk memetakan capaian kognitif peserta didik secara akurat dan objektif. Namun, heterogenitas kapabilitas, gaya belajar, dan kebutuhan spesifik peserta didik menyingkap kelemahan mendasar dari evaluasi konvensional. Pendekatan (*one-size-fits-all*) terbukti tidak memadai untuk mengakomodasi perbedaan tersebut. Kondisi ini memunculkan urgensi terhadap pengembangan sistem asesmen yang beroperasi secara dinamis dan terpersonalisasi, guna memastikan luaran evaluasi yang relevan bagi setiap individu.

Sebagai respons terhadap urgensi tersebut, evaluasi adaptif muncul sebagai solusi strategis. Berbeda dengan paradigma tradisional yang statis, sistem ini menawarkan penilaian yang responsif dengan mengkalibrasi tingkat kesulitan, variasi instrumen, dan umpan balik berdasarkan metrik performa individu secara *real-time*. Pendekatan ini tidak hanya mengoptimalkan presisi pengukuran kompetensi, tetapi juga mentransformasi pengalaman belajar menjadi lebih preskriptif dan tepat sasaran. Lebih jauh, integrasi interaktivitas dalam antarmuka evaluasi adaptif telah terbukti secara empiris mampu meningkatkan kualitas pengalaman pengguna secara signifikan (Farman, Chairuddin, & Djabbar, 2023; Putri, Syafwan, & Nofriadi, 2024).

Personalisasi secara otomatis dan sistematis dapat dikembangkan menggunakan pendekatan *rule-based* yang bertindak sebagai kerangka logis. Konstruksi aturan eksplisit, yang diformulasikan berdasarkan parameter evaluasi dan analitik data performa peserta didik, memfasilitasi sistem untuk mengeksekusi adaptasi secara konsisten. Selain menawarkan transparansi operasional dan kemudahan pengelolaan bagi pengembang, algoritma *rule-based* memastikan bahwa kalibrasi tingkat kesulitan tetap berpegang teguh pada prinsip objektivitas dan keadilan bagi seluruh demografi peserta didik (Dobrilovic, Brtko, Berkovic, & Odadzic, 2012).

Walaupun infrastruktur teknis telah memadai, keberhasilan evaluasi secara holistik tidak dapat dilepaskan dari determinan psikologis, khususnya motivasi belajar. Paradigma evaluasi yang kerap diasosiasikan dengan tekanan perlu direkonstruksi menjadi proses yang menstimulasi antusiasme. Literatur menunjukkan bahwa lingkungan evaluasi yang menarik dan menyenangkan berimplikasi langsung pada eskalasi partisipasi aktif peserta didik (Lukum, 2015). Oleh karena itu, integrasi elemen afektif yang mampu mempertahankan keterlibatan siswa dan memacu konsistensi belajar selama proses asesmen berlangsung menjadi sebuah keharusan akademis (Kamila & Subastian, 2020).

Menjawab tantangan psikologis tersebut, gamifikasi diusulkan sebagai pendekatan inovatif yang mengadopsi mekanika permainan seperti perolehan poin, lencana, tantangan, *streak* dan papan peringkat ke dalam media non-game seperti sistem evaluasi (Deterding, Dixon, Khaled, & Nacke, 2011). Integrasi ini bukan sekadar ornamen hiburan, melainkan intervensi strategis untuk memantik motivasi intrinsik siswa. Melalui gamifikasi, lingkungan evaluasi ditransformasi menjadi arena interaktif yang memfasilitasi kompetisi sehat, yang pada gilirannya menumbuhkan persistensi belajar secara berkesinambungan dan berpotensi mengoptimalkan capaian akademik (Dichev & Dicheva, 2017).

Mendeskripsikan integrasi antara algoritma *rule-based* yang adaptif dan elemen gamifikasi yang motivatif pada sistem evaluasi pembelajaran merepresentasikan kebaruan dari penelitian ini. Pengembangan ini diinisiasi untuk merespons kelemahan laten dari evaluasi tradisional yang kaku, sekaligus memitigasi dampak psikologis negatif seperti kecemasan atau kebosanan pada siswa. Penerapan *rule-based* dimana hal ini berkaitan dengan *Dynamic Difficulty Adjustment (DDA)* bertujuan untuk menjaga peserta didik tetap dalam alur pembelajaran dengan menyesuaikan tingkat kesulitan untuk menyeimbangkan tantangan yang terkait dengan peningkatan keterlibatan dan ketekunan dalam kegiatan pembelajaran (Christopher, Anding, Hussaini, Stephen, & Vi-Vian, 2023; Hilary, Shah, & Bipinchandra, 2024; Portela, 2020). Pengembangan kerangka evaluasi digital ini diharapkan mampu menghasilkan instrumen penilaian yang valid secara pengujian, namun tetap menghadirkan pengalaman belajar yang humanis dan fleksibel sesuai tuntutan era digital.

Berdasarkan kesenjangan literatur dan kebutuhan praktis tersebut, penelitian ini difokuskan untuk menjawab dua rumusan masalah sentral: (1) Bagaimana mengembangkan sistem evaluasi adaptif yang mengintegrasikan pendekatan *rule-based* dengan mekanika gamifikasi?; dan (2) Bagaimana kualitas perangkat lunak dari sistem evaluasi adaptif yang dikembangkan tersebut? Secara komprehensif, penelitian ini bertujuan untuk merencanakan sebuah sistem evaluasi yang efektif dan mampu meningkatkan motivasi, serta mengevaluasi tingkat kepuasan pengguna sebagai indikator keberhasilan sistem.

Ekspektasi luaran dari penelitian ini mencakup kontribusi teoretis dan praktis yang signifikan. Secara praktis, penelitian ini memproyeksikan lahirnya sistem evaluasi yang *user-friendly* dan berdaya guna dalam mendorong motivasi belajar melalui pendekatan gamifikasi. Melalui elaborasi ini, penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam upaya modernisasi dan peningkatan kualitas evaluasi pembelajaran.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode *Research and Development* (R&D) yang berfokus pada rekayasa perangkat lunak untuk menghasilkan sistem evaluasi adaptif berbasis web bernama "Evolevel". Model pengembangan yang diterapkan adalah *System Development Life Cycle* (SDLC) dengan pendekatan *Waterfall*. Model ini dipilih karena pendekatannya yang sekuensial dan terstruktur untuk memetakan alur pengembangan sistem. Tahapan pengembangan perangkat lunak difokuskan pada analisis kebutuhan (*analysis*), perancangan sistem (*design*), pengodean (*implementation*), pengujian (*testing*) dan diakhiri pada tahap pemeliharaan (*maintenance*) (Sommerville, 2015).

Tempat dan Subjek Penelitian

Penelitian dan pengembangan ini dilaksanakan di lingkungan Universitas PGRI Kalimantan. Mengingat batasan ruang lingkup yang berfokus pada validasi fungsionalitas teknis dan algoritma sistem, subjek penelitian tidak melibatkan populasi pengguna akhir (guru atau siswa). Subjek pengujian melibatkan 5 (lima) orang ahli atau penguji perangkat lunak yang dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*. Kriteria inklusi utama subjek ini adalah memiliki latar belakang pendidikan dan keahlian di bidang Ilmu Komputer serta rekayasa perangkat lunak.

Instrumen Penelitian

Pengumpulan data validasi perangkat lunak dilakukan menggunakan instrumen Lembar Pengujian Blackbox (*Blackbox Testing Sheet*). Instrumen ini memandu kelima penguji untuk memvalidasi fungsionalitas input-output aplikasi berdasarkan skenario uji (*test cases*). Berdasarkan rancangan sistem, instrumen ini memuat total 230 skenario uji yang terbagi ke dalam tiga indikator utama fungsionalitas sistem, dengan rincian sebagai berikut:

1. **Indikator Umum (57 Skenario):** Mencakup fungsionalitas dasar seperti autentikasi (halaman login dan registrasi), serta validasi detail profil pengguna (nama, email, password, kode kelas, dan ID).
2. **Indikator Fitur Guru (105 Skenario):** Memvalidasi *back-end* pengelolaan evaluasi, meliputi manajemen master data (siswa, kelas, mata pelajaran, topik), manajemen bank soal (tambah, edit, generate otomatis), hingga aktivasi/non-aktivasi algoritma adaptif.
3. **Indikator Fitur Siswa (68 Skenario):** Memvalidasi *front-end* interaksi pengguna, mencakup antarmuka pengerjaan evaluasi adaptif (navigasi, *timer*, perhitungan nilai otomatis), serta fitur gamifikasi (*dashboard*, *leaderboard*, *badge*, dan status evaluasi).

Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilaksanakan secara sistematis melalui dua fase utama:

1. **Studi Dokumentasi (*Requirement Gathering*):** Tahap awal untuk merumuskan parameter algoritma *rule-based* serta skema pangkalan data untuk klusterisasi soal (Mudah, Sedang, Sulit).
2. **Pengujian Fungsional (*Blackbox Testing*):** Merupakan fase pengumpulan data primer. Kelima penguji IT mengeksekusi 230 skenario pada antarmuka sistem secara mandiri. Setiap fungsi dinilai secara dengan pilihan status "Valid" (sistem merespons sesuai logika yang diharapkan) atau "Tidak Valid" (terjadi error atau anomali fungsi).

Teknik Analisis Data

Data hasil pengujian *Blackbox* dianalisis menggunakan metode deskriptif kuantitatif untuk mengukur tingkat kelayakan fungsional sistem. Analisis dilakukan dengan menghitung persentase keberhasilan (*Functional Suitability*) menggunakan skala guttmann dengan persentase kelayakan dapat dihitung dengan menghitung jumlah skenario uji yang berstatus "Valid" dibagi dengan total skenario uji (230), kemudian dikalikan 100%. Hasil perhitungan persentase tersebut kemudian dikonversikan ke dalam kategori kelayakan perangkat lunak (Guritno, Sudaryono, & Rahardja, 2011). Kriteria interpretasi kelayakan sistem dalam penelitian ini mengacu pada standar konversi persentase yang lazim digunakan dalam penelitian

R&D, sebagaimana dijabarkan pada Tabel 1. Pengujian dilakukan tidak hanya menggunakan komputer/laptop, namun juga menggunakan *smartphone* untuk pemeriksaan menyeluruh antar *platform*.

Tabel 1. Kriteria persentase interpretasi fungsional sistem (*Blackbox Testing*)

Rentang Persentase (%)	Interpretasi
0 % – 20 %	Sangat Buruk
21% – 40%	Buruk
41% – 60%	Cukup
61% – 80%	Baik
81% – 100%	Sangat Baik

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

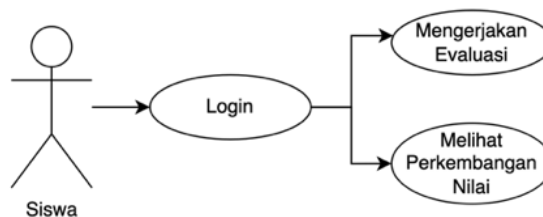
A. Analisis kebutuhan

Tahap awal penelitian mengidentifikasi kebutuhan pengguna melalui observasi dan wawancara. Berdasarkan hasil analisis, ditetapkan bahwa sistem memerlukan hal berikut

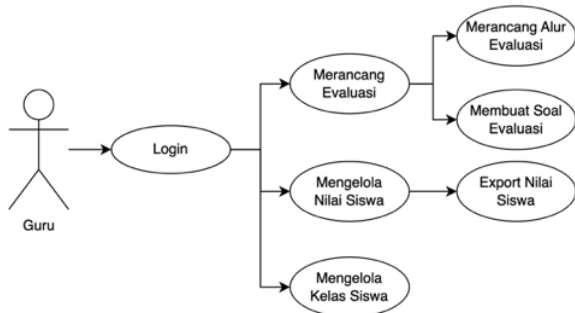
1. Integrasi mesin kecerdasan berbasis aturan (*Rule-Based*). sistem bekerja di belakang layar menggunakan logika "Jika-Maka" (*If-Then Rules*) yang bereaksi langsung terhadap setiap input jawaban siswa. Sebagai contoh, jika siswa berhasil menjawab beberapa soal dasar dengan benar secara berturut-turut, sistem secara otomatis akan mengeksekusi aturan untuk menaikkan tingkat kesulitan ke level *High Order Thinking Skills* (HOTS). Sebaliknya, jika siswa mengalami kendala atau menjawab salah berulang kali, sistem akan merespons dengan menurunkan tingkat kesulitan atau memberikan soal bantuan (*scaffolding*).
2. Elemen gamifikasi diintegrasikan pada antarmuka untuk mengubah suasana ujian yang menegangkan menjadi sebuah tantangan yang memotivasi layaknya misi sebuah permainan. Fitur-gamifikasi yang diterapkan meliputi *Badge*, *Poin*, *Leaderboard*, dan *Streak* pada saat menjawab soal. Kombinasi antara kemampuan adaptasi kognitif dari mesin *rule-based* dan stimulus visual dari gamifikasi ini memastikan bahwa siswa tetap memiliki tingkat fokus dan motivasi yang tinggi selama proses evaluasi berlangsung..

B. Desain

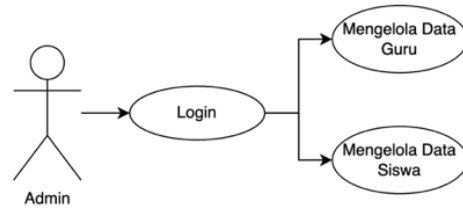
Terdapat 3 aktor pengguna sistem, yaitu siswa, guru dan admin. Setiap aktor dijelaskan peran masing-masing dalam diagram *usecase*. Siswa dapat mengerjakan evaluasi dan juga melihat perkembangan nilainya. Selain itu juga dapat melihat *leaderboard* serta pencapaian *badge* yang didapat oleh siswa sebagai bagian dari gamifikasi. Guru dapat merancang evaluasi yang terdiri dari membuat soal evaluasi serta membuat keterkaitan antar alur evaluasi. Misalnya seperti jika ada siswa yang remedial maka akan diarahkan pada soal remedial. Admin dapat mengelola data guru dan siswa sebagai pendukung agar sistem dapat berjalan dengan baik



Gambar 1. Usecase siswa

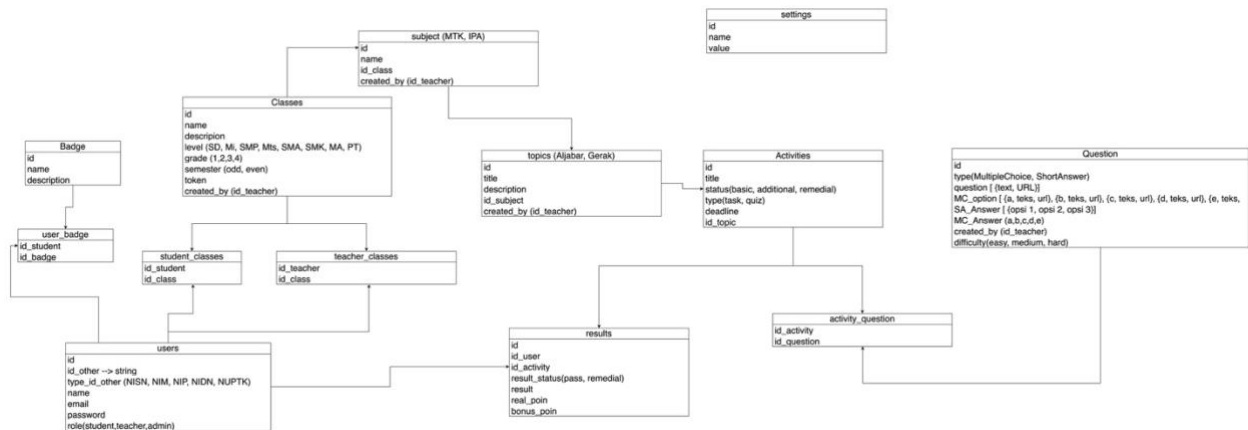


Gambar 2. Usecase guru



Gambar 3. Usecase admin

Adapun untuk perancangan Entity Relationship diagram dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Rancangan ERD sistem evaluasi adaptif

Berikut adalah perancangan *rule-based* dengan model momentum (berbasis *streak* atau runtutan) terkait soal yang ditampilkan kepada pengguna siswa.

1. Persiapan bank soal dengan kategori mudah, sedang dan sulit.
2. Variabel Tambahan: Sistem perlu melacak dua variabel counter untuk setiap pengguna:
 - a. *streak_benar* (integer, default 0)
 - b. *streak_salah* (integer, default 0)
 - c. Titik Awal: Mulai di level Sedang.
3. Logika Adaptif (*Rule Engine*):
4. Saat menjawab BENAR:
 - a. *streak_benar*++
 - b. *streak_salah* = 0 (Reset *counter* lawan)
5. Saat menjawab SALAH:
 - a. *streak_salah*++
 - b. *streak_benar* = 0 (Reset *counter* lawan)
6. Aturan naik level (Contoh: butuh 2 streak): jika level Sedang dan *streak_benar* == 2 -> Level berikutnya Sulit (dan *streak_benar* di-reset ke 0).
7. Aturan turun level(Contoh: butuh 2 streak): JIKA level Sedang DAN *streak_salah* == 2 -> Level berikutnya Mudah (dan *streak_salah* di-reset ke 0).
8. Kondisi Tetap: Jika tidak ada streak yang tercapai (misal: Benar, Salah, Benar, Salah), pengguna tetap di level Sedang.

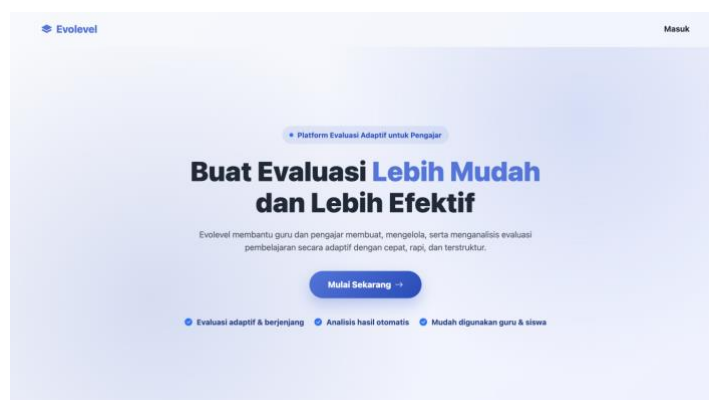
Dengan sistem berbasis poin maka nilai akan melebihi 100 dimana harus dilakukan rescalling atau penskalaan ulang agar nilai tetap direntang 0 – 100. Berikut penjelasan dan simulasi teknik *rescalling* untuk nilai yang didapat saat evaluasi.

1. Setiap poin benar adalah 10 (soal tingkat mudah), 20 (soal tingkat menengah) dan 30 (soal tingkat sulit)
2. *Streak* x2 = +5 poin bonus
3. *Streak* x3 = +10 poin bonus
4. *Streak* x4 dan seterusnya = +15 poin bonus
5. Cara hitung skor maksimal: asumsikan 20 soal dan aturan naik setelah 2 *streak*
 - a. Soal 1 (level sedang, benar): +20 poin (*streak*)
 - b. Soal 2 (level sedang, benar): +20 poin (*streak*) + 5 poin *streak* = 25 poin (*streak* 2x)
Pengguna naik level ke tingkat sulit.
 - c. Soal 3 (level sulit, benar): +30 poin (*streak*) + 10 poin *streak* = 40 poin (*streak* 3x)
 - d. Soal 4 (level sulit, benar): +30 poin (*streak*) + 15 poin *streak* = 45 poin (*streak* 4x)
 - e. Soal 5-20 (16 soal di level sulit jika pengguna selalu benar) = 16 x (30 poin + 15 poin *streak*)
= 16 x 45 = 720 poin
 - f. Skor maksimal (20 soal) = 20 + 25 + 40 + 45 + 720 = 850 poin
6. Rumus *rescalling* nilai
(Nilai akhir rentang 0 – 100) = (total poin yang didapat) / skor maksimal x 100.

Berikut elemen gamifikasi yang dipilih untuk meningkatkan keterlibatan pengguna pada sistem evaluasi adaptif.

1. *Poin* didapat pada saat pengguna mengerjakan evaluasi yang diberikan. Semakin banyak *streak* jawaban benar yang dihasilkan maka semakin tinggi poin yang didapatkan.
2. *Streak* adalah perhitungan runtutan dan konsistensi jawaban, baik jawaban benar maupun jawaban salah. Hal ini digunakan untuk memotivasi pengguna jikalau jawaban konsisten benar maka akan memperoleh bonus poin yang dapat meningkatkan nilai akhir.
3. *Badge* diberikan kepada pengguna yang telah mencapai capaian tertentu seperti *top student*, *fastest student* dan *smart student*
4. *Leaderboard* merupakan peringkat nilai dari seluruh siswa pada satu kelas. Hal ini dapat memacu pengguna untuk mengerjakan evaluasi lebih baik agar dapat berada pada peringkat teratas.

C. Hasil Implementasi

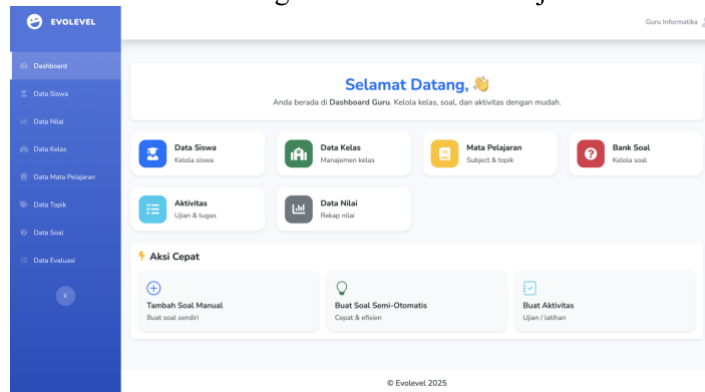


Gambar 5. Beranda evolevel

Sistem evaluasi adaptif "Evolevel" dikembangkan sebagai aplikasi berbasis web untuk menjamin aksesibilitas lintas perangkat. Pengembangan sistem ini dibangun menggunakan framework PHP Laravel dengan arsitektur *Model-View-Controller* (MVC). Di sisi *back-end*, Laravel bertugas menangani logika bisnis yang kompleks, manajemen sesi pengguna, serta keamanan data melalui fitur proteksi CSRF dan autentikasi terenkripsi.

Untuk sisi antarmuka pengguna (*front-end*), sistem mengintegrasikan pustaka jQuery. Penggunaan jQuery sangat krusial dalam konteks evaluasi adaptif untuk menangani perpindahan soal secara *asynchronous*

(AJAX). Teknologi ini memungkinkan sistem memuat butir soal baru dan mengirimkan jawaban siswa ke server secara instan tanpa perlu melakukan reload halaman penuh. Hal ini menjaga atensi siswa tetap fokus (*immersive*) dan memastikan transisi antar tingkat kesulitan soal berjalan mulus.



Gambar 6. Dashboard guru

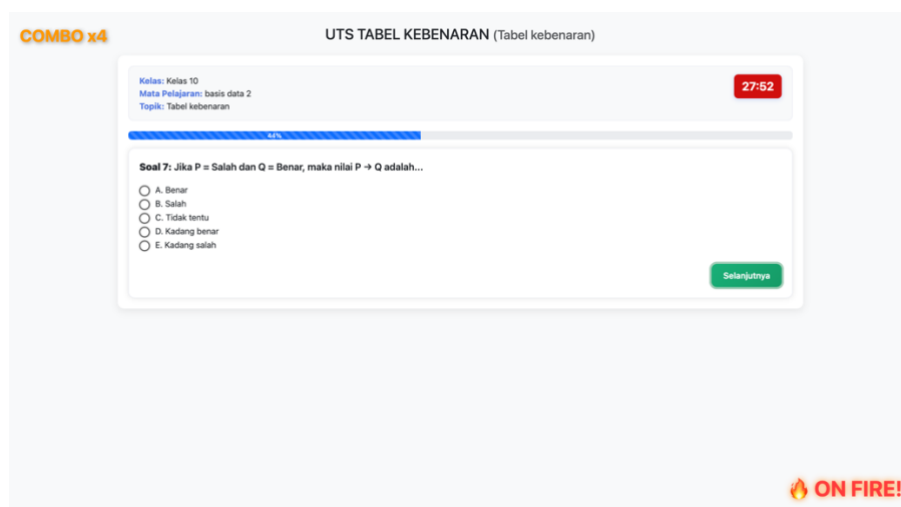
a. Inisialisasi dan Klasifikasi Soal

Setiap butir soal dalam basis data memiliki atribut `difficulty_level` yang telah divalidasi (Level 1: Mudah, Level 2: Sedang, Level 3: Sulit). Saat sesi ujian dimulai, seluruh siswa secara *default* akan dihadapkan pada soal Level 1 (Mudah) untuk membangun kepercayaan diri awal.

b. Logika Kenaikan Level (*Momentum Up*)

Sistem memantau variabel *streak_benar* (jawaban benar berturut-turut). Perpindahan ke level yang lebih tinggi tidak terjadi hanya karena satu jawaban benar, melainkan membutuhkan bukti konsistensi (momentum).

- **Logika:** Jika siswa mampu menjawab benar sebanyak minimal 2 soal, sistem menilai siswa tersebut terlalu kompeten untuk level saat ini.
- **Eksekusi:** Sistem memicu fungsi `levelUp()`, yang secara otomatis menyajikan soal dari kategori Sedang. Jika momentum berlanjut di level Sedang, siswa akan dinaikkan ke kategori Sulit.
- **Tujuan:** Mencegah kebosanan (*boredom*) pada siswa berkemampuan tinggi dengan memberikan tantangan yang relevan.



Gambar 7. notifikasi combo *streak* dan *on fire*

c. Logika Penurunan Level (*Recovery Mechanism*)

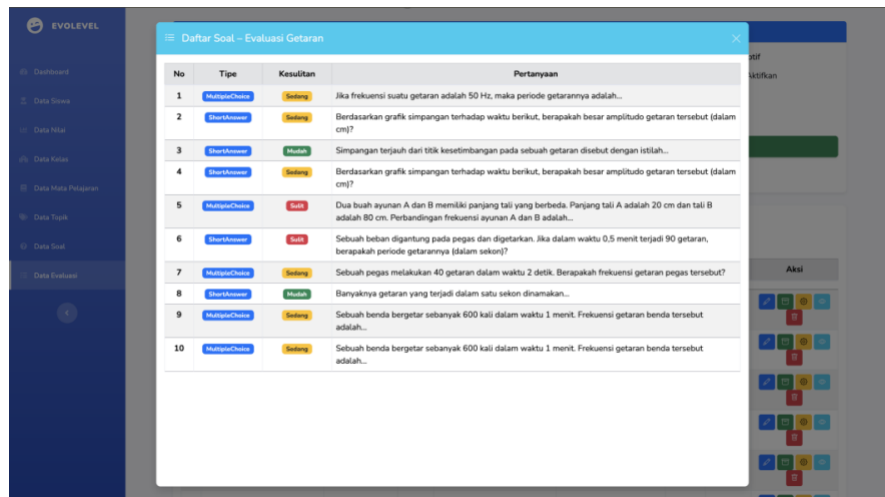
Sistem menerapkan mekanisme perlindungan mental siswa. Jika terdeteksi ketidakmampuan menjawab pada level tinggi, sistem tidak membiarkan siswa terjebak.

- **Logika:** Ketika siswa memberikan jawaban SALAH pada soal kategori Sulit atau Sedang, variabel `current_streak` di-reset menjadi 0.

- **Eksekusi:** Sistem memicu fungsi *levelDown()*. Siswa yang gagal di level Sulit akan diturunkan kembali ke level Sedang, dan seterusnya.
- **Tujuan:** Mencegah frustrasi dan kecemasan (*anxiety*), memberikan kesempatan bagi siswa untuk memulihkan kepercayaan diri pada soal yang lebih mudah dikuasai.

d. Pengembangan Manajemen Bank Soal Berbasis Level

Ketersediaan soal dengan variasi tingkat kesulitan adalah prasyarat mutlak berjalannya algoritma adaptif. Sistem Evolevel menyediakan fitur manajemen soal yang fleksibel bagi guru:



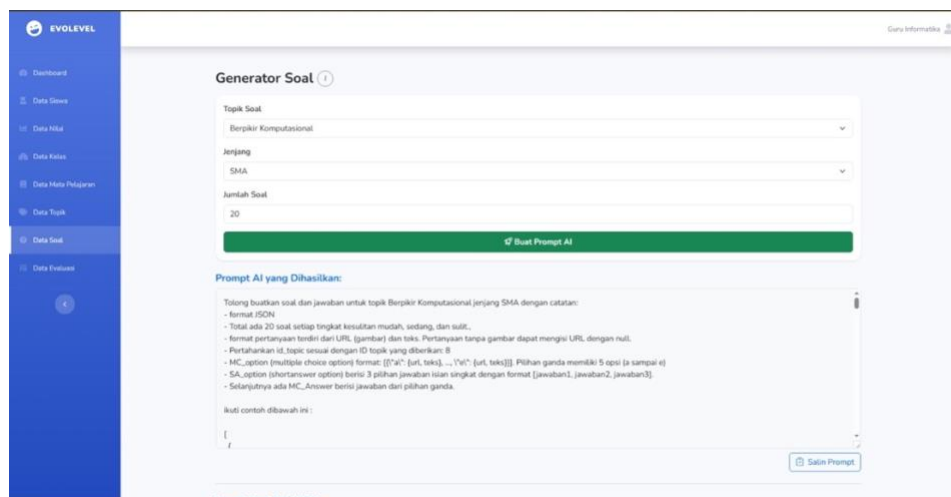
No	Tipe	Kesulitan	Pertanyaan
1	Multiple Choice	Sedang	Jika frekuensi suatu getaran adalah 50 Hz, maka periode getarannya adalah...
2	Short Answer	Sedang	Berdasarkan grafik simpangan terhadap waktu berikut, berapakah besar amplitudo getaran tersebut (dalam cm)?
3	Short Answer	Sulit	Simpangan terjauh dari titik kesetimbangan pada sebuah getaran disebut dengan istilah...
4	Short Answer	Sedang	Berdasarkan grafik simpangan terhadap waktu berikut, berapakah besar amplitudo getaran tersebut (dalam cm)?
5	Multiple Choice	Sulit	Dua buah ayunan A dan B memiliki panjang tali yang berbeda. Panjang tali A adalah 20 cm dan tali B adalah 80 cm. Perbandingan frekuensi ayunan A dan B adalah...
6	Short Answer	Sulit	Sebuah beban digantung pada pegas dan digetarkan. Jika dalam waktu 0,5 menit terjadi 90 getaran, berapakah periode getarannya (dalam sekon)?
7	Multiple Choice	Sedang	Sebuah pegas melakukan 40 getaran dalam waktu 2 detik. Berapakah frekuensi getaran pegas tersebut?
8	Short Answer	Sulit	Banyaknya getaran yang terjadi dalam satu sekon dinamakan...
9	Multiple Choice	Sedang	Sebuah benda bergetar sebanyak 600 kali dalam waktu 1 menit. Frekuensi getaran benda tersebut adalah...
10	Multiple Choice	Sedang	Sebuah benda bergetar sebanyak 600 kali dalam waktu 1 menit. Frekuensi getaran benda tersebut adalah...

Gambar 8. Kelola tingkat kesulitan soal

Pada modul Kelola Soal, guru disediakan antarmuka formulir input yang mewajibkan penentuan atribut tingkat kesulitan. Guru dapat memetakan soal berdasarkan Taksonomi Bloom (misalnya: C1-C2 sebagai 'Mudah', C3-C4 sebagai 'Sedang', C5-C6 sebagai 'Sulit'). Validasi sistem memastikan tidak ada soal yang tersimpan tanpa label kesulitan, menjamin algoritma adaptif selalu memiliki data yang valid untuk dipanggil.

Guna mempercepat pemenuhan bank soal di setiap level, sistem mengintegrasikan fitur *Generate Soal*.

- **Mekanisme:** Guru memasukkan parameter topik dan jumlah soal.
- **Proses Teknis:** Sistem mengirimkan prompt terstruktur ke API *Generative AI*. *Prompt* tersebut secara spesifik menginstruksikan AI untuk menghasilkan variasi soal yang proporsional (contoh: "Buatkan 10 soal topik Ekosistem, dengan komposisi 3 Mudah, 4 Sedang, 3 Sulit").
- **Parsing Data:** Respon AI diolah menjadi format JSON dan disimpan ke database sesuai label kesulitan masing-masing secara otomatis.



Generator Soal

Topik Soal: Berpikir Komputasional

Jenjang: SMA

Jumlah Soal: 20

Buat Prompt AI

Prompt AI yang Dihasilkan:

Tolong buatkan soal dan jawaban untuk topik Berpikir Komputasional jenjang SMA dengan catatan:

- format JSON
- Total ada 20 soal setiap tingkat kesulitan mudah, sedang, dan sulit.
- format pertanyaan terdiri dari URL (gambar) dan teks. Pertanyaan tanpa gambar dapat mengi URL dengan null.
- Pertahankan id, topic sesuai dengan ID topik yang diberikan: 8
- MC_option (multiple choice options) format: [{"a": "jkl, teks"}, {"b": "jkl, teks"}]. Pilihan ganda memiliki 5 opsi (a sampai e)
- SA_option (shortanswer options) berisi 3 pilihan jawaban isian tingkat dengan format [jawaban1, jawaban2, jawaban3]
- Selanjutnya ada MC_Answer berisi jawaban dari pilihan ganda.

Ikuti contoh dibawah ini:

```
[  
  {  
    "id": 1,  
    "topic": "Berpikir Komputasional",  
    "url": null,  
    "text": "Sebuah benda bergerak dengan kecepatan konstan. Berapa jarak yang ditempuh jika bergerak selama 10 detik dengan kecepatan 5 m/s?",  
    "options": [{"a": "50 m", "b": "100 m", "c": "150 m", "d": "200 m", "e": "250 m"}],  
    "answer": "b"  
  },  
  {  
    "id": 2,  
    "topic": "Berpikir Komputasional",  
    "url": null,  
    "text": "Sebuah benda bergerak dengan percepatan konstan. Berapa kecepatan benda jika bergerak selama 10 detik dengan percepatan 2 m/s^2?",  
    "options": [{"a": "20 m/s", "b": "40 m/s", "c": "60 m/s", "d": "80 m/s", "e": "100 m/s"}],  
    "answer": "b"  
  },  
  {  
    "id": 3,  
    "topic": "Berpikir Komputasional",  
    "url": null,  
    "text": "Sebuah benda bergerak dengan percepatan konstan. Berapa jarak yang ditempuh jika bergerak selama 10 detik dengan percepatan 2 m/s^2?",  
    "options": [{"a": "100 m", "b": "200 m", "c": "300 m", "d": "400 m", "e": "500 m"}],  
    "answer": "b"  
  },  
  {  
    "id": 4,  
    "topic": "Berpikir Komputasional",  
    "url": null,  
    "text": "Sebuah benda bergerak dengan kecepatan konstan. Berapa waktu yang dibutuhkan jika bergerak selama 10 detik dengan kecepatan 5 m/s?",  
    "options": [{"a": "2 s", "b": "4 s", "c": "6 s", "d": "8 s", "e": "10 s"}],  
    "answer": "b"  
  },  
  {  
    "id": 5,  
    "topic": "Berpikir Komputasional",  
    "url": null,  
    "text": "Sebuah benda bergerak dengan percepatan konstan. Berapa waktu yang dibutuhkan jika bergerak selama 10 detik dengan percepatan 2 m/s^2?",  
    "options": [{"a": "2 s", "b": "4 s", "c": "6 s", "d": "8 s", "e": "10 s"}],  
    "answer": "b"  
  },  
  {  
    "id": 6,  
    "topic": "Berpikir Komputasional",  
    "url": null,  
    "text": "Sebuah benda bergerak dengan percepatan konstan. Berapa waktu yang dibutuhkan jika bergerak selama 10 detik dengan percepatan 2 m/s^2?",  
    "options": [{"a": "2 s", "b": "4 s", "c": "6 s", "d": "8 s", "e": "10 s"}],  
    "answer": "b"  
  },  
  {  
    "id": 7,  
    "topic": "Berpikir Komputasional",  
    "url": null,  
    "text": "Sebuah benda bergerak dengan kecepatan konstan. Berapa waktu yang dibutuhkan jika bergerak selama 10 detik dengan kecepatan 5 m/s?",  
    "options": [{"a": "2 s", "b": "4 s", "c": "6 s", "d": "8 s", "e": "10 s"}],  
    "answer": "b"  
  },  
  {  
    "id": 8,  
    "topic": "Berpikir Komputasional",  
    "url": null,  
    "text": "Sebuah benda bergerak dengan percepatan konstan. Berapa waktu yang dibutuhkan jika bergerak selama 10 detik dengan percepatan 2 m/s^2?",  
    "options": [{"a": "2 s", "b": "4 s", "c": "6 s", "d": "8 s", "e": "10 s"}],  
    "answer": "b"  
  },  
  {  
    "id": 9,  
    "topic": "Berpikir Komputasional",  
    "url": null,  
    "text": "Sebuah benda bergerak dengan percepatan konstan. Berapa waktu yang dibutuhkan jika bergerak selama 10 detik dengan percepatan 2 m/s^2?",  
    "options": [{"a": "2 s", "b": "4 s", "c": "6 s", "d": "8 s", "e": "10 s"}],  
    "answer": "b"  
  },  
  {  
    "id": 10,  
    "topic": "Berpikir Komputasional",  
    "url": null,  
    "text": "Sebuah benda bergerak dengan kecepatan konstan. Berapa waktu yang dibutuhkan jika bergerak selama 10 detik dengan kecepatan 5 m/s?",  
    "options": [{"a": "2 s", "b": "4 s", "c": "6 s", "d": "8 s", "e": "10 s"}],  
    "answer": "b"  
  },  
  {  
    "id": 11,  
    "topic": "Berpikir Komputasional",  
    "url": null,  
    "text": "Sebuah benda bergerak dengan percepatan konstan. Berapa waktu yang dibutuhkan jika bergerak selama 10 detik dengan percepatan 2 m/s^2?",  
    "options": [{"a": "2 s", "b": "4 s", "c": "6 s", "d": "8 s", "e": "10 s"}],  
    "answer": "b"  
  },  
  {  
    "id": 12,  
    "topic": "Berpikir Komputasional",  
    "url": null,  
    "text": "Sebuah benda bergerak dengan percepatan konstan. Berapa waktu yang dibutuhkan jika bergerak selama 10 detik dengan percepatan 2 m/s^2?",  
    "options": [{"a": "2 s", "b": "4 s", "c": "6 s", "d": "8 s", "e": "10 s"}],  
    "answer": "b"  
  },  
  {  
    "id": 13,  
    "topic": "Berpikir Komputasional",  
    "url": null,  
    "text": "Sebuah benda bergerak dengan kecepatan konstan. Berapa waktu yang dibutuhkan jika bergerak selama 10 detik dengan kecepatan 5 m/s?",  
    "options": [{"a": "2 s", "b": "4 s", "c": "6 s", "d": "8 s", "e": "10 s"}],  
    "answer": "b"  
  },  
  {  
    "id": 14,  
    "topic": "Berpikir Komputasional",  
    "url": null,  
    "text": "Sebuah benda bergerak dengan percepatan konstan. Berapa waktu yang dibutuhkan jika bergerak selama 10 detik dengan percepatan 2 m/s^2?",  
    "options": [{"a": "2 s", "b": "4 s", "c": "6 s", "d": "8 s", "e": "10 s"}],  
    "answer": "b"  
  },  
  {  
    "id": 15,  
    "topic": "Berpikir Komputasional",  
    "url": null,  
    "text": "Sebuah benda bergerak dengan percepatan konstan. Berapa waktu yang dibutuhkan jika bergerak selama 10 detik dengan percepatan 2 m/s^2?",  
    "options": [{"a": "2 s", "b": "4 s", "c": "6 s", "d": "8 s", "e": "10 s"}],  
    "answer": "b"  
  },  
  {  
    "id": 16,  
    "topic": "Berpikir Komputasional",  
    "url": null,  
    "text": "Sebuah benda bergerak dengan kecepatan konstan. Berapa waktu yang dibutuhkan jika bergerak selama 10 detik dengan kecepatan 5 m/s?",  
    "options": [{"a": "2 s", "b": "4 s", "c": "6 s", "d": "8 s", "e": "10 s"}],  
    "answer": "b"  
  },  
  {  
    "id": 17,  
    "topic": "Berpikir Komputasional",  
    "url": null,  
    "text": "Sebuah benda bergerak dengan percepatan konstan. Berapa waktu yang dibutuhkan jika bergerak selama 10 detik dengan percepatan 2 m/s^2?",  
    "options": [{"a": "2 s", "b": "4 s", "c": "6 s", "d": "8 s", "e": "10 s"}],  
    "answer": "b"  
  },  
  {  
    "id": 18,  
    "topic": "Berpikir Komputasional",  
    "url": null,  
    "text": "Sebuah benda bergerak dengan percepatan konstan. Berapa waktu yang dibutuhkan jika bergerak selama 10 detik dengan percepatan 2 m/s^2?",  
    "options": [{"a": "2 s", "b": "4 s", "c": "6 s", "d": "8 s", "e": "10 s"}],  
    "answer": "b"  
  },  
  {  
    "id": 19,  
    "topic": "Berpikir Komputasional",  
    "url": null,  
    "text": "Sebuah benda bergerak dengan kecepatan konstan. Berapa waktu yang dibutuhkan jika bergerak selama 10 detik dengan kecepatan 5 m/s?",  
    "options": [{"a": "2 s", "b": "4 s", "c": "6 s", "d": "8 s", "e": "10 s"}],  
    "answer": "b"  
  },  
  {  
    "id": 20,  
    "topic": "Berpikir Komputasional",  
    "url": null,  
    "text": "Sebuah benda bergerak dengan percepatan konstan. Berapa waktu yang dibutuhkan jika bergerak selama 10 detik dengan percepatan 2 m/s^2?",  
    "options": [{"a": "2 s", "b": "4 s", "c": "6 s", "d": "8 s", "e": "10 s"}],  
    "answer": "b"  
  }  
]
```

Salin Prompt

[Import Soal dari JSON](#)

Gambar 9. Fitur *generate prompt* untuk membantu menghasilkan format soal

e. Integrasi Gamifikasi dalam Evaluasi

Seluruh logika teknis di atas dikemas dalam antarmuka gamifikasi untuk memotivasi siswa. Perubahan level dan status streak dikonversi menjadi umpan balik visual:

- **Visualisasi Momentum:** Saat siswa mencapai streak jawaban benar, indikator api (*On Fire*) muncul di layar menggunakan animasi jQuery, menandakan siswa sedang dalam performa puncak.
- **Sistem Poin Progresif:** Menjawab benar pada soal kategori Sulit memberikan bobot poin (*Experience Points/XP*) yang lebih besar dibandingkan soal kategori Mudah.
- **Leaderboard & Badge:** Akumulasi poin tersebut menentukan posisi siswa di Papan Peringkat (*Leaderboard*) secara *real-time*. Selain itu, pencapaian level tertentu akan membuka *Badge* atau lencana penghargaan digital di *Dashboard* siswa.

Melalui pengembangan ini, Evolevel tidak hanya berfungsi sebagai alat uji, tetapi sebagai ekosistem pembelajaran cerdas yang memetakan kemampuan siswa secara presisi sekaligus menjaga motivasi belajar melalui pendekatan permainan.

f. Hasil Pengujian

Tabel 2. Hasil pengujian *blackbox*

No	Indikator	Sub Indikator	Jumlah Skenario	R1	R2	R3	R4	R5	Total Valid	Total Tidak Valid	Status
1	Umum	Halaman Login (Umum)	20	13	11	14	13	14	65	35	Perlu Perbaikan
		Halaman Registrasi	4	4	4	4	4	4	20	0	Sesuai
		Uji Nama Lengkap Detail	5	3	3	5	4	5	20	5	Perlu Perbaikan
		Uji Email Detail	7	6	5	7	6	7	31	4	Perlu Perbaikan
		Uji Kolom Password Detail	7	7	6	6	6	6	31	4	Perlu Perbaikan
		Uji Kode Kelas Detail	4	4	4	4	4	3	19	1	Perlu Perbaikan
		Uji Id Yang Dimiliki Detail	6	5	4	4	4	5	22	8	Perlu Perbaikan
		Uji Proses Halaman Register Detail	4	4	4	4	4	4	20	0	Sesuai
		Total Indikator	57								
2	Fitur Guru	Halaman Data Siswa	8	8	8	8	8	8	40	0	Sesuai
		Halaman Data Nilai	10	10	10	10	10	10	50	0	Sesuai
		Halaman Data Kelas	10	10	10	10	10	10	50	0	Sesuai
		Halaman Data Mata Pelajaran	10	10	10	10	10	10	50	0	Sesuai
		Halaman Data Topik	10	10	10	10	10	10	50	0	Sesuai
		Halaman Data Soal	9	9	8	9	9	9	44	1	Perlu Perbaikan
		Halaman Edit Soal	1	1	1	1	1	1	5	0	Sesuai
		Halaman Edit Soal Pilihan Ganda	5	5	5	4	5	5	24	1	Perlu Perbaikan
		Halaman Edit Soal Isian Singkat	6	5	6	5	6	6	28	2	Perlu Perbaikan
		Halaman Tambah Soal	5	4	5	5	4	5	23	2	Perlu Perbaikan
		Halaman Generate Soal Lebih Cepat	6	6	6	6	6	6	30	0	Sesuai
		Halaman Data Evaluasi	12	12	12	12	12	12	60	0	Sesuai
		Halaman Atur Soal	9	9	9	9	9	9	45	0	Sesuai

		Non Aktif Adaptif	1	1	1	1	1	1	5	0	Sesuai
		Aktivasi Adaptif	3	3	3	3	3	3	15	0	Sesuai
		Total Indikator	105								
3	Fitur Siswa	Dashboard Siswa	5	5	5	5	5	5	25	0	Sesuai
		Leaderboard Siswa	3	3	3	3	3	3	15	0	Sesuai
		Badge Siswa	3	3	3	3	3	3	15	0	Sesuai
		Nilai Siswa	3	3	3	3	3	3	15	0	Sesuai
		Gabung Kelas	5	4	4	5	4	4	21	4	Perlu Perbaikan
		Halaman Evaluasi	3	3	3	3	3	3	15	0	Sesuai
		Evaluasi Yang Belum Dikerjakan	4	4	4	4	4	4	20	0	Sesuai
		Informasi Aktivitas Evaluasi	5	5	5	5	5	5	25	0	Sesuai
		Nilai Dan Status Evaluasi	4	4	4	4	4	4	20	0	Sesuai
		Evaluasi Per Kelas	3	3	3	3	3	3	15	0	Sesuai
		Mulai Evaluasi	3	3	3	3	3	3	15	0	Sesuai
		Informasi Evaluasi Halaman	3	3	3	3	3	3	15	0	Sesuai
		Menjawab Evaluasi	4	4	4	4	3	3	18	2	Perlu Perbaikan
		Timer Evaluasi	3	3	3	3	3	3	15	0	Sesuai
		Uji Soal Isian Singkat	4	4	4	4	4	4	20	0	Sesuai
		Uji Soal Pilihan Ganda	5	5	5	5	5	5	25	0	Sesuai
		Navigasi Soal	3	3	3	3	3	3	15	0	Sesuai
		Perhitungan Nilai	3	3	3	3	3	3	15	0	Sesuai
		Selesai Evaluasi	2	2	2	2	2	2	10	0	Sesuai
		Total Indikator	68								
		Jumlah Valid		216	212	219	215	219			
		Persentase Fungsional (%)		93.9	92.2	95.2	93.5	95.2	Rata-rata (%)	94.00	

Pengujian mencakup total indikator yang tersebar di modul Umum, Guru, dan Siswa. Status keberhasilan dengan persentase 94% dan masuk kategori "Sangat Baik".

g. Pemeliharaan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, masih terdapat fitur dengan status perlu perbaikan dengan rincian 6 fitur umum, 4 fitur guru dan 2 fitur siswa. Perbaikan langsung dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh fitur pada sistem evaluasi adaptif dapat berjalan dengan baik. Hasil akhir dinyatakan bahwa semua fitur dapat dijalankan 100% setelah perbaikan serta saran dari penguji sistem.

Pembahasan

Berdasarkan hasil pengembangan, sistem berhasil mengimplementasikan algoritma adaptif dengan pendekatan *rule-based*. Pendekatan *rule-based* yang dikembangkan dalam penelitian ini menawarkan transparansi logika melalui mekanisme *streak* (jawaban benar berturut-turut) untuk menaikkan level kesulitan, dan mekanisme *recovery* saat siswa mengalami kegagalan. Sistem ini menekankan transparansi, kontrolabilitas, dan interpretasi adaptivitas, sejalan dengan kebutuhan akan teknologi pendidikan yang dapat memberikan penjelasan aturan eksplisit sistem kepada pengguna (Toukiloglou & Xinogalos, 2023).

Hasil ini juga sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa sistem adaptif tidak harus selalu bergantung pada model matematis yang rumit untuk menjadi efektif. Pendekatan deterministik seperti *rule-based* justru memudahkan guru dalam melakukan konfigurasi dan pelacakan logika (*traceability*) tanpa memerlukan komputasi server yang berat. Secara teoritis, mekanisme penyesuaian level soal (Mudah, Sedang, Sulit) yang diterapkan sistem relevan dengan Teori Flow dari Csikszentmihalyi (Csikszentmihalyi, 1990). Sistem menjaga siswa berada dalam "zona alur" (*flow channel*), di mana tingkat tantangan soal disesuaikan secara dinamis dengan kemampuan siswa. Hal ini mencegah kebosanan (*boredom*) pada siswa berkemampuan tinggi dan kecemasan (*anxiety*) pada siswa yang mengalami kesulitan, sebagaimana tujuan utama dari *Computerized Adaptive Testing* (CAT).

Penerapan pendekatan *rule-based* dan gamifikasi sudah dilakukan pada beberapa penelitian seperti pada game serius (Marín-Vega et al., 2020) dan pembelajaran arsitektur (Schnabel, Lo, & Aydin, 2014), namun penelitian ini berfokus pada evaluasi pembelajaran secara umum yang dapat digunakan oleh berbagai macam bidang. Adapun keterbatasan jenis soal dapat diperluas, tidak hanya pilihan ganda dan isian singkat, namun juga berbagai macam pilihan ganda seperti pilihan ganda kompleks hingga soal essay. Selain itu sistem yang sepenuhnya menggunakan *rule-based* mungkin kurang mampu menangkap keadaan pengetahuan yang memiliki dinamika pembelajar yang kompleks dibandingkan dengan pendekatan berbasis data. Sistem ini dapat menjadi rapuh di berbagai profil pembelajar atau domain jika aturan tidak dapat digeneralisasikan dengan baik. Pendekatan *hybrid* dengan penalaran probabilistik atau estimasi keadaan yang dipelajari mesin dapat dijadikan potensi penelitian lanjutan (Maskeliūnas et al., 2023; Mattar, Oueida, Awad, Militar, & El Baalbaki, 2025).

Pada aspek pengujian, stabilitas fitur inti sangat penting untuk menjamin validitas pelaksanaan evaluasi. Pengujian *blackbox* berfokus pada apa yang dilakukan perangkat lunak dari perspektif pengguna (masukan, keluaran, dan perilaku yang dapat diamati), yang selaras langsung dengan validasi persyaratan dan kriteria penerimaan (Figueiredo & Garcia-Penalvo, 2020; Hafner, Wutz, Pöhn, & Hommel, 2023; Pradana, Setyosari, Ulfa, & Hirashima, 2023). Hasil pengujian *Blackbox* menunjukkan bahwa modul inti sistem (logika adaptif dan manajemen gamifikasi) memiliki tingkat keberhasilan 94% dengan kategori sangat baik. Hal ini mengindikasikan bahwa logika algoritma yang ditanamkan pada sistem telah berjalan sesuai spesifikasi desain. Namun, pembahasan ini juga menyoroti aspek yang perlu ditingkatkan, yaitu pada validasi input (halaman login/registrasi) dan manajemen soal isian singkat yang masih menunjukkan status "Perlu Perbaikan" pada beberapa skenario uji. Temuan ini wajar dalam siklus pengembangan perangkat lunak iteratif. Sebagaimana dikemukakan dalam prinsip *Software Quality Assurance* (SQA), kesempurnaan sistem (*zero defects*) pada iterasi awal sulit dicapai, namun identifikasi bug pada fase ini krusial untuk penyempurnaan sebelum *deployment* massal (Atkins, Wanick, & Wills, 2017). Kegagalan validasi input menjadi catatan penting bahwa selain fitur (adaptif), aspek keamanan dasar (*security & validation*) tetap menjadi fondasi yang tidak boleh diabaikan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengembangan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem evaluasi adaptif berhasil dikembangkan menggunakan model pengembangan *Waterfall* dengan teknologi seperti HTML, CSS, Javasript, jQuery, Ajax, PHP (Laravel) dan MySQL. Penelitian ini menghasilkan sebuah platform evaluasi yang tidak hanya mampu melakukan personalisasi tingkat kesulitan soal secara otomatis melalui algoritma *rule-based*, tetapi juga diharapkan dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik melalui mekanisme gamifikasi. *Rule-based* berdasarkan momentum dirancang untuk menghargai konsistensi jawaban melalui fitur gamifikasi *streak*. Elemen gamifikasi lain seperti poin, badge dan leaderboard juga diimplementasikan untuk meningkatkan keterlibatan pengguna. Secara teknis, validitas fungsional sistem berada pada kategori "Sangat Baik" dengan tingkat keberhasilan mencapai 94% berdasarkan uji *Blackbox* yang dilakukan oleh lima penguji di bidang pendidikan komputer. Hasil ini membuktikan bahwa seluruh fitur kritis, termasuk logika transisi tingkat kesulitan (Mudah, Sedang, Sulit) yang didasarkan pada konsistensi jawaban (*streak*), serta fitur gamifikasi seperti *poin*, *leaderboard*, *badges*, dan *streak counter*, telah berjalan secara stabil dan presisi. Kontribusi teoretis penelitian ini terletak pada penggabungan aspek kognitif melalui adaptivitas soal dan aspek afektif melalui gamifikasi yang mengurangi kekakuan evaluasi konvensional. Secara praktis, sistem menawarkan solusi bagi pendidik untuk menyelenggarakan asesmen yang inklusif dan mampu mengakomodasi keberagaman kemampuan peserta didik tanpa mengabaikan objektivitas penilaian. Meskipun sistem ini telah menunjukkan performa fungsional yang sangat baik, penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan uji coba lapangan berskala

luas guna mengevaluasi dampak empiris sistem terhadap hasil belajar dan efikasi diri peserta didik secara longitudinal. Selain itu, pengembangan lebih lanjut dapat diarahkan pada integrasi teknologi kecerdasan buatan untuk memperhalus pola adaptasi soal agar menjadi lebih personal dan prediktif.

REFERENSI

- Atkins, A., Wanick, V., & Wills, G. (2017). Metrics Feedback Cycle: measuring and improving user engagement in gamified eLearning systems. *International Journal of Serious Games*, 4(4). <https://doi.org/10.17083/ijsg.v4i4.192>
- Christopher, S. C., Anding, P. R., Hussaini, N., Stephen, C., & Vi-Vian, L. (2023). Circuit Smart: Understanding Electricity through Collaborative Learning and Gamification. *Journal of Cognitive Sciences and Human Development*, 9(1), 42–62. <https://doi.org/10.33736/jcshd.5475.2023>
- Csikszentmihalyi, M. (1990). *Flow: The Psychology of Optimal Experience*. Harper & Row.
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness. *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, 9–15. New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- Dichev, C., & Dicheva, D. (2017). Gamifying education: what is known, what is believed and what remains uncertain: a critical review. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14(1), 9. <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0042-5>
- Dobrilovic, D., Brtko, V., Berkovic, I., & Odadzic, B. (2012). Evaluation of the virtual network laboratory exercises using a method based on the rough set theory. *Computer Applications in Engineering Education*, 20(1), 29–37. <https://doi.org/10.1002/cae.20370>
- Farman, F., Chairuddin, C., & Djabbar, I. (2023). Pelatihan Penggunaan Wondershare Quiz Creator sebagai Alat Evaluasi Interaktif Bagi Guru SMP. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Tjut Nyak Dhien*, 2(2), 20–27. <https://doi.org/10.36490/jpmtnd.v2i2.785>
- Figueiredo, J., & Garcia-Penalvo, F. J. (2020). Increasing student motivation in computer programming with gamification. *2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, 997–1000. IEEE. <https://doi.org/10.1109/EDUCON45650.2020.9125283>
- Guritno, S., Sudaryono, & Rahardja, U. (2011). *Theory and Application of IT RESEARCH: Metodologi Penelitian Teknologi Informasi*. Yogyakarta: Penerbit ANDI.
- Hafner, L., Wutz, F., Pöhn, D., & Hommel, W. (2023). TASEP: A Collaborative Social Engineering Tabletop Role-Playing Game to Prevent Successful Social Engineering Attacks. *Proceedings of the 18th International Conference on Availability, Reliability and Security*, 1–10. New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/3600160.3605005>
- Hilary, H. B., Shah, P. M., & Bipinchandra, J. S. (2024). Using Kahoot! To Teach Grammar in an ESL Classroom: Pupils' Perspectives. *International Journal of Social Science and Human Research*, 7(01). <https://doi.org/10.47191/ijsshr/v7-i01-107>
- Kamila, V. Z., & Subastian, E. (2020). Analisis Dan Perancangan Sistem Evaluasi Pelatihan Tenaga Kependidikan. *Sebatik*, 24(2). <https://doi.org/10.46984/sebatik.v24i2.1125>
- Lukum, A. (2015). Evaluasi Program Pembelajaran Ipa Smp Menggunakan Model Countenance Stake. *Jurnal Penelitian Dan Evaluasi Pendidikan*, 19(1), 25–37. <https://doi.org/10.21831/pep.v19i1.4552>
- Marín-Vega, H., Alor-Hernández, G., Colombo-Mendoza, L. O., Sánchez-Ramírez, C., García-Alcaraz, J. L., & Avelar-Sosa, L. (2020). Zeus – a tool for generating rule-based serious games with gamification techniques. *IET Software*, 14(2), 88–97. <https://doi.org/10.1049/iet-sen.2019.0028>
- Maskeliūnas, R., Damaševičius, R., Blažauskas, T., Swacha, J., Queirós, R., & Paiva, J. C. (2023). FGPE+: The Mobile FGPE Environment and the Pareto-Optimized Gamified Programming Exercise Selection Model—An Empirical Evaluation. *Computers*, 12(7), 144. <https://doi.org/10.3390/computers12070144>
- Mattar, C., Oueida, S., Awad, P., Militaru, G., & El Baalbaki, H. (2025). A Gamified Learning Approach for a Better Educational Experience. *International Journal of Game-Based Learning*, 15(1), 1–23. <https://doi.org/10.4018/IJGBL.391349>
- Portela, F. (2020). TechTeach—An Innovative Method to Increase the Students Engagement at Classrooms. *Information*, 11(10), 483. <https://doi.org/10.3390/info11100483>
- Pradana, F., Setyosari, P., Ulfa, S., & Hirashima, T. (2023). Development of Gamification-Based E-Learning on Web Design Topic. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, 17(03), 21–38. <https://doi.org/10.3991/ijim.v17i03.36957>

- Putri, P., Syafwan, H., & Nofriadi, N. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Canva Bagi Guru-guru UPTD SDN 014671 Sentang. *Journal Of Indonesian Social Society (JISS)*, 2(1), 52–57. <https://doi.org/10.59435/jiss.v2i1.221>
- Schnabel, M. A., Lo, T. T., & Aydin, S. (2014). Gamification and Rule Based Design Strategies in Architecture Education. *DesignED Asia Conference 2014*. Hongkong. <https://doi.org/http://doi.org/10.13140/2.1.5150.3689>
- Sommerville, I. (2015). *Software Engineering* (10th ed.). Pearson.
- Toukiloglou, P., & Xinogalos, S. (2023). A Systematic Literature Review on Adaptive Supports in Serious Games for Programming. *Information*, 14(5), 277. <https://doi.org/10.3390/info14050277>