JURIKOM (Jurnal Riset Komputer), Vol. 13 No. 5, Oktober 2026
e-ISSN 2715-7393 (Media Online), p-ISSN 2407-389X (Media Cetak)
DOI 10.30865/jurikom.v15i5.9977
Hal 1428-1438
https://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/jurikom

Framework Game-Based Learning Berbasis AI-IoT Menggunakan R&D dan Design Science Research Untuk Sekolah Menengah

Herin Dwibima Aprianto[1,*], Lubna[1], Anindhiasti Ayu Kusuma Asri[2]

[1,2] Fakultas Ilmu Komputer, Sistem Informasi, Universitas Duta Bangsa Surakarta, Indonesia,
[3] Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Pendidikan Bahasa Inggris, Universitas Duta Bangsa Surakarta, Indonesia
Email:[1]herin_dwibima@udb.ac.id, [2]lubna@udb.ac.id, [3]anindhiasti_ayu@udb.ac.id
Email Corresponding Author: herin_dwibima@udb.ac.id[*]
Submitted **15-07-2026**; Accepted **21-10-2026**; Published **31-10-2026**

Abstrak

Pemanfaatan Game-Based Learning (GBL), Artificial Intelligence (AI), dan Internet of Things (IoT) di pendidikan menengah memerlukan rancangan sistem yang tidak hanya menarik secara pedagogis, tetapi juga terstruktur sebagai artefak teknologi informasi. Penelitian ini bertujuan merancang prototipe website GBL berbasis AI-IoT yang mendukung automated assessment, AI feedback, recommendation, dan learning analytics menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) yang dijalankan dengan kerangka Design Science Research Methodology (DSRM). Tahapan yang dilaporkan meliputi problem identification, objectives of solution, design and modelling, serta prototype development, sedangkan demonstration dan evaluation belum dilaksanakan dan diposisikan sebagai agenda penelitian lanjutan. Data kebutuhan dikumpulkan melalui kuesioner terhadap 51 peserta didik dan 12 guru yang dipilih secara purposive, serta wawancara semi-terstruktur terhadap lima guru. Validitas isi instrumen ditelaah sebelum pengumpulan data, sedangkan kebutuhan administrator diperlakukan sebagai peran sistem yang diturunkan secara analitis, bukan sebagai data responden. Hasil analisis kebutuhan menunjukkan learning analytics, automated assessment, dan AI feedback sebagai tiga kebutuhan dengan prioritas tertinggi pada kedua kelompok responden, dengan rerata kebutuhan keseluruhan sebesar 3,95 (tinggi) pada peserta didik dan 4,58 (sangat tinggi) pada guru. Berdasarkan temuan tersebut, penelitian menghasilkan artefak konseptual berupa design requirements, arsitektur website berlapis, model modul, model alur data pembelajaran, dan wireframe prototipe dashboard learning analytics. Komponen AI dan IoT dibatasi pada rancangan layanan dan telemetry berbasis perangkat lunak tanpa pengujian akurasi maupun sensor fisik. Seluruh hasil masih berstatus rancangan dan prototipe awal sehingga belum merepresentasikan efektivitas pembelajaran, akurasi layanan AI, maupun tingkat usability yang teruji. Kontribusi penelitian ini adalah menyediakan landasan teknis yang dapat ditelusuri dari kebutuhan pengguna menuju modul sistem bagi pengembangan website pembelajaran adaptif yang mengintegrasikan GBL engine, telemetry/IoT layer, automated assessment service, AI recommendation service, dan analytics dashboard. Artefak yang dihasilkan menjadi dasar bagi validasi ahli, uji usability, dan implementasi terbatas pada penelitian berikutnya.

Kata Kunci: Game-Based Learning; Artificial Intelligence; Internet of Things; Design Science Research; Website Prototype

Abstract

The integration of Game-Based Learning (GBL), Artificial Intelligence (AI), and the Internet of Things (IoT) in secondary education requires a system design that is not only pedagogically engaging but also structured as an information technology artifact. This study aims to design an AI-IoT-based GBL website prototype supporting automated assessment, AI feedback, recommendation, and learning analytics using a Research and Development (R&D) approach conducted within the Design Science Research Methodology (DSRM) framework. The reported stages cover problem identification, objectives of solution, design and modelling, and prototype development, whereas demonstration and evaluation are planned as further research. Requirement data were collected through questionnaires administered to 51 students and 12 teachers selected purposively, and semi-structured interviews with five teachers. Instrument validity was examined through content validity review, and administrator requirements are treated as derived system-role requirements rather than respondent data. The analysis indicates that learning analytics, automated assessment, and AI feedback are the three highest-priority needs in both respondent groups, with overall mean needs of 3.95 (high) for students and 4.58 (very high) for teachers. Based on these findings, the study produces conceptual artifacts consisting of design requirements, a layered website architecture, a module model, a learning-data flow model, and a dashboard prototype wireframe. The AI and IoT components are limited to service-level design and software-based telemetry, without accuracy testing or physical sensors. All results remain at the design and early-prototype stage and therefore do not represent tested learning effectiveness, AI accuracy, or usability levels. The contribution of this research is a traceable technical foundation, from user needs to system modules, for developing an adaptive learning website integrating a GBL engine, telemetry/IoT layer, automated assessment service, AI recommendation service, and analytics dashboard. The artifact provides a basis for expert validation, usability testing, and limited implementation in future research.

Keywords: Game-Based Learning; Artificial Intelligence; Internet of Things; Design Science Research; Website Prototype

1. PENDAHULUAN

Transformasi digital pada pendidikan menengah mendorong sekolah untuk mengembangkan lingkungan belajar yang interaktif, adaptif, dan berbasis data. Game-Based Learning (GBL) relevan digunakan karena mampu menghubungkan konten pembelajaran dengan misi, tantangan, umpan balik, dan capaian belajar yang lebih terukur [1], [2]. Berbagai kajian menunjukkan bahwa elemen permainan yang dirancang selaras dengan tujuan pembelajaran dapat meningkatkan keterlibatan peserta didik sekaligus menyediakan jejak aktivitas yang dapat dianalisis kembali oleh guru [2], [3]. Dalam konteks sistem informasi pendidikan, GBL tidak cukup diposisikan sebagai media pembelajaran, tetapi perlu dirancang

Copyright © 2026 The **Herin Dwibima Aprianto**, Page 1428
This Journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

JURIKOM (Jurnal Riset Komputer), Vol. 13 No. 5, Oktober 2026
e-ISSN 2715-7393 (Media Online), p-ISSN 2407-389X (Media Cetak)
DOI 10.30865/jurikom.v15i5.9977
Hal 1428-1438
https://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/jurikom

sebagai artefak website yang memiliki modul konten, game engine, automated assessment, AI feedback, IoT log, dan learning analytics [3], [4], [5]. Pergeseran sudut pandang tersebut menuntut rancangan yang eksplisit pada tingkat arsitektur, modul, dan alur data, bukan sekadar pada tampilan antarmuka.

Artificial Intelligence (AI) memberikan kemampuan untuk mengolah data belajar menjadi rekomendasi, umpan balik personal, deteksi pola kesalahan, dan dukungan penilaian otomatis [6], [7]. Kajian tentang AI in education menunjukkan bahwa personalisasi pembelajaran dapat dibangun dari data interaksi pengguna sepanjang tersedia struktur data yang konsisten serta mekanisme tata kelola yang jelas [7], [8]. Kebutuhan tersebut menempatkan layanan AI bukan sebagai fitur tambahan pada antarmuka, melainkan sebagai lapisan layanan yang harus dirancang bersama-sama dengan lapisan data dan lapisan aplikasi agar keluarannya dapat ditelusuri dan dipertanggungjawabkan oleh guru.

Internet of Things (IoT) dan telemetry log dapat merekam aktivitas belajar, konteks perangkat, durasi akses, dan jejak interaksi pengguna sehingga data tersebut dapat dipakai sebagai dasar learning analytics bagi guru dan pengelola sistem [8], [9]. Pada lingkungan kelas yang diperluas, integrasi perangkat dan layanan berbasis IoT telah dimanfaatkan untuk menghadirkan aktivitas permainan yang terhubung dengan data kontekstual peserta didik [9]. Integrasi AI-IoT tersebut memperkuat posisi penelitian sebagai rancangan sistem berbasis data, bukan hanya pengembangan bahan ajar digital.

Sejumlah penelitian sebelumnya telah membahas GBL, AI in education, automated assessment, stealth assessment, dan learning analytics. Kajian mutakhir menunjukkan bahwa asesmen dalam lingkungan permainan dapat dibangun melalui event log, model prediksi, dan umpan balik adaptif tanpa menghilangkan pengalaman bermain peserta didik [4], [10], [11], [12]. Pendekatan stealth assessment memanfaatkan bukti perilaku dalam permainan untuk memperbarui estimasi kompetensi secara berkelanjutan [11], [12], sedangkan pendekatan berbasis deep learning digunakan untuk meningkatkan akurasi prediksi dari data log yang kompleks [10].

Pada sisi pemanfaatan data, learning analytics untuk GBL telah ditinjau secara sistematis dan menunjukkan manfaat pada pemantauan proses belajar, deteksi kesulitan, serta dukungan pengambilan keputusan instruksional [13], [14]. Rancangan dashboard analitik bagi guru dan peserta didik juga telah diujicobakan dan menunjukkan bahwa pemilihan indikator serta cara penyajiannya berpengaruh terhadap pemanfaatan data oleh pengguna [5], [25].

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian tersebut masih berfokus pada persepsi pengguna, efektivitas pembelajaran, atau akurasi model penilaian, sementara rancangan arsitektur website, alur data, kebutuhan fungsional, dan integrasi dashboard analitik belum selalu dijelaskan secara operasional [5], [13], [14]. Penelitian yang paling dekat dengan kajian ini adalah perancangan extended smart classroom berbasis IoT untuk GBL [9]. Penelitian tersebut menekankan integrasi perangkat dan skenario permainan, tetapi belum menyajikan pemetaan yang dapat ditelusuri dari kebutuhan pengguna menuju design requirements, modul sistem, dan rancangan dashboard learning analytics pada konteks sekolah menengah. Kesenjangan tersebut menjadi titik masuk penelitian ini.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, artikel ini memposisikan analisis kebutuhan sebagai tahap awal dalam siklus Research and Development (R&D) yang dijalankan menggunakan kerangka Design Science Research Methodology (DSRM) [15], [16], [17]. DSRM dipilih karena menempatkan artefak teknologi sebagai luaran ilmiah yang dibangun dari masalah nyata, diturunkan menjadi tujuan solusi, dirancang, dikembangkan, lalu dievaluasi berdasarkan kegunaannya [15], [17]. Pertanyaan penelitian yang dijawab adalah: (1) kebutuhan apa yang diprioritaskan guru dan peserta didik terhadap website GBL berbasis AI-IoT; (2) bagaimana kebutuhan tersebut diterjemahkan menjadi design requirements dan model artefak sistem; serta (3) bagaimana rancangan prototipe website dan rencana evaluasinya disusun agar dapat diuji pada tahap lanjutan.

Kontribusi artikel ini diarahkan pada tiga hal. Pertama, penyediaan daftar design requirements yang diturunkan langsung dari data kebutuhan guru dan peserta didik sehingga setiap kebutuhan dapat ditelusuri menuju fitur sistem. Kedua, penyusunan model artefak berupa arsitektur berlapis, model modul, dan model alur data pembelajaran yang mengintegrasikan GBL engine, layanan AI, telemetry/IoT layer, dan analytics dashboard. Ketiga, penyusunan rencana evaluasi artefak yang mengacu pada karakteristik kualitas perangkat lunak sehingga tahap demonstrasi dan evaluasi berikutnya memiliki indikator yang terukur [20], [24]. Ruang lingkup artikel dibatasi pada empat tahap awal DSRM. Konsekuensinya, demonstrasi dan evaluasi belum dilaksanakan dan klaim mengenai efektivitas pembelajaran, akurasi layanan AI, maupun tingkat usability tidak dinyatakan dalam artikel ini.

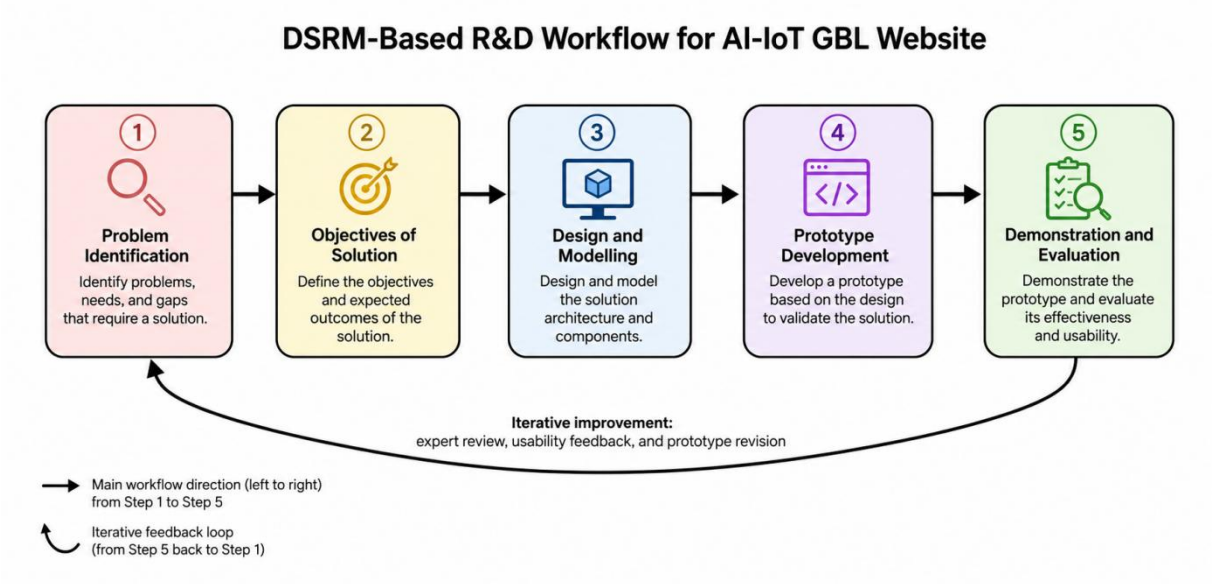
2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan R&D yang dijalankan dengan kerangka DSRM. R&D digunakan untuk menghasilkan artefak berupa prototipe website, sedangkan DSRM digunakan sebagai kerangka metodologis untuk memastikan artefak dibangun dari masalah nyata, tujuan solusi, perancangan, pengembangan, demonstrasi, dan evaluasi [15], [16], [17]. Dalam penelitian sistem informasi, DSRM relevan karena menempatkan artefak teknologi sebagai luaran ilmiah yang dapat dievaluasi berdasarkan kegunaan, kesesuaian kebutuhan, dan kontribusi desain [16], [17]. Alur tahapan penelitian yang digunakan pada studi ini ditunjukkan pada Gambar 1.

Copyright © 2026 The **Herin Dwibima Aprianto**, Page 1429
This Journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

JURIKOM (Jurnal Riset Komputer), Vol. 13 No. 5, Oktober 2026
e-ISSN 2715-7393 (Media Online), p-ISSN 2407-389X (Media Cetak)
DOI 10.30865/jurikom.v15i5.9977
Hal 1428-1438
https://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/jurikom



Gambar 1. Alur R&D berbasis Design Science Research Methodology

Gambar 1 memperlihatkan lima tahapan yang dijalankan secara berurutan disertai umpan balik iteratif. Tahap pertama, problem identification, mengidentifikasi masalah, kebutuhan, dan kesenjangan yang memerlukan solusi. Tahap kedua, objectives of solution, merumuskan tujuan dan keluaran yang diharapkan dari artefak. Tahap ketiga, design and modelling, menghasilkan model arsitektur dan komponen sistem. Tahap keempat, prototype development, membangun prototipe sebagai instansiasi awal artefak. Tahap kelima, demonstration and evaluation, menguji prototipe pada penggunaan nyata. Artikel ini melaporkan tahap pertama sampai tahap keempat, sedangkan tahap kelima direncanakan pada penelitian lanjutan. Garis umpan balik dari tahap kelima menuju tahap pertama menunjukkan bahwa hasil expert review, umpan balik usability, dan revisi prototipe akan dikembalikan sebagai masukan perbaikan rancangan.

2.2 Populasi, Sampel, dan Karakteristik Responden

Responden dipilih menggunakan teknik purposive sampling dengan kriteria yang ditetapkan sebelum pengumpulan data. Kriteria guru adalah mengampu mata pelajaran pada jenjang pendidikan menengah, pernah menggunakan media atau platform pembelajaran digital, dan bersedia menjadi responden. Kriteria peserta didik adalah terdaftar aktif pada sekolah mitra, pernah mengikuti pembelajaran berbantuan perangkat digital, serta memperoleh izin dari pihak sekolah untuk berpartisipasi. Berdasarkan kriteria tersebut diperoleh 51 peserta didik dan 12 guru sebagai responden kuesioner, sedangkan lima orang guru di antaranya dipilih kembali sebagai informan wawancara semi-terstruktur dengan pertimbangan pengalaman mengajar dan keterlibatan dalam pemanfaatan teknologi pembelajaran.

Responden berasal dari sekolah menengah dan pengumpulan data dilaksanakan pada bulan Juni 2026. Karakteristik responden dibatasi pada atribut yang relevan dengan perumusan kebutuhan sistem, yaitu peran pengguna dan pengalaman menggunakan media pembelajaran digital; atribut demografis lain tidak dikumpulkan karena tidak digunakan dalam penurunan design requirements dan untuk menjaga minimalisasi data sesuai prinsip privasi. Jumlah responden tersebut tidak dimaksudkan untuk generalisasi statistik, melainkan untuk memperoleh gambaran kebutuhan pengguna pada konteks sekolah mitra sebagai dasar perancangan artefak, sesuai dengan karakteristik tahap problem identification pada DSRM [15]. Administrator sekolah tidak dilibatkan sebagai responden; kebutuhan peran administrator diturunkan secara analitis sebagaimana dijelaskan pada Subbagian 2.5. Data kuesioner dan wawancara berasal dari analisis kebutuhan yang sama dengan yang dilaporkan secara rinci pada [26]; artikel ini memakai hasil tersebut sebagai masukan untuk merancang arsitektur dan prototipe awal, sehingga kontribusi baru artikel ini berada pada tahap perancangan, bukan pada pengulangan analisis kebutuhan.

2.3 Instrumen Penelitian serta Uji Validitas dan Reliabilitas

Instrumen yang digunakan terdiri atas kuesioner analisis kebutuhan dan panduan wawancara semi-terstruktur. Kuesioner peserta didik memuat 18 butir pernyataan tertutup berskala Likert lima tingkat (1 = sangat tidak setuju hingga 5 = sangat setuju), satu butir pilihan untuk menentukan maksimal lima fitur yang dianggap paling penting, serta dua pertanyaan terbuka mengenai faktor yang membuat pembelajaran lebih menarik dan kesulitan yang dialami saat menggunakan media digital. Kedelapan belas butir tertutup tersebut mencakup lima indikator kebutuhan, yaitu kebutuhan media pembelajaran yang interaktif dan dapat digunakan secara mandiri (butir 1-3), elemen permainan berupa tantangan, level, poin, dan penghargaan (butir 4-7), automated assessment berupa hasil belajar otomatis dan identifikasi materi yang belum dikuasai (butir 8-11), AI feedback dan rekomendasi belajar (butir 12-15), serta learning analytics berupa pemantauan progres, penguasaan kompetensi, dan riwayat nilai (butir 16-18). Kuesioner guru disusun mengikuti struktur indikator yang sama

Copyright © 2026 The **Herin Dwibima Aprianto**, Page 1430
This Journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

JURIKOM (Jurnal Riset Komputer), Vol. 13 No. 5, Oktober 2026
e-ISSN 2715-7393 (Media Online), p-ISSN 2407-389X (Media Cetak)
DOI 10.30865/jurikom.v15i5.9977
Hal 1428-1438
https://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/jurikom

dengan penyesuaian sudut pandang pengajar, yaitu kebutuhan pemantauan kelas, efisiensi penilaian, dan pemanfaatan data aktivitas belajar. Panduan wawancara memuat lima topik, yaitu praktik pembelajaran yang berjalan, kendala penggunaan teknologi, kebutuhan fungsional sistem, ekspektasi terhadap dashboard pembelajaran, serta kekhawatiran terkait privasi dan tata kelola data.

Validitas isi instrumen diperiksa melalui dua langkah. Pertama, setiap butir dipetakan terhadap lima indikator kebutuhan yang diturunkan dari kajian pustaka mengenai GBL, automated assessment, AI feedback, dan learning analytics [4], [13], [14]. Kedua, keterbacaan butir diperiksa sebelum kuesioner disebarkan. Pengujian validitas butir secara statistik dan pengujian reliabilitas dengan koefisien konsistensi internal tidak dilakukan pada tahap ini karena kuesioner digunakan sebagai instrumen penggalian kebutuhan awal pada sampel purposif yang kecil, bukan sebagai alat ukur konstruk yang akan digeneralisasi. Konsekuensinya, hasil kuesioner ditafsirkan sebagai gambaran deskriptif prioritas kebutuhan pada sekolah mitra, bukan sebagai skor konstruk yang telah tervalidasi. Pengujian validitas konstruk dan reliabilitas internal dijadwalkan sebelum instrumen digunakan kembali pada tahap demonstration dan evaluation [18], [19]. Pada panduan wawancara, kredibilitas temuan dijaga melalui pemeriksaan silang tema antaranggota tim peneliti sebagaimana dijelaskan pada Subbagian 2.5.

2.4 Etika Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilaksanakan setelah memperoleh izin dari pihak sekolah mitra. Izin pihak sekolah mitra menjadi syarat keikutsertaan peserta didik (Subbagian 2.2), dan kuesioner diisi secara daring sehingga setiap responden memutuskan sendiri untuk berpartisipasi setelah membaca pengantar kuesioner. Pengantar kuesioner menyatakan secara eksplisit tujuan penelitian, bahwa seluruh data dijaga kerahasiaannya dan hanya digunakan untuk kepentingan penelitian, bahwa tidak terdapat jawaban benar atau salah, serta perkiraan waktu pengisian, sehingga responden mengisi kuesioner secara sukarela dan dengan informasi yang memadai. Jawaban responden tidak dikaitkan dengan penilaian akademik, data disimpan secara terbatas oleh tim peneliti, dan identitas responden tidak ditampilkan pada pelaporan hasil. Prinsip yang sama diterapkan pada rancangan artefak, yaitu pencatatan telemetry hanya mencakup data aktivitas belajar yang diperlukan dan dilengkapi kontrol akses berbasis peran serta audit log.

2.5 Teknik Analisis Data dan Perumusan Kebutuhan

Data kuantitatif dianalisis menggunakan statistik deskriptif berupa rerata pada setiap indikator kebutuhan beserta rerata keseluruhan, kemudian indikator diurutkan untuk memperoleh prioritas kebutuhan pada kelompok peserta didik dan kelompok guru. Data kualitatif dianalisis secara tematik melalui tahapan familiarisasi data, pengodean terbuka, pengelompokan kode menjadi tema, serta verifikasi tema melalui pemeriksaan silang antaranggota tim peneliti [18], [19]. Hasil kedua analisis kemudian ditriangulasikan sehingga prioritas kuantitatif memperoleh penjelasan kontekstual dari data wawancara.

Hasil triangulasi diterjemahkan menjadi software requirements yang mencakup kebutuhan fungsional, kebutuhan non-fungsional, alur data, serta batasan pengembangan prototipe [20], [21]. Setiap kebutuhan dipetakan menuju modul sistem dan indikator evaluasi agar rancangan dapat ditelusuri dari sumber kebutuhan hingga rencana pengujiannya. Kebutuhan peran administrator tidak dikumpulkan dari responden, karena administrator sekolah tidak termasuk kelompok responden. Kebutuhan tersebut diturunkan secara analitis oleh tim peneliti dari tiga sumber, yaitu (a) topik privasi dan tata kelola data pada panduan wawancara guru, (b) kebutuhan non-fungsional keamanan dan kontrol akses berdasarkan SWEBOK dan karakteristik security pada ISO/IEC 25010 [20], [24], serta (c) kebutuhan operasional yang timbul dari rancangan arsitektur, yaitu pengelolaan akun pengguna, integrasi data log, dan audit aktivitas. Karena itu, administrator diperlakukan sebagai peran sistem dengan status kebutuhan “diturunkan”, bukan “diperoleh dari responden”, dan kebutuhan tersebut akan divalidasi bersama pengelola sekolah pada tahap validasi ahli.

2.6 Lingkup Tahapan DSRM dan Batasan Klaim Penelitian

Artikel ini melaporkan tahapan problem identification, objectives of solution, design and modelling, serta prototype development. Tahapan demonstration dan evaluation diposisikan sebagai agenda lanjutan karena artikel ini menekankan perancangan artefak awal. Konsekuensi dari batasan tersebut adalah seluruh hasil yang dilaporkan berstatus rancangan dan prototipe awal, sehingga artikel ini tidak menyatakan klaim mengenai efektivitas pembelajaran, akurasi layanan AI, keandalan pencatatan IoT, maupun skor usability. Evaluasi yang direncanakan mencakup validasi ahli, uji usability menggunakan instrumen terstruktur, serta pemeriksaan kualitas perangkat lunak berdasarkan karakteristik functional suitability, usability, reliability, dan security sebagaimana dirumuskan dalam ISO/IEC 25010 [22], [23], [24]. Cakupan implementasi AI-IoT dibatasi sebagai berikut. Komponen AI dinyatakan pada tingkat rancangan layanan, yaitu masukan, keluaran, dan titik integrasi, tanpa pelatihan atau validasi model serta tanpa pengukuran akurasi. Komponen IoT dibatasi pada telemetry berbasis perangkat lunak, yaitu pencatatan event log, sesi, dan konteks perangkat, tanpa pemasangan sensor fisik di ruang kelas. Dengan demikian, istilah AI-IoT pada artikel ini merujuk pada arsitektur dan rancangan layanan yang dimaksudkan untuk mengintegrasikan keduanya, bukan pada sistem yang telah beroperasi dan teruji. Status setiap komponen dirinci pada Tabel 6.

Copyright © 2026 The **Herin Dwibima Aprianto**, Page 1431
This Journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

JURIKOM (Jurnal Riset Komputer), Vol. 13 No. 5, Oktober 2026
e-ISSN 2715-7393 (Media Online), p-ISSN 2407-389X (Media Cetak)
DOI 10.30865/jurikom.v15i5.9977
Hal 1428-1438
https://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/jurikom

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Identifikasi Masalah dan Kebutuhan Pengguna

Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa guru dan peserta didik membutuhkan sistem pembelajaran yang tidak hanya menyediakan materi dan aktivitas permainan, tetapi juga mampu menampilkan proses belajar secara terukur. Pada data kuesioner (Tabel 1), learning analytics, automated assessment, dan AI feedback menempati posisi rerata tertinggi pada kedua kelompok responden, sedangkan hasil wawancara memperkuat temuan tersebut melalui tiga tema utama, yaitu keterbatasan waktu guru dalam melakukan koreksi manual, kesulitan memantau perkembangan belajar secara individual, serta kebutuhan akan umpan balik yang diterima peserta didik segera setelah aktivitas selesai. Kebutuhan tersebut sejalan dengan konsep learning analytics yang memanfaatkan data aktivitas pengguna untuk membantu pemantauan capaian, deteksi risiko belajar, dan pengambilan keputusan instruksional [5], [8], [13], [25]. Pada konteks GBL, event log menjadi komponen penting karena dapat merekam aksi, skor, waktu pengerjaan, dan pola kesalahan peserta didik [4], [14].

Tabel 1. Rerata Tingkat Kebutuhan Peserta Didik dan Guru per Indikator

Indikator	Peserta didik (n = 51)		Guru (n = 12)	
	M	Peringkat	M	Peringkat
Media pembelajaran interaktif (Learning Content), butir 1–3	3,95	4	4,53	4
Elemen permainan (Gamification), butir 4–7	3,75	5	4,42	5
Automated assessment, butir 8–11	3,96	3	4,67	2
AI feedback dan rekomendasi, butir 12–15	4,04	2	4,58	3
Learning analytics, butir 16–18	4,06	1	4,69	1
Rerata keseluruhan	**3,95**	–	**4,58**	–

M = rerata pada skala 1–5; peringkat ditetapkan dari urutan rerata indikator pada masing-masing kelompok; kategori tingkat kebutuhan mengikuti interpretasi rerata pada [26].

Tabel 1 menyajikan rerata (M) setiap indikator kebutuhan pada skala 1–5 yang dilaporkan lebih rinci pada [26]. Rerata keseluruhan peserta didik sebesar 3,95 (kategori tinggi), sedangkan rerata keseluruhan guru sebesar 4,58 (kategori sangat tinggi). Pada kelompok peserta didik, tiga indikator dengan rerata tertinggi berturut-turut adalah learning analytics (M = 4,06), AI feedback dan rekomendasi (M = 4,04), serta automated assessment (M = 3,96). Pada kelompok guru, urutan tertinggi adalah learning analytics (M = 4,69), automated assessment (M = 4,67), dan AI feedback dan rekomendasi (M = 4,58). Elemen permainan memperoleh rerata terendah pada kedua kelompok (M = 3,75 pada peserta didik dan M = 4,42 pada guru) meskipun tetap tergolong tinggi, sehingga dipertahankan sebagai fondasi GBL engine tetapi tidak diprioritaskan sebagai kebutuhan utama. Mengingat jumlah responden yang terbatas, terutama guru (n = 12), rerata tersebut dibaca sebagai indikasi awal pada sekolah mitra dan tidak digeneralisasi. Ringkasan kebutuhan prioritas beserta implikasinya terhadap artefak yang dirancang disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisis Kebutuhan Pengguna

Kelompok Pengguna	Kebutuhan Prioritas	Implikasi terhadap Artefak	Sumber Kebutuhan
Peserta didik	Learning analytics, AI feedback, automated assessment	Dashboard progres, feedback instan, hasil belajar real-time	Kuesioner (n = 51) dan butir terbuka
Guru	Learning analytics, automated assessment, AI recommendation	Monitoring kelas, rekap otomatis, rekomendasi intervensi	Kuesioner (n = 12) dan wawancara (n = 5)
Administrator (peran sistem)	Manajemen pengguna, integrasi data, keamanan akses	Role management, audit log, konfigurasi sistem	Diturunkan peneliti dari topik privasi dan tata kelola data pada panduan wawancara guru, SWEBOK, dan ISO/IEC 25010 [20], [24]; bukan data responden

Tabel 2 menunjukkan bahwa ketiga peran pengguna memiliki titik temu pada kebutuhan visibilitas proses belajar, tetapi dengan sudut pandang yang berbeda. Peserta didik menempatkan umpan balik instan dan keterlihatan progres sebagai kebutuhan utama, guru menekankan efisiensi penilaian dan dasar pengambilan keputusan intervensi, sedangkan peran administrator, yang kebutuhannya diturunkan secara analitis dan bukan berasal dari data responden (Subbagian 2.5), menekankan pengelolaan pengguna, integrasi data, dan keamanan akses. Perbedaan sudut pandang tersebut berimplikasi langsung pada rancangan artefak: dashboard perlu disiapkan dalam dua tampilan yang berbeda untuk peserta didik dan guru, modul penilaian perlu menghasilkan keluaran yang dapat ditelusuri, serta lapisan data perlu dilengkapi manajemen peran dan audit log. Ketiga implikasi inilah yang kemudian diturunkan menjadi tujuan solusi pada subbagian berikutnya.

This Journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

JURIKOM (Jurnal Riset Komputer), Vol. 13 No. 5, Oktober 2026
e-ISSN 2715-7393 (Media Online), p-ISSN 2407-389X (Media Cetak)
DOI 10.30865/jurikom.v15i5.9977
Hal 1428-1438
https://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/jurikom

3.2 Tujuan Solusi dan Design Requirements

Tujuan artefak adalah menghasilkan rancangan prototipe website GBL berbasis AI-IoT yang mampu mengintegrasikan aktivitas belajar, asesmen otomatis, AI feedback, rekomendasi pembelajaran, IoT log, dan dashboard learning analytics. Tujuan tersebut diterjemahkan ke dalam kebutuhan perangkat lunak agar setiap fitur memiliki fungsi, aktor, data masukan, data keluaran, serta indikator evaluasi yang jelas [20], [21], [24]. Pemetaan dari tujuan solusi menuju design requirements dan artefak keluaran disajikan pada Tabel 3.

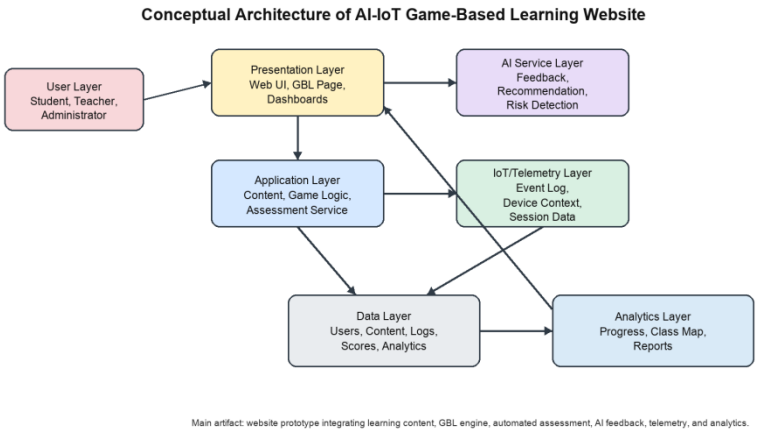
Tabel 3. Pemetaan Tujuan Solusi ke Design Requirements

Tujuan Solusi	Design Requirement	Output Artefak
Meningkatkan interaksi belajar	GBL engine dengan misi, skor, level, dan reward	Halaman aktivitas game-based learning
Mempercepat proses penilaian	Automated assessment berbasis rubrik dan aturan	Skor otomatis dan pola kesalahan
Memberi feedback personal	AI feedback and recommendation service	Feedback dan rekomendasi remedial/pengayaan
Memantau progres belajar	Learning analytics dashboard	Grafik progres, siswa berisiko, laporan guru
Mengintegrasikan data aktivitas	Telemetry/IoT layer dan database log	Dataset aktivitas belajar terstruktur

Tabel 3 memperlihatkan bahwa setiap tujuan solusi memiliki pasangan design requirement dan keluaran artefak yang spesifik sehingga tidak ada kebutuhan yang berhenti sebagai pernyataan umum. Sebagai contoh, tujuan mempercepat proses penilaian diturunkan menjadi kebutuhan automated assessment berbasis rubrik dan aturan, dengan keluaran berupa skor otomatis serta kategori pola kesalahan yang dapat digunakan kembali oleh layanan AI feedback. Pola penurunan yang sama diterapkan pada tujuan lain, sehingga daftar pada Tabel 3 berfungsi sebagai rujukan penelusuran ketika prototipe dikembangkan dan ketika indikator evaluasi disusun pada tahap berikutnya.

3.3 Desain dan Pemodelan Artefak

Tahap design and modelling menerjemahkan kebutuhan pengguna menjadi model artefak sistem. Model ini mencakup arsitektur website, aktor pengguna, modul fungsional, alur data, rancangan basis data konseptual, serta skenario interaksi antara user layer, presentation layer, application layer, AI service layer, IoT/telemetry layer, data layer, dan analytics layer. Pemodelan tersebut diperlukan agar rancangan prototipe dapat ditelusuri dari kebutuhan pengguna menuju desain sistem yang dapat diimplementasikan [20], [21], [24]. Arsitektur konseptual yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Arsitektur konseptual website GBL berbasis AI-IoT

Gambar 2 menunjukkan tujuh lapisan yang menyusun artefak. User layer memuat tiga aktor, yaitu peserta didik, guru, dan administrator. Presentation layer menyediakan antarmuka web, halaman GBL, dan dashboard. Application layer menangani pengelolaan konten, logika permainan, dan layanan penilaian. AI service layer menangani feedback, rekomendasi, dan deteksi risiko belajar. IoT/telemetry layer merekam event log, konteks perangkat, dan data sesi. Data layer menyimpan data pengguna, konten, log, skor, dan hasil analitik, sedangkan analytics layer mengolahnya menjadi progres, peta kelas, dan laporan. Arah panah pada Gambar 2 menunjukkan bahwa keluaran lapisan AI dan lapisan analitik dikembalikan ke presentation layer, sehingga hasil pengolahan data dapat langsung dibaca pengguna pada antarmuka yang sama. Rincian fungsi setiap modul beserta data utama dan keluarannya disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Model Modul Website

Copyright © 2026 The **Herin Dwibima Aprianto**, Page 1433
This Journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

JURIKOM (Jurnal Riset Komputer), Vol. 13 No. 5, Oktober 2026
e-ISSN 2715-7393 (Media Online), p-ISSN 2407-389X (Media Cetak)
DOI 10.30865/jurikom.v15i5.9977
Hal 1428-1438
https://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/jurikom

Modul	Fungsi Utama	Data Utama	Output
Learning Content	Mengelola materi, soal, rubrik, dan kompetensi	Materi, soal, metadata	Konten terstruktur
GBL Engine	Mengatur misi, level, skor, reward, dan aktivitas	Event game, jawaban, waktu	Log aktivitas dan skor awal
Automated Assessment	Melakukan skoring dan analisis kesalahan	Jawaban, rubrik, event log	Skor dan kategori kesalahan
AI Feedback	Memberikan feedback dan rekomendasi personal	Skor, histori, pola kesalahan	Feedback dan learning path
Telemetry/IoT	Merekam event dan konteks perangkat	Timestamp, session, device/context	Telemetry dataset
Learning Analytics	Menyajikan progres dan indikator risiko	Nilai, aktivitas, feedback	Dashboard siswa dan guru

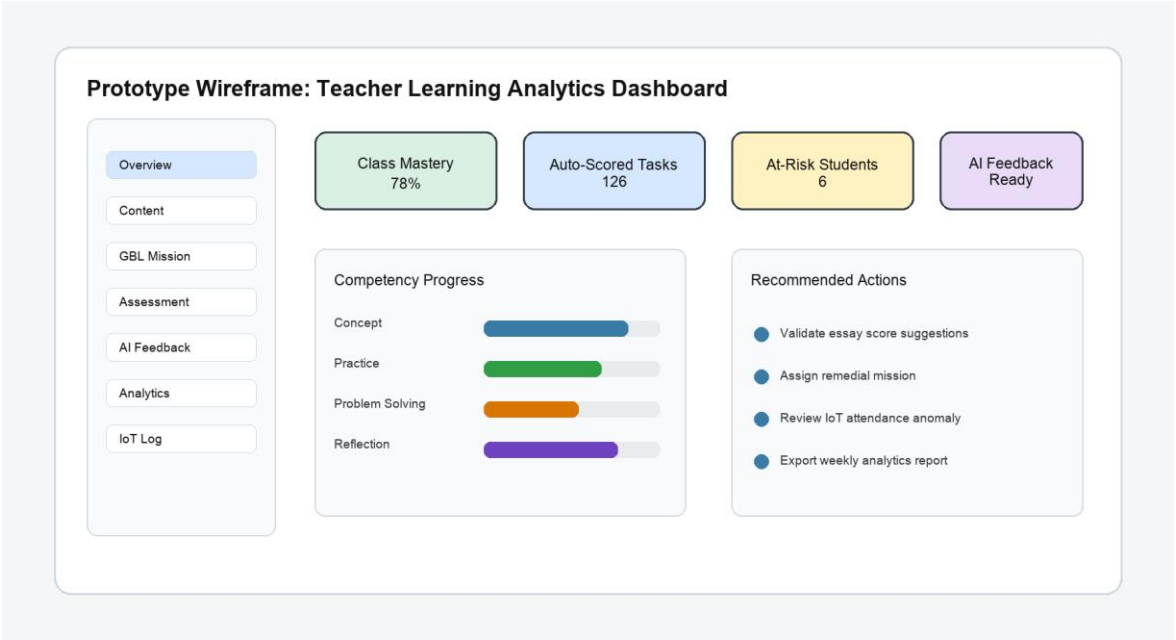
Tabel 4 menegaskan bahwa setiap modul memiliki batas tanggung jawab yang jelas dan saling terhubung melalui data. Modul Learning Content menyediakan materi, soal, dan rubrik yang menjadi masukan bagi GBL Engine; keluaran GBL Engine berupa log aktivitas dan skor awal menjadi masukan bagi Automated Assessment; keluaran penilaian menjadi masukan bagi AI Feedback; sedangkan Telemetry/IoT dan Learning Analytics memanfaatkan seluruh jejak tersebut untuk menghasilkan dataset aktivitas dan dashboard. Pemisahan tanggung jawab tersebut memudahkan pengembangan bertahap karena setiap modul dapat diimplementasikan dan diuji secara terpisah sebelum diintegrasikan.

3.4 Model Alur Data Pembelajaran

Model alur data dimulai dari aktivitas peserta didik pada GBL engine. Setiap aktivitas menghasilkan event log yang dikirim ke telemetry layer dengan atribut berupa identitas sesi, penanda waktu, jenis aksi, dan konteks perangkat. Data tersebut kemudian disimpan dalam basis data dan diproses oleh assessment service serta AI service untuk menghasilkan skor otomatis, kategori kesalahan, rekomendasi, dan AI feedback. Hasil pengolahan ditampilkan pada analytics dashboard sehingga guru dapat melihat progres, peta kelas, peserta didik berisiko, dan riwayat aktivitas [5], [10], [13], [14]. Rancangan basis data konseptual pada tahap ini memuat entitas utama pengguna, konten, aktivitas GBL, event log, skor, feedback, dan rekomendasi, dengan relasi satu ke banyak dari pengguna menuju event log dan dari aktivitas menuju skor. Alur ini dirancang searah agar setiap keluaran layanan AI selalu dapat ditelusuri kembali ke event log yang menjadi sumbernya, sebagaimana disarankan pada praktik asesmen berbasis bukti dalam permainan [11], [12].

3.5 Pengembangan Prototipe

Prototipe dikembangkan sebagai representasi awal artefak website. Pada tahap ini prototipe tidak diklaim sebagai sistem final, melainkan sebagai instansiasi awal yang menunjukkan bagaimana kebutuhan pengguna diterjemahkan menjadi antarmuka dan modul sistem. Prototipe mencakup halaman login, dashboard guru, halaman konten, modul misi GBL, automated assessment, AI feedback, IoT log, dan learning analytics. Penyusunan prototipe mengikuti prinsip usability agar alur penggunaan mudah dipahami oleh guru dan peserta didik [21], [22], [23]. Salah satu halaman inti, yaitu wireframe dashboard learning analytics untuk guru, ditampilkan pada Gambar 3.



Copyright © 2026 The **Herin Dwibima Aprianto**, Page 1434
This Journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

JURIKOM (Jurnal Riset Komputer), Vol. 13 No. 5, Oktober 2026
e-ISSN 2715-7393 (Media Online), p-ISSN 2407-389X (Media Cetak)
DOI 10.30865/jurikom.v15i5.9977
Hal 1428-1438
https://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/jurikom

Gambar 3. Wireframe prototipe dashboard learning analytics untuk guru

Gambar 3 memperlihatkan empat bagian utama dashboard guru. Menu navigasi di sisi kiri memuat tujuh menu, yaitu Overview dan keenam modul pada Tabel 4. Bagian atas menampilkan ringkasan indikator kelas berupa penguasaan kelas, jumlah tugas yang terskor otomatis, jumlah peserta didik berisiko, dan status kesiapan AI feedback. Bagian tengah menampilkan progres kompetensi pada empat dimensi, yaitu konsep, latihan, pemecahan masalah, dan refleksi. Bagian kanan menampilkan daftar tindakan yang direkomendasikan sistem, seperti memvalidasi usulan skor, menugaskan misi remedial, memeriksa anomali kehadiran berbasis IoT, dan mengekspor laporan mingguan. Perlu ditegaskan bahwa seluruh angka yang tampak pada Gambar 3 merupakan data ilustratif (dummy) yang digunakan untuk menunjukkan tata letak dan hierarki informasi, bukan hasil pengukuran pada kelas nyata. Demikian pula, daftar tindakan yang direkomendasikan, termasuk anomali kehadiran berbasis IoT, merupakan ilustrasi fungsi yang direncanakan dan belum dihasilkan oleh layanan AI atau perangkat IoT yang beroperasi. Fokus dan keluaran prototipe pada setiap tahapan R&D dirangkum pada Tabel 5.

Tabel 5. Fokus dan keluaran prototipe pada setiap tahapan R&D

Tahap	Fokus Prototipe	Keluaran	Status
Analisis kebutuhan	Menentukan fitur inti berdasarkan data guru dan siswa	Daftar kebutuhan dan prioritas modul	Terlaksana
Desain prototipe	Merancang UI, arsitektur, modul, alur data, dan database konseptual	Model desain dan wireframe	Terlaksana
Pengembangan awal	Membangun halaman login, materi, GBL activity, assessment, dan dashboard	Prototipe website v1	Terlaksana
Validasi ahli	Menilai fungsi, desain, konten, dan kelayakan sistem	Catatan revisi ahli	Rencana lanjutan
Revisi prototipe	Memperbaiki navigasi, dashboard, scoring, dan feedback	Prototipe website v2	Rencana lanjutan
Uji coba terbatas	Menguji usability dan fungsi utama pada sekolah mitra	Data penggunaan dan respons pengguna	Rencana lanjutan
Finalisasi	Menyempurnakan artefak untuk implementasi berikutnya	Prototipe siap demonstration/evaluation	Rencana lanjutan

Tabel 5 memperlihatkan posisi capaian penelitian pada keseluruhan rangkaian pengembangan. Tiga tahap pertama, yaitu analisis kebutuhan, desain prototipe, dan pengembangan awal, telah dilaksanakan dan menghasilkan daftar kebutuhan, model desain, serta prototipe website versi pertama. Empat tahap berikutnya, yaitu validasi ahli, revisi prototipe, uji coba terbatas, dan finalisasi, belum dilaksanakan dan menjadi agenda penelitian lanjutan. Penyajian seluruh tahapan pada satu tabel dimaksudkan agar pembaca dapat menilai secara jelas batas capaian artikel ini dan pekerjaan yang masih harus dilakukan.

Untuk memperjelas cakupan implementasi AI-IoT, Tabel 6 merinci tingkat pencapaian setiap komponen pada artikel ini beserta bagian yang belum dilaksanakan.

Tabel 6. Cakupan Implementasi AI-IoT pada Artikel Ini

Komponen	Cakupan pada Artikel Ini	Belum Dilaksanakan
Automated assessment	Rancangan aturan penilaian berbasis rubrik dan alur masukan–keluaran; halaman asesmen pada prototipe v1	Ketepatan skor otomatis terhadap penilaian guru belum diuji
AI feedback dan rekomendasi	Rancangan layanan (masukan: skor, histori, pola kesalahan; keluaran: feedback dan learning path); menu AI Feedback pada antarmuka prototipe v1	Pelatihan atau validasi model dan penilaian kualitas feedback belum dilakukan
Telemetry/IoT	Rancangan skema event log, sesi, dan konteks perangkat sebagai pencatatan berbasis perangkat lunak; menu IoT Log pada antarmuka prototipe v1	Sensor atau perangkat fisik belum digunakan; keandalan pencatatan belum diuji
Dashboard learning analytics	Wireframe dashboard guru dengan data ilustratif (dummy)	Belum terhubung ke data aktivitas nyata; kebermanfaatan belum dievaluasi

Copyright © 2026 The **Herin Dwibima Aprianto**, Page 1435
This Journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

JURIKOM (Jurnal Riset Komputer), Vol. 13 No. 5, Oktober 2026
e-ISSN 2715-7393 (Media Online), p-ISSN 2407-389X (Media Cetak)
DOI 10.30865/jurikom.v15i5.9977
Hal 1428-1438
https://ejurnal.stmik-budidarma.ac.id/index.php/jurikom

Tabel 6 menegaskan bahwa kontribusi artikel ini berada pada rancangan dan prototipe awal. Klaim mengenai kinerja layanan AI, keandalan pencatatan IoT, maupun manfaat dashboard bagi guru tidak dinyatakan sebelum tahap demonstration dan evaluation dilaksanakan.

3.6 Rencana Demonstrasi dan Evaluasi Artefak

Tahap demonstration direncanakan melalui penggunaan prototipe pada skenario pembelajaran terbatas. Guru akan mencoba mengelola materi, memberikan aktivitas GBL, memantau hasil asesmen, membaca AI feedback, dan menggunakan dashboard learning analytics. Evaluasi direncanakan melalui validasi ahli, uji usability menggunakan instrumen terstruktur, serta pemeriksaan kualitas perangkat lunak yang mengacu pada karakteristik functional suitability, usability, reliability, dan security [22], [23], [24]. Rencana evaluasi artefak beserta indikator dan metode yang akan digunakan disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Rencana Evaluasi Artefak

Aspek Evaluasi	Indikator	Metode
Functional suitability	Fitur berjalan sesuai requirement	Black-box testing dan expert review
Usability	Kemudahan penggunaan dan kejelasan navigasi	System Usability Scale dan observasi
Assessment transparency	Skor dan feedback dapat ditelusuri	Review rubrik dan validasi guru
Analytics usefulness	Dashboard membantu pengambilan keputusan	Wawancara guru dan task scenario
Data governance	Akses, privasi, dan log aktivitas terkendali	Checklist keamanan dan audit log

Tabel 7 menunjukkan bahwa setiap aspek evaluasi telah dipasangkan dengan indikator yang dapat diamati dan metode pengumpulan datanya. Aspek functional suitability diperiksa melalui black-box testing dan expert review, usability diukur dengan System Usability Scale dan observasi penggunaan [22], [23], transparansi asesmen diperiksa melalui penelusuran skor dan validasi guru terhadap rubrik, kebermanfaatan analitik digali melalui wawancara dan skenario tugas, sedangkan tata kelola data diperiksa melalui checklist keamanan dan audit log. Rencana tersebut belum dieksekusi pada penelitian ini, sehingga Tabel 7 berfungsi sebagai kerangka kerja evaluasi yang akan dijalankan pada tahap demonstration dan evaluation berikutnya.

3.7 Pembahasan dan Posisi terhadap Penelitian Terdahulu

Jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu, posisi artikel ini terletak pada penerjemahan kebutuhan pengguna menjadi rancangan sistem yang dapat ditelusuri. Penelitian tentang stealth assessment dan game-based assessment menunjukkan kematangan pada sisi model penilaian dan pemanfaatan event log [4], [10], [11], [12], tetapi pembahasannya umumnya berhenti pada model dan algoritma tanpa menyajikan arsitektur website yang menampung modul konten, layanan penilaian, layanan AI, dan pencatatan telemetry secara bersamaan. Sebaliknya, tinjauan sistematis mengenai learning analytics untuk GBL menegaskan manfaat data aktivitas bagi guru, namun juga mencatat keterbatasan pada aspek implementasi teknis dan integrasi dashboard ke dalam sistem pembelajaran [13], [14].

Terhadap penelitian yang paling dekat, yaitu perancangan extended smart classroom berbasis IoT untuk GBL [9], artikel ini memiliki dua perbedaan. Pertama, unit rancangan yang digunakan adalah website pembelajaran berlapis dengan layanan AI dan telemetry sebagai lapisan tersendiri, bukan penataan perangkat pada ruang kelas fisik. Kedua, artikel ini menyajikan penelusuran eksplisit dari kebutuhan pengguna pada Tabel 2 menuju design requirements pada Tabel 3, model modul pada Tabel 4, dan rencana evaluasi pada Tabel 7, sehingga rancangan dapat diperiksa konsistensinya oleh pihak lain. Dibandingkan dengan penelitian dashboard analitik pembelajaran [25], rancangan pada artikel ini menempatkan dashboard sebagai keluaran dari rantai data yang dimulai dari aktivitas permainan, bukan sebagai modul yang berdiri sendiri.

Perlu ditegaskan kembali bahwa perbandingan tersebut bersifat konseptual. Karena tahap demonstration dan evaluation belum dilaksanakan, artikel ini tidak membandingkan capaian hasil belajar, akurasi layanan AI, maupun skor usability dengan penelitian terdahulu. Klaim yang dapat dipertanggungjawabkan pada tahap ini terbatas pada kelengkapan dan keterlacakan rancangan artefak. Selain itu, komponen IoT pada rancangan ini berfokus pada telemetry aktivitas belajar dan konteks perangkat; pemanfaatan sensor fisik di ruang kelas seperti pada penelitian [9] menjadi peluang pengembangan yang akan dipertimbangkan pada iterasi berikutnya.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan rancangan prototipe website Game-Based Learning berbasis AI-IoT untuk pendidikan menengah melalui pendekatan Research and Development yang dijalankan dengan kerangka Design Science Research Methodology, dengan cakupan pelaporan pada tahap problem identification, objectives of solution, design and modelling, dan prototype development. Analisis terhadap data kuesioner 51 peserta didik dan 12 guru serta wawancara terhadap lima

Copyright © 2026 The **Herin Dwibima Aprianto**, Page 1436
This Journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

guru menunjukkan bahwa learning analytics, automated assessment, dan AI feedback merupakan tiga kebutuhan dengan prioritas tertinggi, dan ketiga kebutuhan tersebut diterjemahkan menjadi design requirements, arsitektur konseptual tujuh lapis, model modul, model alur data pembelajaran, rancangan basis data konseptual, wireframe dashboard learning analytics, serta rencana evaluasi artefak yang mengacu pada karakteristik functional suitability, usability, reliability, dan security. Kontribusi ilmiah penelitian terletak pada tersedianya pemetaan yang dapat ditelusuri dari kebutuhan pengguna menuju modul sistem dan indikator evaluasi, sedangkan kontribusi praktisnya adalah tersedianya rancangan awal yang dapat menjadi acuan awal bagi tim pengembang dalam membangun sistem setelah divalidasi. Keterbatasan penelitian ini terletak pada belum dilaksanakannya tahap demonstration dan evaluation sehingga seluruh hasil masih berstatus rancangan dan prototipe awal, belum diujinya validitas konstruk dan reliabilitas instrumen kuesioner, kebutuhan administrator yang diturunkan secara analitis dan belum divalidasi bersama pengelola sekolah, komponen AI dan IoT yang masih berada pada tingkat rancangan layanan dan telemetry berbasis perangkat lunak, belum dilakukannya uji implementasi pada kelas nyata, uji performa, uji keamanan, serta pengukuran usability secara langsung; oleh karena itu efektivitas pembelajaran dan akurasi layanan AI belum dapat disimpulkan. Penelitian lanjutan diarahkan pada implementasi prototipe secara utuh, validasi ahli, uji coba terbatas pada sekolah mitra, dan evaluasi kualitas perangkat lunak menggunakan instrumen yang telah direncanakan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi Republik Indonesia (Kemdiktisaintek) yang telah mendanai penelitian ini melalui skema Penelitian Dasar (PDP) 2026. Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada Universitas Duta Bangsa Surakarta dan sekolah mitra atas dukungan selama proses pengumpulan data dan perancangan artefak penelitian.

REFERENCES

[1] S. Adipat, K. Laksana, K. Busayanon, A. Ausawasowan, and B. Adipat, "Engaging students in the learning process with game-based learning: The fundamental concepts," International Journal of Technology in Education, vol. 4, no. 3, pp. 542–552, Jul. 2021, doi: 10.46328/ijte.169.

[2] M. J. Gomez, J. A. Ruiperez-Valiente, and F. J. Garcia Clemente, "A systematic literature review of game-based assessment studies: Trends and challenges," IEEE Transactions on Learning Technologies, vol. 16, no. 4, pp. 500–515, Aug. 2023, doi: 10.1109/TLT.2022.3226661.

[3] W. Oliveira et al., "Tailored gamification in education: A literature review and future agenda," Education and Information Technologies, vol. 28, no. 1, pp. 373–406, Jan. 2023, doi: 10.1007/s10639-022-11122-4.

[4] V. J. Shute, S. Rahimi, G. Smith, and F. Ke, "Maximizing learning without sacrificing the fun: Stealth assessment, adaptivity and learning supports in educational games," Journal of Computer Assisted Learning, vol. 37, no. 1, pp. 127–141, Feb. 2021, doi: 10.1111/jcal.12473.

[5] A. Emerson, E. B. Cloude, R. Azevedo, and J. Lester, "Multimodal learning analytics for game-based learning," British Journal of Educational Technology, vol. 51, no. 5, pp. 1505–1526, Sep. 2020, doi: 10.1111/bjet.12992.

[6] O. O. Ayeni, N. M. Al Hamad, O. N. Chisom, B. Osawaru, and O. E. Adewusi, "AI in education: A review of personalized learning and educational technology," GSC Advanced Research and Reviews, vol. 18, no. 2, pp. 261–271, Feb. 2024, doi: 10.30574/gscarr.2024.18.2.0062.

[7] D. Ifenthaler et al., "Artificial intelligence in education: Implications for policymakers, researchers, and practitioners," Technology, Knowledge and Learning, vol. 29, no. 4, pp. 1693–1710, Dec. 2024, doi: 10.1007/s10758-024-09747-0.

[8] R. Alfredo et al., "Human-centred learning analytics and AI in education: A systematic literature review," Computers and Education: Artificial Intelligence, vol. 6, p. 100215, Jun. 2024, doi: 10.1016/j.caeai.2024.100215.

[9] L. Petrović, D. Stojanović, S. Mitrović, D. Barać, and Z. Bogdanović, "Designing an extended smart classroom: An approach to game-based learning for IoT," Computer Applications in Engineering Education, vol. 30, no. 1, 2022, doi: 10.1002/cae.22446.

[10] W. Min et al., "DeepStealth: Game-based learning stealth assessment with deep neural networks," IEEE Transactions on Learning Technologies, vol. 13, no. 2, pp. 312–325, Apr. 2020, doi: 10.1109/TLT.2019.2922356.

[11] J. Yu, W. Ma, J. Moon, and A. R. Denham, "Developing a stealth assessment system using a continuous conjunctive model," Journal of Learning Analytics, vol. 9, no. 3, pp. 11–31, Dec. 2022, doi: 10.18608/jla.2022.7639.

[12] S. Rahimi and V. J. Shute, "Stealth assessment: A theoretically grounded and psychometrically sound method to assess, support, and investigate learning in technology-rich environments," Educational Technology Research and Development, vol. 72, no. 5, pp. 2417–2441, Oct. 2024, doi: 10.1007/s11423-023-10232-1.

[13] S. K. Banihashem, H. Dehghanzadeh, D. Clark, O. Noroozi, and H. J. A. Biemans, "Learning analytics for online game-based learning: A systematic literature review," Behaviour & Information Technology, vol. 43, no. 12, pp. 2689–2716, 2024, doi: 10.1080/0144929X.2023.2255301.

[14] I. Daoudi, "Learning analytics for enhancing the usability of serious games in formal education: A systematic literature review and research agenda," Education and Information Technologies, vol. 27, no. 8, pp. 11237–11266, Sep. 2022, doi: 10.1007/s10639-022-11087-4.

[15] K. Peffers, T. Tuunanen, M. A. Rothenberger, and S. Chatterjee, "A design science research methodology for information systems research," Journal of Management Information Systems, vol. 24, no. 3, pp. 45–77, Dec. 2007, doi: 10.2753/MIS0742-1222240302.

[16] J. vom Brocke, A. Hevner, and A. Maedche, "Introduction to design science research," in Design Science Research. Cases, Cham, Switzerland: Springer, 2020, pp. 1–13, doi: 10.1007/978-3-030-46781-4_1.

Copyright © 2026 The **Herin Dwibima Aprianto**, Page 1437
This Journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

[17] R. Baskerville, A. Baiyere, S. Gregor, A. Hevner, and M. Rossi, "Design science research contributions: Finding a balance between artifact and theory," Journal of the Association for Information Systems, vol. 19, no. 5, pp. 358–376, May 2018, doi: 10.17705/1jais.00495.
[18] J. W. Creswell and J. D. Creswell, Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches, 6th ed. Thousand Oaks, CA, USA: SAGE Publications, 2023.
[19] Sugiyono, Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Bandung, Indonesia: Alfabeta, 2021.
[20] H. Washizaki, Ed., Guide to the Software Engineering Body of Knowledge (SWEBOK Guide), Version 4.0. Los Alamitos, CA, USA: IEEE Computer Society, 2024.
[21] R. S. Pressman and B. R. Maxim, Software Engineering: A Practitioner's Approach, 9th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill Education, 2020.
[22] J. R. Lewis, "The System Usability Scale: Past, present, and future," International Journal of Human–Computer Interaction, vol. 34, no. 7, pp. 577–590, Jul. 2018, doi: 10.1080/10447318.2018.1455307.
[23] M. Schmidt and R. Huang, "Usability research in educational technology: A state-of-the-art systematic review," Educational Technology Research and Development, vol. 70, no. 6, Dec. 2022, doi: 10.1007/s11423-022-10152-6.
[24] International Organization for Standardization, ISO/IEC 25010:2023 Systems and Software Engineering — Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) — Product Quality Model. Geneva, Switzerland: ISO, 2023.
[25] Y. Safsouf, K. Mansouri, and F. Poirier, "TABAT: Design and experimentation of a learning analysis dashboard for teachers and learners," Journal of Information Technology Education: Research, vol. 20, pp. 331–350, 2021, doi: 10.28945/4820.
[26] H. D. Aprianto, Lubna, A. A. K. Asri, and A. Moniva, "Analisis kebutuhan pengembangan framework game-based learning berbasis AI–IoT untuk peningkatan kualitas pembelajaran dan otomatisasi asesmen di pendidikan menengah," Techno.Com, vol. 25, no. 3, pp. 786–800, 2026, doi: 10.62411/tc.v25i3.16811.

This Journal is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License