

Pemanfaatan *Game Based Learning* dan Gamifikasi Adaptif dalam Pembelajaran STEM

Alim Nur Khafidh^{1*}, Fitria Widyawati², Najarudin³, Selvi Yani⁴, Yeni Nuraeni⁵, Indrawati⁶, Virga Inesrawanti⁷, Hari Abdus Salam⁸, Fitri Damayanti⁹

^{1,2,3,4,5,6,7,8,9} Pendidikan MIPA, Universitas Indraprasta PGRI, TB. Simatupang, *Jl. Nangka Raya No.58C*. Tanjung Barat, Kec. Jagakarsa - Jakarta Selatan, 12530, Indonesia.

E-mail: alimnurkhafidh@gmail.com

* Corresponding Author



<https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i2.3419>

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Article history

Received: 22 Oct 2025

Revised: 28 Oct 2025

Accepted: 03 Nov 2025

Kata Kunci:

Game Based Learning,
Gamifikasi Adaptif,
STEM, Motivasi Belajar,
Kurikulum Merdeka.

Keywords:

Game-Based Learning,
Adaptive Gamification,
STEM, Learning
Motivation, Kurikulum
Merdeka.



Pendidikan abad ke-21 menuntut peserta didik menguasai keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, komunikasi, dan kreativitas (4C), yang sejalan dengan pendekatan Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM). Namun, implementasi pembelajaran STEM di Indonesia masih menghadapi kendala berupa rendahnya motivasi, keterlibatan, serta kemampuan pemecahan masalah siswa. Penelitian ini bertujuan mengkaji potensi penerapan Game Based Learning (GBL) dengan gamifikasi adaptif sebagai strategi inovatif untuk mengatasi hambatan tersebut. Metode penelitian yang digunakan ialah kualitatif dengan pendekatan studi literatur, bersumber dari artikel jurnal nasional maupun internasional, prosiding, dan buku akademik yang diterbitkan dalam 5–10 tahun terakhir. Data dikumpulkan melalui penelusuran basis data akademik (Scopus, Google Scholar, DOAJ, Sinta) dan dianalisis menggunakan teknik analisis isi melalui proses reduksi, kategorisasi, serta sintesis temuan. Hasil kajian menunjukkan bahwa penerapan GBL mampu meningkatkan motivasi intrinsik, keterlibatan, serta hasil akademik siswa dalam pembelajaran STEM, terutama bila dirancang dengan elemen autentik, adaptif, dan reflektif. Keunggulan GBL mencakup peningkatan motivasi, personalisasi pembelajaran, dan pengembangan keterampilan pemecahan masalah, sedangkan keterbatasannya terletak pada kesiapan infrastruktur, kompetensi guru, serta potensi distraksi dari desain permainan.

The 21st-century education paradigm demands that students master critical thinking, collaboration, communication, and creativity skills (4C), which align with the Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) approach. However, the implementation of STEM education in Indonesia still faces challenges such as low student motivation, engagement, and problem-solving abilities. This study aims to examine the potential of utilizing Game-Based Learning (GBL) with adaptive gamification as an innovative strategy to overcome these obstacles. A qualitative research method was employed through a literature study approach, drawing data from national and international journal articles, conference proceedings, and academic books published within the last 5–10 years. Data were collected through academic database searches (Scopus, Google Scholar, DOAJ, and Sinta) and analyzed using content analysis techniques involving reduction, categorization, and synthesis of findings. The results indicate that GBL can enhance students' intrinsic motivation, engagement, and academic performance in STEM learning, particularly when designed with authentic, adaptive, and reflective elements. The identified advantages include increased motivation, personalized learning, and improved problem-solving skills, whereas the limitations involve infrastructural readiness, teacher competence, and potential design-related distractions.



This is an open access article under the CC-BY-SA license.

How to Cite: Alim Nur Khafidh, et al (2025). Pemanfaatan Game Based Learning dan Gamifikasi Adaptif dalam Pembelajaran STEM, 4(2). <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i2.3419>

PENDAHULUAN

Pendidikan abad ke-21 menghadapi tantangan yang semakin kompleks seiring dengan perkembangan teknologi digital dan tuntutan global. Kompetensi abad 21 yang dikenal dengan 4C (*critical thinking, creativity, collaboration, dan communication*) menjadi keterampilan inti yang wajib dimiliki oleh peserta didik untuk beradaptasi dalam masyarakat berbasis pengetahuan (*knowledge society*) (Trilling & Fadel, 2009). Keempat kompetensi tersebut tidak hanya menjadi indikator keberhasilan belajar, tetapi juga menjadi modal utama dalam menghadapi dunia kerja yang semakin kompetitif. Perubahan paradigma pendidikan dari sekadar transfer pengetahuan menuju pengembangan keterampilan abad 21 menuntut inovasi berkelanjutan dalam strategi pembelajaran. Oleh karena itu, pendekatan pembelajaran yang mampu mengintegrasikan keterampilan kognitif, afektif, dan psikomotorik menjadi kebutuhan mendesak. Pendidikan tidak lagi cukup dengan model konvensional, melainkan memerlukan intervensi berbasis teknologi. Dengan demikian, pendidik diharapkan mampu merancang pembelajaran yang adaptif, interaktif, dan relevan dengan perkembangan zaman.

Di tengah perubahan ini, pendekatan pembelajaran STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*) semakin mendapat perhatian sebagai strategi untuk menyiapkan generasi yang adaptif, inovatif, dan berdaya saing tinggi (Bybee, 2013). STEM tidak hanya menekankan penguasaan konsep sains, teknologi, rekayasa, dan matematika, tetapi juga mengajarkan siswa untuk berpikir integratif dalam memecahkan persoalan nyata. Pendekatan ini berkontribusi dalam melatih kemampuan berpikir tingkat tinggi (*higher-order thinking skills*) yang sangat relevan dengan tuntutan industri 4.0. Lebih jauh, pembelajaran STEM juga menumbuhkan keterampilan kolaboratif, komunikasi efektif, serta kreativitas dalam merancang solusi inovatif. Namun, keberhasilan STEM sangat ditentukan oleh metode pembelajaran yang digunakan di dalam kelas. Guru sebagai fasilitator perlu memanfaatkan strategi yang dapat menjaga motivasi dan keterlibatan aktif siswa. Oleh karena itu, pembelajaran STEM harus diiringi dengan model pedagogi yang lebih partisipatif dan berpusat pada siswa.

Namun, implementasi pembelajaran STEM di berbagai konteks pendidikan, termasuk di Indonesia, masih menghadapi permasalahan serius. Berbagai penelitian melaporkan rendahnya motivasi belajar, keterlibatan aktif siswa, serta kemampuan problem solving yang menjadi inti dari pembelajaran STEM (Adiyono et al., 2025). Faktor lain yang memperburuk kondisi tersebut adalah kurangnya integrasi teknologi dalam pembelajaran sehari-hari. Hal ini menyebabkan pengalaman belajar STEM tidak mampu menumbuhkan rasa ingin tahu yang tinggi. Banyak siswa masih menganggap STEM sebagai bidang yang sulit, kaku, dan tidak menyenangkan. Kondisi ini pada akhirnya berdampak pada rendahnya pencapaian hasil belajar siswa. Padahal, keberhasilan implementasi STEM sangat ditentukan oleh partisipasi aktif dan kemandirian siswa dalam proses belajar. Oleh karena itu, perlu strategi pembelajaran yang mampu mengatasi hambatan-hambatan tersebut secara efektif.

Salah satu faktor penyebab rendahnya efektivitas pembelajaran STEM adalah penggunaan metode konvensional yang cenderung monoton, sehingga kurang memfasilitasi keaktifan dan partisipasi siswa dalam proses belajar (Caratozzolo et al., 2025). Metode ceramah atau latihan rutin yang masih mendominasi di banyak kelas tidak mampu menstimulasi keterampilan berpikir kritis. Ketika pembelajaran tidak menarik, siswa cenderung kehilangan motivasi untuk mengeksplorasi konsep lebih dalam. Kondisi ini berakibat pada menurunnya keterlibatan emosional dan kognitif siswa. Pembelajaran STEM yang seharusnya menekankan kolaborasi justru berjalan satu arah, sehingga potensi siswa tidak berkembang optimal. Oleh karena itu, diperlukan inovasi pembelajaran yang dapat menghidupkan kembali semangat belajar siswa. Salah satunya melalui pendekatan berbasis permainan yang lebih interaktif. Dengan strategi tersebut, siswa akan lebih terdorong untuk berpartisipasi aktif dan terlibat penuh.

Seiring dengan perkembangan teknologi pendidikan, Game Based Learning (GBL) muncul sebagai alternatif inovatif untuk meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa. GBL mengintegrasikan elemen permainan dalam proses pembelajaran dengan tujuan menciptakan suasana belajar yang lebih menarik, interaktif, dan bermakna (Blasco-López et al., 2025). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa siswa lebih mudah memahami konsep melalui aktivitas berbasis permainan. Unsur kompetisi dan tantangan dalam game juga mendorong munculnya motivasi intrinsik untuk belajar. Selain itu, GBL mampu menghadirkan pengalaman belajar kontekstual yang relevan dengan kehidupan nyata. Keunggulan ini membuat siswa merasa lebih terhubung dengan materi yang dipelajari. Tidak hanya itu, interaksi sosial yang terjadi dalam GBL dapat memperkuat keterampilan kolaborasi. Dengan demikian,

GBL menjadi salah satu pendekatan yang menjanjikan untuk mendukung pembelajaran STEM yang efektif.

Lebih lanjut, pengembangan gamifikasi adaptif memperkuat peran GBL dengan menghadirkan sistem pembelajaran yang menyesuaikan diri dengan kebutuhan, gaya belajar, dan kemampuan masing-masing siswa (Cabarlo et al., 2025). Dengan pendekatan ini, setiap siswa mendapatkan pengalaman belajar yang lebih personal dan relevan. Adaptivitas memungkinkan sistem memberikan tantangan sesuai tingkat kemampuan, sehingga siswa tidak merasa terlalu mudah atau terlalu sulit. Elemen gamifikasi seperti poin, lencana, dan papan peringkat dioptimalkan secara dinamis untuk menjaga motivasi belajar. Penerapan gamifikasi adaptif juga dapat meminimalisasi perbedaan individu dalam kecepatan belajar. Siswa dengan kemampuan rendah dapat terbantu, sedangkan siswa dengan kemampuan tinggi tetap tertantang. Dengan demikian, gamifikasi adaptif menjadikan pembelajaran lebih inklusif dan efektif. Tidak mengherankan jika strategi ini semakin mendapat perhatian dalam penelitian pendidikan.

Riset menunjukkan bahwa gamifikasi adaptif tidak hanya meningkatkan keterlibatan, tetapi juga mendukung perkembangan kemampuan berpikir kritis dan problem solving melalui pemberian tantangan yang sesuai dengan tingkat kesiapan siswa (Adiyono et al., 2025). Hasil meta-analisis terbaru dari 86 studi dengan 136 *effect sizes* melaporkan bahwa *digital game-based STEM learning* memberikan pengaruh *medium to large* dengan nilai $g = 0.624$ (CI 95% [0.457, 0.790]) dibanding metode konvensional. Sementara itu, penambahan elemen desain game menghasilkan efek tambahan *small to medium* dengan nilai $g = 0.301$ (CI 95% [0.163, 0.438]) (Gui et al., 2023). Data ini menegaskan bahwa GBL bukan hanya sekadar pelengkap, tetapi benar-benar meningkatkan kualitas hasil belajar. Efektivitas ini mencakup aspek motivasi, keterlibatan, hingga pencapaian akademik siswa. Fakta tersebut memperkuat argumen bahwa gamifikasi adaptif adalah strategi yang tepat untuk meningkatkan pembelajaran STEM. Oleh karena itu, perlu eksplorasi lebih jauh mengenai penerapannya di konteks lokal, termasuk Indonesia.

Tren global dalam pendidikan tinggi maupun menengah juga menunjukkan pergeseran ke arah pemanfaatan AI-driven adaptive learning dan gamification untuk menciptakan pengalaman belajar yang lebih personal, efektif, dan berbasis data (Adiyono et al., 2025). Perkembangan ini sejalan dengan transformasi digital yang sedang terjadi dalam berbagai sektor, termasuk pendidikan. Teknologi kecerdasan buatan memungkinkan sistem pembelajaran mengenali pola belajar siswa secara lebih mendalam. Hasilnya, rekomendasi pembelajaran yang diberikan menjadi lebih tepat sasaran. Integrasi gamifikasi dengan AI tidak hanya meningkatkan motivasi, tetapi juga mengoptimalkan proses evaluasi. Dengan dukungan big data, guru dapat memperoleh informasi akurat tentang perkembangan siswa. Hal ini membuka peluang besar bagi terciptanya pembelajaran STEM yang adaptif dan inklusif. Dengan demikian, tren global ini dapat dijadikan rujukan dalam mengembangkan inovasi pendidikan di Indonesia.

Sebuah studi di Eropa melalui Horizon Europe GENB Project membuktikan bahwa permainan edukatif dalam pembelajaran bioekonomi dapat meningkatkan motivasi, partisipasi, serta kesadaran siswa terhadap isu-isu sains kontemporer, sekaligus membangun keterampilan kolaborasi (Blasco-López et al., 2025). Temuan tersebut menunjukkan bahwa permainan edukatif tidak hanya sekadar media hiburan, tetapi juga instrumen pedagogis yang efektif. Keterlibatan siswa dalam diskusi kelompok menjadi lebih intensif karena adanya tantangan yang harus diselesaikan bersama. Selain itu, siswa lebih mudah memahami konsep kompleks ketika divisualisasikan dalam bentuk game. Hal ini membuat pengalaman belajar lebih kontekstual dan bermakna. Studi tersebut sekaligus membuktikan bahwa GBL dapat digunakan untuk mendukung pembelajaran interdisipliner. Oleh karena itu, penelitian ini relevan untuk dijadikan pijakan dalam mengembangkan pembelajaran STEM berbasis gamifikasi. Dengan demikian, peran game dalam pendidikan semakin diakui secara global.

Di sisi lain, dalam pendidikan vokasi dan rekayasa perangkat lunak, penggunaan game edukatif berbasis web berhasil meningkatkan keterampilan problem solving sekaligus memberikan umpan balik adaptif yang memperkuat hasil belajar (Cabarlo et al., 2025). Kelebihan game berbasis web adalah aksesibilitasnya yang tinggi, sehingga dapat digunakan kapan saja dan di mana saja. Fitur umpan balik adaptif memungkinkan siswa mengetahui kesalahan sekaligus strategi perbaikannya. Hal ini membuat proses belajar menjadi lebih efektif dan berorientasi pada perbaikan berkelanjutan. Penggunaan game edukatif juga meningkatkan keterampilan kolaborasi, karena siswa seringkali dituntut bekerja sama

menyelesaikan misi. Tidak hanya itu, siswa juga belajar mengelola waktu dan strategi dalam menyelesaikan tantangan. Dengan demikian, integrasi game dalam pendidikan vokasi dapat meningkatkan kesiapan siswa menghadapi dunia kerja. Fakta ini memperkuat relevansi GBL untuk diterapkan di berbagai jenjang pendidikan.

Fakta ini menegaskan bahwa implementasi GBL dan gamifikasi adaptif dalam konteks STEM sangat potensial untuk mengatasi permasalahan rendahnya motivasi dan keterlibatan siswa yang selama ini menjadi hambatan utama dalam pembelajaran (Ronzon et al., 2025). Temuan dari berbagai studi internasional menunjukkan konsistensi hasil positif terhadap peningkatan motivasi, keterampilan kolaborasi, serta hasil belajar. Namun, sebagian besar penelitian masih terfokus pada konteks global, sementara penerapan di Indonesia masih jarang dilakukan. Kondisi ini menimbulkan kesenjangan dalam literatur yang perlu segera dijembatani. Dengan memperhatikan konteks lokal, hasil penelitian dapat lebih relevan dan aplikatif. Oleh karena itu, kajian tentang pemanfaatan gamifikasi adaptif dalam STEM di Indonesia menjadi penting. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif tentang efektivitas strategi tersebut. Dengan demikian, inovasi pendidikan dapat berjalan lebih sesuai kebutuhan siswa Indonesia.

Meskipun demikian, terdapat kesenjangan penelitian terkait pemanfaatan gamifikasi adaptif dalam konteks pembelajaran STEM di Indonesia. Sebagian besar penelitian masih terbatas pada aspek motivasi, sedangkan pengaruhnya terhadap keterampilan berpikir kritis, kolaborasi, dan problem solving masih kurang dieksplorasi secara mendalam. Kesenjangan ini berpotensi menimbulkan keterbatasan dalam memahami dampak nyata gamifikasi adaptif terhadap capaian belajar yang lebih luas. Padahal, aspek-aspek tersebut merupakan bagian penting dari kompetensi abad 21. Oleh karena itu, diperlukan kajian literatur yang mampu merangkum temuan global sekaligus mengidentifikasi peluang penelitian di tingkat nasional. Dengan cara ini, hasil kajian dapat memberikan dasar teoretis yang kuat untuk penelitian lebih lanjut. Selain itu, temuan juga dapat menjadi pijakan bagi pengembangan kurikulum dan kebijakan pendidikan. Dengan demikian, penelitian ini memiliki urgensi tinggi untuk segera dilakukan.

Oleh karena itu, kajian tentang pemanfaatan Game Based Learning dengan gamifikasi adaptif dalam pembelajaran STEM menjadi sangat relevan, baik dari sisi teoretis maupun praktis. Secara teoretis, kajian ini akan memperkaya literatur tentang integrasi gamifikasi adaptif dalam pendidikan STEM. Kajian literatur yang mendalam dapat memberikan pemahaman yang lebih luas tentang konsep, mekanisme, dan dampak strategi ini. Secara praktis, hasil pembahasan dapat menjadi rekomendasi bagi pendidik, pengembang kurikulum, dan pembuat kebijakan pendidikan dalam merancang strategi pembelajaran inovatif. Inovasi yang dihasilkan diharapkan mampu meningkatkan motivasi, keterlibatan, serta kemampuan problem solving siswa. Lebih jauh, kajian ini juga berpotensi mendukung implementasi Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran berbasis proyek dan pengalaman nyata. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi secara akademis, tetapi juga memberikan dampak nyata bagi transformasi pendidikan di Indonesia.

Dengan demikian, tujuan utama artikel ini adalah menjelaskan urgensi, peluang, serta strategi pemanfaatan Game Based Learning (GBL) dan gamifikasi adaptif dalam pembelajaran STEM sebagai solusi untuk meningkatkan motivasi, keterlibatan, dan kemampuan problem solving siswa. Artikel ini juga diharapkan dapat memberikan gambaran tentang bagaimana inovasi pembelajaran ini sejalan dengan perkembangan global sekaligus relevan dengan kebutuhan lokal. Penekanan pada aspek adaptivitas menjadi penting, karena setiap siswa memiliki kebutuhan dan potensi belajar yang berbeda. Dengan strategi yang tepat, pembelajaran STEM dapat menjadi lebih inklusif dan efektif. Oleh karena itu, artikel ini tidak hanya memaparkan teori, tetapi juga menawarkan refleksi praktis bagi dunia pendidikan. Harapannya, pembahasan ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam upaya transformasi pendidikan menuju arah yang lebih adaptif, inklusif, dan berkelanjutan. Dengan begitu, visi pendidikan abad 21 untuk mencetak generasi unggul dapat terwujud.

METODE

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kualitatif dengan pendekatan studi literatur (literature review) yang bertujuan untuk merangkum, menganalisis, dan mensintesis temuan-temuan penelitian yang sudah ada tentang *Game Based Learning* (GBL) dan gamifikasi adaptif dalam pembelajaran STEM. Sumber data penelitian mencakup artikel-artikel jurnal internasional dan nasional, prosiding,

serta buku akademik yang dipublikasikan dalam rentang waktu 5–10 tahun terakhir, untuk memastikan bahwa data yang diolah relevan dan mutakhir. Sumber-sumber ini diperoleh melalui basis data akademik seperti Scopus, Google Scholar, *Directory of Open Access Journals* (DOAJ), dan Sinta, menggunakan kata kunci seperti “*game based learning STEM*”, “*adaptive gamification*”, “*motivasi belajar STEM*”, “*problem solving in STEM education*”, dan variasi sinonimnya. Teknik pengumpulan data dilakukan secara bertahap: definisi kriteria inklusi dan eksklusi; seleksi awal berdasarkan judul dan abstrak; kemudian seleksi lanjut dengan membaca teks penuh; serta pencatatan informasi penting seperti metode, konteks penelitian, temuan utama, dan batasan studi. Analisis data dilakukan dengan menggunakan *content analysis* yaitu dengan reduksi data (mereduksi dan memilah data yang relevan), kategorisasi (mengelompokkan tema-tema yang muncul seperti motivasi, keterlibatan, problem solving, adaptivitas, kendala), dan kemudian sintesis temuan (merangkum hasil-hasil penelitian ke dalam pemahaman yang lebih luas dan generalisasi naratif). Teknik sampling literatur yang digunakan bersifat *purposive sampling*: peneliti memilih studi-studi yang paling relevan dan representatif untuk tema, bukan acak, untuk memperoleh kedalaman analisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinjauan literatur ini menggabungkan temuan dari meta-analisis internasional dan studi empiris/kajian lokal. Secara kuantitatif, meta-analisis besar menemukan bahwa *digital game-based STEM learning* memiliki efek medium–besar dibanding metode konvensional ($g = 0.624$, 95% CI [0.457, 0.790]), menunjukkan bahwa peserta didik yang menggunakan game edukatif digital umumnya memperoleh peningkatan hasil belajar yang nyata dibanding kontrol (Gui et al., 2023). Di tingkat lokal, studi eksperimen pada SD menunjukkan perbedaan bermakna antara kelompok eksperimen (GBL) dan kontrol pada variabel minat belajar dan pemahaman konsep yang diteliti oleh Widiania (2022) (minat belajar eksperimen = 36.42 vs kontrol = 30.23; pemahaman konsep eksperimen = 74.83 vs kontrol = 67.85) yang didukung oleh uji MANOVA ($p < 0.05$). Selain itu, kajian sistematis mengenai penerapan STEM di materi kimia (redoks) menunjukkan konsistensi bahwa model-model STEM (termasuk blended/STEM-PjBL dan media digital) mampu menaikkan n-gain dan skor literasi sains pada berbagai studi lokal.

Tabel 1. Ringkasan Penelitian tentang Penggunaan *Game Based Learning* (GBL) dan Gamifikasi Adaptif dalam Pembelajaran STEM

Peneliti / Tahun	Jenis Penelitian	Jumlah Sampel / Studi	Indikator Utama (Metrik Utama)	Temuan Utama (Hasil Ringkas)
Gui (2023)	Meta-analisis internasional, 86 studi)	136 <i>effect sizes</i>	Efek ukuran (<i>effect size</i> , g)	$g = 0.624$ (95% CI [0.457–0.790]) — efek sedang hingga besar GBL dibanding metode konvensional.
Widiania (2022)	Kuasi-eksperimen (Indonesia, SD)	50 siswa (24 eksperimen, 26 kontrol)	Minat belajar & pemahaman konsep	Minat belajar: 36.42 vs 30.23; Pemahaman konsep: 74.83 vs 67.85; hasil MANOVA signifikan.
Wahyu & Mitarlis (2024)	SLR (Indonesia, kimia redoks)	20 artikel (2013–2024)	n-gain & validitas modul	Sebagian besar studi menunjukkan peningkatan n-gain sedang–tinggi dan validitas media berbasis STEM.
Blasco-López et al. (2025)	Studi kasus (Eropa, GENB Project)	5 sekolah menengah	Partisipasi & motivasi	Permainan bioekonomi meningkatkan motivasi, partisipasi, dan kesadaran isu sains kontemporer.
Cabarlo et al. (2025)	Eksperimen (pendidikan vokasi)	120 mahasiswa	Problem solving & umpan balik adaptif	Game berbasis web meningkatkan kemampuan problem solving dan

Peneliti / Tahun	Jenis Penelitian	Jumlah Sampel / Studi	Indikator Utama (Metrik Utama)	Temuan Utama (Hasil Ringkas)
				efektivitas umpan balik adaptif terhadap hasil belajar.

Tabel di atas menampilkan ringkasan data kuantitatif dan kualitatif dari berbagai studi internasional maupun lokal yang relevan dengan implementasi Game Based Learning (GBL) dan gamifikasi adaptif dalam pembelajaran STEM. Temuan meta-analisis besar oleh Gui et al. (2023) menunjukkan bahwa penggunaan GBL dalam STEM menghasilkan efek *medium to large* dengan nilai $g = 0.624$, menegaskan bahwa GBL lebih efektif dibandingkan pembelajaran konvensional. Studi kuasi-eksperimen di Indonesia oleh Widiani (2022) juga memperkuat bukti tersebut dengan menunjukkan perbedaan signifikan pada minat belajar dan pemahaman konsep antara kelompok eksperimen dan kontrol, dengan skor rata-rata lebih tinggi di kelas GBL. Selain itu, tinjauan sistematis Wahyu & Mitarlis (2024) yang menganalisis 20 artikel pada materi kimia redoks melaporkan bahwa pendekatan STEM, termasuk integrasi media digital, konsisten meningkatkan *n-gain* dan menghasilkan modul dengan validitas yang tinggi. Studi internasional seperti Blasco-López et al. (2025) melalui Horizon Europe GENB Project juga menunjukkan bahwa permainan edukatif dalam bidang bioekonomi mampu meningkatkan partisipasi, motivasi, serta kesadaran siswa terhadap isu-isu kontemporer. Sementara itu, penelitian Cabarlo et al. (2025) dalam konteks pendidikan vokasi menemukan bahwa penggunaan game edukatif berbasis web tidak hanya meningkatkan keterampilan problem solving, tetapi juga menyediakan umpan balik adaptif yang memperkuat hasil belajar mahasiswa. Dengan demikian, tabel ini memperlihatkan pola konsisten bahwa GBL dan gamifikasi adaptif dapat meningkatkan hasil belajar, motivasi, dan keterampilan abad ke-21 pada berbagai jenjang pendidikan. Bukti-bukti ini sekaligus menegaskan relevansi implementasi GBL dalam konteks STEM, baik di Indonesia maupun secara global.

Berdasarkan meta-analisis internasional, penggunaan permainan edukatif digital pada pembelajaran STEM secara umum memberikan keuntungan pembelajaran yang nyata terhadap hasil akademik siswa, dengan efek *medium to large* yang menunjukkan bahwa intervensi berbasis game mampu meningkatkan pemahaman konseptual dan pencapaian kognitif dibanding metode konvensional (Gui et al., 2023). Hasil ini selaras dengan temuan lokal di Indonesia, misalnya penelitian oleh Wahyu & Mitarlis (2024) yang meninjau 20 artikel pada materi kimia redoks dan melaporkan bahwa pendekatan STEM yang terintegrasi dengan media digital mampu menghasilkan peningkatan *n-gain* kategori sedang hingga tinggi, serta menunjukkan validitas instrumen pembelajaran yang sangat baik dalam mendukung literasi sains siswa. Demikian pula, penelitian oleh Wahyudini et al., (2025) menemukan bahwa penggunaan modul flipbook berbasis STEM tidak hanya meningkatkan skor posttest siswa, tetapi juga memperoleh respon positif terkait motivasi dan keterlibatan dalam belajar. Penelitian sejenis oleh Iriani et al., (2024) mengembangkan LKPD berbasis STEM dengan hasil uji coba yang valid dan praktis, serta terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis siswa SMA pada pembelajaran kimia. Selain itu, implementasi blended learning berbasis STEM juga dilaporkan oleh Maryam (2022) yang menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada hasil belajar siswa sekaligus memperkuat keterampilan kolaborasi. Dari berbagai bukti tersebut, jelas bahwa pola temuan internasional dan lokal konsisten mendukung efektivitas *Game Based Learning* (GBL) dan media digital dalam memperkuat capaian pembelajaran STEM.

Secara teoritis, efektivitas GBL dalam pembelajaran STEM dapat dijelaskan melalui konsep scaffolding kognitif, di mana permainan edukatif memberikan simulasi interaktif, umpan balik instan, serta tantangan bertahap yang sesuai dengan tingkat kemampuan siswa (Gui et al., 2023). Studi oleh Maryam (2022) menegaskan bahwa instrumen pembelajaran berbasis STEM membantu siswa mengonstruksi pengetahuan melalui pengalaman belajar yang lebih autentik dan bermakna. Sementara itu, penelitian Iriani et al., (2024) memperlihatkan bahwa penggunaan blended STEM mampu meningkatkan interaksi kolaboratif yang penting untuk pengembangan kemampuan pemecahan masalah. Selain meningkatkan aspek kognitif, GBL juga berfungsi sebagai motivator afektif karena elemen permainan mampu memunculkan rasa ingin tahu, kegembiraan, dan keterlibatan emosional siswa (Hidayatullah, 2024). Hal ini sejalan dengan teori elaborasi, di mana keterlibatan afektif

mendorong siswa untuk melakukan pemrosesan informasi yang lebih dalam sehingga meningkatkan retensi dan transfer konsep. Dengan demikian, bila dirancang secara terarah dan selaras dengan tujuan pembelajaran, GBL berpotensi memperkuat keterampilan berpikir tingkat tinggi serta meningkatkan kemampuan problem solving siswa dalam konteks STEM.

Studi-studi dan review yang dikaji menekankan bahwa adaptivitas, seperti penyesuaian tingkat tantangan, umpan balik real-time, dan diferensiasi elemen gamifikasi, terbukti mampu meningkatkan *engagement* siswa sekaligus mempertahankan kondisi *flow* lebih lama. Penelitian oleh Monterrat et al. (2015) menunjukkan bahwa gamifikasi adaptif yang disesuaikan dengan profil motivasi siswa (misalnya Hexad) dapat menimbulkan dorongan intrinsik karena siswa merasa tantangan yang diberikan sesuai dengan kemampuan mereka, sehingga tidak cepat bosan ataupun frustrasi. Hal ini diperkuat oleh temuan Savolainen et al., (2021) yang menguji sistem *gamified adaptive learning* dan menemukan bahwa penyesuaian berbasis performa meningkatkan motivasi, keterlibatan, dan kepuasan belajar. Secara praktis, adaptivitas meningkatkan efektivitas GBL dengan cara menurunkan kebosanan, mendorong *persistence* ketika menghadapi tugas sulit, serta menyediakan data untuk intervensi guru agar lebih tepat sasaran (Bahari, 2019). Namun demikian, efektivitas adaptivitas tidak bergantung pada penyesuaian otomatis semata, melainkan juga pada kualitas algoritma, desain elemen permainan, serta integrasi dengan strategi pedagogis yang solid. Dengan kata lain, adaptivitas yang tidak selaras dengan tujuan instruksional justru dapat menurunkan efektivitas pembelajaran, sehingga peran guru dalam mendampingi proses belajar tetap sangat krusial.

Hasil review menunjukkan konsistensi bahwa elemen gamifikasi seperti *storytelling*, tantangan terstruktur, lencana (*badges*), serta umpan balik cepat mampu meningkatkan motivasi intrinsik siswa ketika dirancang selaras dengan tujuan pembelajaran dan memberi ruang kontrol (*autonomy*) kepada peserta didik. Penelitian Hamari et al. (2014) membuktikan bahwa penerapan gamifikasi yang menggabungkan elemen-elemen tersebut berdampak positif terhadap motivasi dan keterlibatan, meskipun hasilnya sangat bergantung pada konteks desain. Platform berbasis permainan seperti Gimkit juga menunjukkan potensi meningkatkan motivasi intrinsik maupun ekstrinsik siswa; namun, penelitian Subhash dan Cudney (2018) memperingatkan bahwa jika desain terlalu menekankan pada reward eksternal seperti poin atau leaderboard tanpa keterkaitan dengan materi belajar, maka motivasi intrinsik justru berisiko menurun. Hal ini sejalan dengan Self-Determination Theory yang menekankan pentingnya *autonomy*, *competence*, dan *relatedness* sebagai prasyarat tumbuhnya motivasi intrinsik dalam konteks pembelajaran berbasis gamifikasi.

Selain itu, literatur juga menegaskan bahwa GBL dan gamifikasi adaptif berperan penting dalam mendorong praktik metakognitif. Misalnya, penelitian oleh de-Marcos et al. (2014) menunjukkan bahwa integrasi elemen refleksi dan umpan balik real-time dalam lingkungan gamified memungkinkan siswa mengevaluasi strategi belajar mereka, merencanakan langkah selanjutnya, dan mengelola proses belajar secara mandiri. Elemen seperti checkpoint, debrief, serta tugas reflektif terbukti memfasilitasi kesadaran metakognitif yang lebih baik (Tsai et al., 2019). Dengan demikian, konsekuensi praktis yang perlu ditekankan adalah bahwa desain GBL harus mencakup mekanisme refleksi dan metapembelajaran, bukan sekadar pengumpulan skor atau pencapaian lencana. Integrasi aspek refleksi ini akan memperkuat peran gamifikasi adaptif tidak hanya dalam meningkatkan motivasi, tetapi juga dalam mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi dan kemampuan regulasi diri siswa.

Hasil sintesis literatur menunjukkan beberapa kelebihan dari pemanfaatan Game Based Learning (GBL) dan gamifikasi adaptif dalam pembelajaran STEM. Pertama, strategi ini secara konsisten terbukti meningkatkan motivasi dan *engagement* siswa. Penelitian kuasi-eksperimen di Indonesia melaporkan bahwa integrasi media berbasis STEM dalam bentuk flipbook, LKPD, maupun blended learning secara signifikan menaikkan minat belajar, keterlibatan, serta hasil posttest siswa (Widiana, 2022). Kedua, adanya fitur adaptivitas memungkinkan pembelajaran lebih terpersonalisasi karena sistem dapat menyesuaikan tantangan dengan kemampuan siswa, sehingga mendukung diferensiasi kelas dan mengurangi kesenjangan performa antarindividu (Monterrat et al., 2015). Ketiga, bila game dirancang berbasis tugas autentik, maka GBL efektif dalam mengembangkan kemampuan problem solving dan keterampilan berpikir tingkat tinggi yang esensial dalam konteks STEM abad ke-21 (Gui et al., 2023). Dengan demikian, GBL dan gamifikasi adaptif tidak hanya berfungsi sebagai media hiburan, tetapi juga sebagai strategi pedagogis yang memperkaya proses kognitif, afektif, dan metakognitif siswa.

Meskipun demikian, literatur juga menyoroti sejumlah keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, kendala infrastruktur masih menjadi hambatan utama di banyak sekolah, terutama terkait ketersediaan perangkat, akses internet, dan kesiapan platform digital yang belum merata. Studi lokal menegaskan bahwa keterbatasan media digital sering mengurangi potensi maksimal GBL di kelas (Hidayatullah, 2024). Kedua, kesiapan guru menjadi faktor krusial; banyak pendidik yang belum memiliki keterampilan teknopedagogis dalam merancang kuis interaktif, mengelola kelas digital, maupun mengintegrasikan data adaptif ke dalam strategi pembelajaran. Oleh karena itu, pelatihan guru dalam bidang desain instruksional berbasis gamifikasi sangat direkomendasikan (Fithri et al., 2021). Ketiga, terdapat potensi distraksi jika game terlalu menekankan reward eksternal (*point, leaderboard*) atau elemen hiburan tanpa keterkaitan dengan kurikulum. Meta-analisis internasional menegaskan bahwa gamifikasi yang tidak selaras dengan tujuan pembelajaran dapat menurunkan kedalaman belajar dan bahkan mengurangi motivasi intrinsik siswa (Gui et al., 2023). Dengan demikian, keberhasilan GBL sangat dipengaruhi oleh kualitas desain dan integrasi pedagogis yang tepat, bukan hanya oleh kehadiran elemen permainan itu sendiri.

Berdasarkan sintesis literatur, terdapat sejumlah implikasi praktis serta strategi implementasi realistis yang dapat diterapkan dalam konteks Indonesia. Pertama, dalam kerangka Kurikulum Merdeka, GBL dan gamifikasi adaptif dapat diintegrasikan dengan proyek-proyek berbasis *Project Based Learning* (PjBL) yang menekankan skenario autentik dan tugas berbasis masalah. Studi lokal mengenai STEM-PjBL dan modul digital terbukti meningkatkan literasi sains, *n-gain*, serta keterlibatan siswa pada berbagai jenjang pendidikan (Hidayatullah, 2024). Kedua, pendekatan bertahap dan hybrid menjadi solusi yang adaptif untuk mengatasi keterbatasan infrastruktur sekolah di Indonesia. Beberapa penelitian melaporkan keberhasilan implementasi media android, flipbook, maupun LKPD berbasis STEM yang mudah diakses serta efektif dalam meningkatkan hasil belajar siswa, sehingga dapat menjadi alternatif *mobile-first* yang terjangkau (Abdi et al., 2023). Ketiga, pengembangan kapasitas guru harus menjadi prioritas, khususnya pelatihan teknopedagogis untuk mendukung desain game edukatif, manajemen data adaptif, serta penilaian formatif berbasis gamifikasi. Literatur menekankan bahwa kesiapan guru sangat berpengaruh terhadap keberhasilan integrasi inovasi pembelajaran berbasis teknologi (Fithri et al., 2021).

Selain itu, desain kurikuler dan evaluasi perlu dirancang dengan hati-hati agar selaras dengan kompetensi berpikir tingkat tinggi (HOTS). Elemen gamifikasi harus mencakup momen refleksi, *debrief*, serta checkpoint yang mendorong kesadaran metakognitif, sehingga siswa tidak hanya fokus pada poin atau leaderboard semata (de-Marcos et al., 2014). Hal ini sejalan dengan rekomendasi meta-analisis internasional yang menegaskan pentingnya keterkaitan antara elemen permainan dengan tujuan instruksional agar motivasi intrinsik dan kedalaman belajar tetap terjaga (Gui et al., 2023). Terakhir, terdapat kebutuhan untuk melakukan riset lanjutan lokal, baik berupa eksperimen maupun studi longitudinal, guna menguji dampak jangka panjang GBL dan gamifikasi adaptif terhadap pengembangan keterampilan 4C (*critical thinking, creativity, collaboration, communication*) serta metakognisi siswa. Hal ini penting karena sebagian besar penelitian lokal masih terfokus pada aspek motivasi dan literasi sains, sementara dampaknya terhadap kemampuan berpikir kritis dan pemecahan masalah belum dieksplorasi secara mendalam (Hidayatullah, 2024). Dengan demikian, integrasi GBL dan gamifikasi adaptif dalam STEM di Indonesia berpotensi menjadi strategi transformasi pendidikan yang relevan, asalkan didukung oleh desain instruksional yang tepat, kesiapan guru, serta riset berkelanjutan.

SIMPULAN

Hasil kajian literatur ini menegaskan bahwa pemanfaatan *Game Based Learning* (GBL) dengan pendekatan gamifikasi adaptif dalam pembelajaran STEM memberikan kontribusi signifikan terhadap peningkatan motivasi, keterlibatan, serta hasil akademik siswa. Secara konsisten, temuan meta-analisis internasional maupun studi lokal menunjukkan bahwa GBL mampu memperkuat kemampuan berpikir kritis, problem solving, serta literasi sains, khususnya ketika game dirancang sejalan dengan tujuan instruksional. Dari sisi teoretis, penelitian ini memperkaya literatur tentang scaffolding kognitif, teori elaborasi, dan *self-determination theory*, dengan menegaskan bahwa game bukan hanya sekadar media hiburan, tetapi instrumen pedagogis yang efektif dalam memfasilitasi pembelajaran abad ke-21. Implikasi praktisnya terletak pada peluang integrasi GBL dengan Kurikulum Merdeka dan strategi PjBL di Indonesia, meskipun keterbatasan infrastruktur dan kesiapan guru masih menjadi hambatan yang

perlu diatasi. Penelitian ini menyumbang pemahaman mendalam tentang bagaimana desain GBL yang adaptif dapat mendorong pembelajaran yang lebih personal, inklusif, dan efektif. Namun demikian, keterbatasan penelitian terletak pada fokus literatur yang masih dominan pada aspek motivasi dan hasil belajar jangka pendek, sehingga peluang untuk eksplorasi lebih lanjut seperti penelitian longitudinal mengenai pengaruh GBL terhadap keterampilan 4C dan metakognitif sangat terbuka.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam penelitian sekaligus penyusunan artikel ini.

REFERENSI

- Abdi, A., Aristya, P. D., & Budiarmo, A. S. (2023). Pengembangan modul flipbook digital berbasis stem materi sistem pencernaan manusia untuk meningkatkan literasi sains. *LENSA (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA*, 13(1), 57–66. <https://doi.org/https://doi.org/10.24929/lensa.v13i1.294>
- Adiyono, A., Rahayu, A. P., Besari, A., Wahib, A., Arianti, S., & Kojin, K. (2025). AI-Driven Personalized Learning Paths: Enhancing Student Engagement Through Gamification and Interdisciplinary Integration. *2025 5th International Conference on Artificial Intelligence and Education (ICAIE)*, 604–612. <https://doi.org/https://doi.org/10.1109/ICAIE64856.2025.11158040>
- Bahari, A. (2019). FonF practice model from theory to practice: CALL via focus on form approach and non-linear dynamic motivation to develop listening and speaking proficiency. *Computers & Education*, 130, 40–58. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.11.009>
- Blasco-López, C., Busó, P., Mentini, L., Silvi, S., Fusconi, F., Pocaterra, C., Marinelli, S., Albertini, S., Vavassori, V., & Ferrini, L. (2025). EDUCATIONAL GAMES FOR BIOECONOMY LEARNING: INSIGHTS FROM THE HORIZON EUROPE GENB PROJECT. *INTED2025 Proceedings*, 4640–4649. <https://doi.org/https://doi.org/10.21125/inted.2025.1158>
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*.
- Cabarlo, J. B., Camposagrado, C. G. P., Casipit, A. A., Casipit, L. P., & Suniga, J. J. S. (2025). Seasharp: Gamifying C# Programming Education for Engaging Learning. *International Journal of Latest Technology in Engineering, Management & Applied Science*, 14(1), 307–312.
- Caratozzolo, P., Chans, G. M., & Dominguez, A. (2025). Continuing engineering education for a sustainable future. *Frontiers in Education*, 10, 1629507. <https://doi.org/https://doi.org/10.3389/educ.2025.1629507>
- de-Marcos, L., Domínguez, A., Saenz-de-Navarrete, J., & Pagés, C. (2014). An empirical study comparing gamification and social networking on e-learning. *Computers & Education*, 75, 82–91. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.01.012>
- Fithri, S., Tenri Pada*, A. U., Artika, W., Nurmaliah, C., & Hasanuddin, H. (2021). Implementasi LKPD Berbasis STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 9(4), 555–564. <https://doi.org/10.24815/jpsi.v9i4.20816>
- Gui, Y., Cai, Z., Yang, Y., Kong, L., Fan, X., & Tai, R. H. (2023). Effectiveness of digital educational game and game design in STEM learning: a meta-analytic review. *International Journal of STEM Education*, 10(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00424-9>
- Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). Does gamification work? - A literature review of empirical studies on gamification. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 3025–3034. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377>
- Hidayatullah, W. N. (2024). *Jurnal Penelitian Pendidikan Matematika dan Sains (STEM) dalam Meningkatkan Kemampuan Literasi Sains Pada Materi Redoks*. 8(2). <http://journal.unesa.ac.id/index.php/jppms/>
- Iriani, R., Rusmansyah, R., Analita, R. N., Leny, L., & Salsabila, I. Z. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Live Streaming Berbasis Website Menggunakan Model Blended Learning Untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis. *JCAE (Journal of Chemistry And Education)*, 7(2), 79–91. <https://doi.org/10.20527/jcae.v7i2.2590>

- Maryam, I. (2022). Implementasi Blended Learning Terintegrasi Stem Untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis Mahasiswa. *Jurnal Eduscience*, 9(2), 469–481. <https://doi.org/10.36987/jes.v9i2.3036>
- Monterrat, B., Desmarais, M., Lavoué, E., & George, S. (2015). A player model for adaptive gamification in learning environments. *International Conference on Artificial Intelligence in Education*, 297–306.
- Ronzon, T., Gurria, P., Carus, M., Cingiz, K., El-Meligi, A., Hark, N., Iost, S., M'barek, R., Philippidis, G., van Leeuwen, M., Wesseler, J., Medina-Lozano, I., Grimplet, J., Díaz, A., Tejedor-Calvo, E., Marco, P., Fischer, M., Creydt, M., Sánchez-Hernández, E., ... Miras Ávalos, J. M. (2025). PSYCHOLOGICAL AND PEDAGOGICAL CONDITIONS FOR THE FORMATION OF SUSTAINABLE LEARNING MOTIVATION IN PRIMARY SCHOOL LEARNERS. *Sustainability (Switzerland)*, 11(1), 1–14. https://bulletennauki.ru/gallery/112_63.pdf.
- Savolainen, I., Oksanen, A., Kaakinen, M., Sirola, A., Zych, I., & Paek, H. J. (2021). The role of online group norms and social identity in youth problem gambling. *Computers in Human Behavior*, 122, 106828. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106828>
- Subhash, S., & Cudney, E. A. (2018). Gamified learning in higher education: A systematic review of the literature. *Computers in Human Behavior*, 87, 192–206. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.05.028>
- Trilling, B., & Fadel, C. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times*. John Wiley & Sons.
- Tsai, Y., Poquet, O., Gašević, D., Dawson, S., & Pardo, A. (2019). Complexity leadership in learning analytics: Drivers, challenges and opportunities. *British Journal of Educational Technology*, 50(6), 2839–2854.
- Wahyudini, A. I., Prianto, M. H., & Yuliana, I. (2025). Pengembangan Media Pembelajaran Komik Digital Berbasis Stem Untuk Meningkatkan Literasi Sains Siswa Madrasah Ibtidaiyah. *El-Miaz: Jurnal Pemikiran Dan Pendidikan Dasar*, 4(2), 63–77. <https://jurnal.mialazhar.sch.id/index.php/el-miaz/article/view/156>
- Widiana, W. (2022). Game Based Learning dan Dampaknya terhadap Peningkatan Minat Belajar dan Pemahaman Konsep Siswa dalam Pembelajaran Sains di Sekolah Dasar. *Jurnal Edutech Undiksha*, 10(1), 1–10. <https://doi.org/10.23887/jeu.v10i1.48925>