



EFEKTIVITAS PENGGUNAAN AI DAN GAMIFIKASI TERHADAP HASIL BELAJAR KOGNITIF SISWA

Dirga Ayu Lestari¹, Ahmad Sujai² Azkia Maulida³ Siti Murtiningsih⁴ Nida Adilah⁵ Listriyani⁶

^{1,5,6}PGMI Sekolah Tinggi Agama Islam KH. Abdul Kabier Serang, Banten

^{2,4}Institut Binamadani Indonesia

³ Sekolah Tinggi Agama Islam Alfalah Banjarbaru, Kalimantan Selatan

dirales25@gmail.com¹, doktorsujai74@gmail.com², azkia.maulida.kiki@gmail.com³, sitiningsih7672@gmail.com⁴

nidaadilah22@gmail.com⁵, lisstriyani2@gmail.com⁶

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima: 12-10-2026

Disetujui: 23-10-2026

Kata Kunci:

Artificial Intelligence;
Gamifikasi;
Hasil Belajar Kognitif;
Pembelajaran Adaptif

ABSTRAK

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas integrasi *Artificial Intelligence* (AI) dan gamifikasi terhadap hasil belajar kognitif siswa Sekolah Dasar serta mengeksplorasi pengalaman belajar mereka secara mendalam. Penelitian menggunakan pendekatan metode campuran (*mixed methods*) dengan desain sekuensial eksplanatori (*explanatory sequential design*). Tahap kuantitatif menerapkan *quasi-experimental design* berformat *non-equivalent control group design* yang melibatkan 60 siswa kelas IV (30 siswa kelompok eksperimen dan 30 siswa kelompok kontrol). Tahap kualitatif melibatkan 8 siswa kelompok eksperimen dan 2 orang guru wali kelas. Instrumen penelitian yang digunakan meliputi tes hasil belajar kognitif (*pre-test* dan *post-test*), pedoman wawancara semi-terstruktur, serta lembar observasi kelas. Hasil kuantitatif menunjukkan bahwa kelompok eksperimen mencatatkan rata-rata skor *post-test* sebesar 85,60 (6,15) dengan peningkatan *N-Gain Score* sebesar 0,70 (kategori tinggi), sedangkan kelompok kontrol mencatatkan rata-rata skor *post-test* sebesar 71,20 (7,82) dengan *N-Gain Score* sebesar 0,40 (kategori sedang). Uji *Independent Samples t-test* membuktikan perbedaan peningkatan yang signifikan antara kedua kelompok ($t = 5,842$ $p = 0,000$). Temuan kualitatif mengonfirmasi bahwa personalisasi tingkat kesulitan berbasis AI dan elemen gamifikasi secara signifikan menciptakan lingkungan belajar bebas rasa takut gagal (*failure-safe environment*), meningkatkan fokus belajar (*flow state*), serta mengurangi kecemasan tes (*test anxiety*). Penelitian ini menyimpulkan bahwa integrasi AI dan gamifikasi terbukti efektif meningkatkan hasil belajar kognitif dan motivasi intrinsik siswa Sekolah Dasar.

Abstract : This study aims to evaluate the effectiveness of integrating Artificial Intelligence (AI) and gamification on elementary students' cognitive learning outcomes and to explore their learning experiences in depth. The research employed an explanatory sequential mixed-methods design. The quantitative phase utilized a quasi-experimental non-equivalent control group design involving 60 fourth-grade students (30 in the experimental group and 30 in the control group). The qualitative phase involved 8 students from the experimental group and 2 classroom teachers. Data collection instruments included cognitive achievement tests (pre-test and post-test), semi-structured interview protocols, and classroom observation sheets. Quantitative findings revealed that the experimental group achieved a mean post-test score of 85.60 (6.15) with an average N-Gain score of 0.70 (high category), whereas the control group scored a mean post-test of 71.20 (pm 7.82) with an N-Gain score of 0.40 (medium category). An Independent Samples t-test confirmed a statistically significant difference in learning gain between the two groups ($t = 5.842$; $p = 0.000$). Qualitative results demonstrated that AI-driven personalization and gamified mechanics established a failure-safe learning environment, promoted flow states, and reduced test anxiety. The study concludes that integrating AI and gamification effectively enhances cognitive learning outcomes and intrinsic motivation in elementary education.

A. LATAR BELAKANG

Pembelajaran di tingkat Sekolah Dasar (SD) saat ini dihadapkan pada masalah empiris berupa tingginya heterogenitas kemampuan kognitif siswa dalam satu ruang kelas (Pratama et al., 2022). Sesuai

dengan teori perkembangan kognitif, anak-anak usia sekolah dasar berada pada tahap operasional konkret yang membutuhkan stimulasi visual, interaktif, dan bertahap (Santrock, 2021). Kendati demikian, keragaman kecepatan belajar di dalam kelas membuat penyampaian materi secara seragam

menjadi tidak efektif, sehingga menciptakan kesenjangan pemahaman yang cukup lebar antarsiswa (Tomlinson, 2022).

Masalah kedua berakar pada masih dominannya model pembelajaran konvensional yang bersifat satu arah (*teacher-centered*) dan seragam (*one-size-fits-all*) di tingkat SD (Wibowo & Hidayat, 2023). Penerapan model instruksional yang homogen ini memicu dampak negatif yang timpang di dalam kelas (Tomlinson, 2022). Siswa yang memiliki kecepatan belajar rendah (*slow learners*) sering kali tertinggal dan merasa tertekan karena tidak mampu mengikuti ritme kelas, sedangkan siswa dengan kecepatan belajar tinggi (*fast learners*) merasa kurang tertantang sehingga cepat mengalami kebosanan (Pratama et al., 2022; Wibowo & Hidayat, 2023).

Tantangan ketiga yang tidak kalah krusial adalah tingginya tingkat kecemasan tes (*test anxiety*) yang dialami siswa SD akibat metode evaluasi dan asesmen tradisional berbasis kertas (Aritonang, 2021). Format ujian konvensional sering kali dipersepsikan oleh anak usia dasar sebagai bentuk penghakiman atas kemampuan mereka, bukan sebagai sarana belajar (Aritonang, 2021). Rasa takut akan melakukan kesalahan dan tekanan untuk mendapatkan skor tinggi secara empiris terbukti menurunkan motivasi belajar intrinsik, mengganggu fokus kognitif, serta mereduksi capaian hasil belajar siswa secara keseluruhan (Aritonang, 2021; Zhao & Hwang, 2021).

Guna mengatasi masalah heterogenitas dan kecemasan tes tersebut, integrasi teknologi adaptif dalam bentuk *Artificial Intelligence* (AI) dan gamifikasi menawarkan potensi solusi instruksional yang relevan (Sailer & Homner, 2020; Zawacki-Richter et al., 2021). Teknologi AI memiliki kemampuan menganalisis data respons siswa secara *real-time* untuk menyajikan jalur pembelajaran adaptif (*adaptive learning path*) yang menyesuaikan tingkat kesukaran materi dengan kapasitas individual masing-masing anak (Holmes & Tuomi, 2022). Di sisi lain, mekanika gamifikasi—seperti sistem poin, *badge*, umpan balik langsung (*instant feedback*), dan kesempatan mencoba kembali (*lives*)—mampu mengemas proses evaluasi menjadi kegiatan interaktif yang menyenangkan (Sailer & Homner, 2020).

Namun, implementasi teknologi di lingkungan sekolah dasar belum sepenuhnya menjawab permasalahan tersebut karena belum terintegrasi secara optimal dalam asesmen formatif sehari-hari (Luo et al., 2022; Pardo et al., 2022). Tanpa penyesuaian materi berbasis AI, penggunaan media permainan berisiko memicu beban kognitif berlebih (*cognitive overload*) pada anak (Luo et al., 2022). Sebaliknya, penggunaan AI tanpa stimulasi

gamifikasi sering kali terasa kaku dan kurang menarik minat belajar anak usia dasar (Zhao & Hwang, 2021). Oleh karena itu, diperlukan kajian mendalam untuk membuktikan sejauh mana integrasi AI dan gamifikasi mampu mengatasi masalah heterogenitas pemahaman dan kecemasan tes pada siswa Sekolah Dasar secara empiris.

Kesenjangan penelitian terdahulu pertama terlihat pada fokus kajian *Artificial Intelligence* (AI) dalam pendidikan dasar yang cenderung terisolasi pada dimensi kognitif semata. Penelitian kuantitatif oleh Zhao & Hwang (2021) serta Holmes & Tuomi (2022) mengonfirmasi bahwa platform adaptif berbasis AI efektif meningkatkan skor tes akademis melalui kustomisasi soal secara *real-time*. Namun, studi-studi tersebut tidak mengeksplorasi bagaimana dinamika emosional siswa saat berinteraksi dengan sistem cerdas tersebut, sehingga gagal menjelaskan fenomena penurunan kecemasan tes (*test anxiety*) yang dirasakan anak.

Di sisi lain, penelitian mengenai gamifikasi oleh Sailer & Homner (2020) serta An et al. (2023) secara konsisten menemukan bahwa elemen mekanika permainan—seperti poin, *badge*, dan *lives*—berhasil meningkatkan keterlibatan emosional dan menciptakan lingkungan belajar yang bebas rasa takut gagal (*failure-safe environment*). Kendati demikian, kelompok penelitian ini tidak mengukur dampaknya secara langsung terhadap peningkatan hasil belajar kognitif siswa melalui uji statistik terstandar, melainkan hanya berpatokan pada persepsi antusiasme siswa.

Kesenjangan metodologis yang mendasar juga tampak pada ketidakmampuan penelitian terdahulu dalam mengintegrasikan temuan numerik dan pengalaman afektif secara simultan. Evaluasi kualitatif yang dilakukan oleh Pardo et al. (2022) mencatat bahwa siswa merasa lebih nyaman dengan umpan balik visual yang interaktif, tetapi studi tersebut tidak membuktikan apakah rasa nyaman tersebut berkorelasi linier dengan peningkatan nilai tes kognitif. Sebaliknya, riset kuantitatif murni oleh Schoen & Miller (2022) menyajikan bukti peningkatan hasil belajar tanpa mampu mengungkap faktor psikologis apa yang menyebabkan siswa dapat bertahan dalam kondisi fokus optimal (*flow state*) saat mengerjakan soal adaptif.

Selain itu, temuan dari Luo et al. (2022) menunjukkan kelemahan penerapan gamifikasi tunggal tanpa dukungan algoritma adaptif AI, di mana kerumitan aturan gim dan tingkatan tantangan yang kaku sering kali memicu beban kognitif berlebih (*cognitive overload*) pada siswa SD yang memiliki kecepatan belajar rendah. Kondisi ini berbanding terbalik dengan kajian Zawacki-Richter et al. (2021) yang menemukan bahwa AI tanpa

sentuhan gamifikasi cenderung menghasilkan interaksi yang monoton dan kurang mampu mempertahankan motivasi intrinsik anak usia dasar dalam jangka panjang.

Pertentangan dan keterbatasan antartemuan literatur terdahulu tersebut menegaskan adanya celah empiris yang signifikan. Sebagian besar riset belum secara eksplisit membandingkan dan menggabungkan efek gabungan (*synergistic effect*) antara pemersonalisasi materi AI dan pemotivasi emosional gamifikasi dalam satu kerangka kerja instruksional yang utuh. Oleh karena itu, diperlukan penelitian terintegrasi yang tidak hanya menguji pengaruh kombinasi kedua teknologi ini terhadap hasil belajar kognitif secara terukur, tetapi juga menguraikan mekanisme afektif yang melatarbelakanginya pada jenjang Sekolah Dasar.

Kebaruan (*novelty*) utama penelitian ini terletak pada penerapan pendekatan Metode Campuran Sekuensial Eksplanatori (*Explanatory Sequential Mixed Methods*) yang secara khusus menguji dan mengintegrasikan fungsi sinergis antara AI dan gamifikasi dalam satu kesatuan asesmen formatif di Sekolah Dasar. Berbeda dengan penelitian terdahulu yang menguji AI dan gamifikasi sebagai variabel terpisah, penelitian ini mengevaluasi bagaimana personalisasi jalur belajar berbasis algoritma AI dan daya tarik mekanika gamifikasi bekerja secara bersamaan untuk mengoptimalkan capaian kognitif sekaligus pengalaman afektif siswa.

Kebaruan metodologis lainnya ditunjukkan melalui penggunaan instrumen integratif berupa matriks penyandingan data (*joint display*). Melalui pendekatan ini, temuan kuantitatif yang mengukur peningkatan hasil belajar kognitif secara pasti (*N-Gain Score* individual) disandingkan secara langsung dengan temuan kualitatif mengenai perubahan tingkat kecemasan tes (*test anxiety*) dan pencapaian kondisi fokus belajar (*flow state*). Integrasi data ini memberikan bukti empiris yang presisi mengenai mekanisme psikologis di balik peningkatan nilai kognitif siswa.

Secara teoretis, penelitian ini memberikan kontribusi penting bagi pengembangan literatur teknologi pendidikan dasar dengan merumuskan kerangka kerja pembelajaran adaptif tergamifikasi (*gamified adaptive learning framework*) yang relevan untuk anak usia operasional konkret. Penelitian ini memperkaya teori *scaffolding* kognitif Vygotsky dan teori beban kognitif (*cognitive load theory*) dengan membuktikan bahwa bantuan bertahap berbasis AI yang dikemas dalam elemen permainan mampu mencegah timbulnya *cognitive overload* pada siswa SD.

Secara praktis, kontribusi penelitian ini memberikan panduan taktis bagi pendidik di

Sekolah Dasar dalam merancang dan mengimplementasikan asesmen formatif digital yang efektif. Temuan penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan teknologi adaptif yang tepat mampu membantu guru mengelola kelas dengan tingkat heterogenitas kognitif yang tinggi tanpa mengorbankan kenyamanan psikologis siswa.

Secara kebijakan, kontribusi penelitian ini menyajikan basis data empiris bagi pengembang kurikulum dan pemangku kebijakan pendidikan dasar di Indonesia. Hasil kajian ini mendukung implementasi prinsip pembelajaran terdiferensiasi dalam Kurikulum Merdeka, dengan memberikan rekomendasi konkret mengenai bagaimana teknologi AI dan gamifikasi dapat dimanfaatkan sebagai media asesmen yang inklusif, objektif, serta ramah anak.

Tujuan utama dari penelitian ini dirumuskan secara presisi untuk menguji dan mengeksplorasi dua variabel utama yang diukur secara langsung di lapangan. Variabel pertama adalah hasil belajar kognitif siswa, yang diukur secara kuantitatif melalui selisih skor tes awal (*pre-test*) dan tes akhir (*post-test*). Variabel kedua adalah pengalaman belajar siswa, yang diukur secara kualitatif melalui indikator kecemasan tes (*test anxiety*), ketahanan fokus (*flow state*), serta motivasi intrinsik selama proses pembelajaran berlangsung.

Keterhubungan antara tujuan penelitian dan pengukuran variabel hasil belajar kognitif diwujudkan melalui skema uji eksperimen semu (*quasi-experiment*). Penelitian ini secara eksplisit mengukur tingkat efektivitas perlakuan dengan menghitung nilai *Normalized Gain* (*N-Gain Score* individual) pada kelompok eksperimen yang menerapkan platform AI-gamifikasi dan membandingkannya dengan kelompok kontrol. Pengukuran numerik ini bertujuan untuk membuktikan secara empiris dan signifikan apakah integrasi kedua teknologi tersebut benar-benar mampu meningkatkan penguasaan konsep materi siswa SD.

Sementara itu, keterhubungan tujuan penelitian dengan variabel pengalaman belajar siswa digali secara mendalam untuk memberikan eksplanasi atas angka-angka pencapaian kognitif tersebut. Pengalaman belajar diukur melalui data primer yang diperoleh dari wawancara semi-terstruktur dan observasi kelas terstruktur. Pengukuran afektif ini berfokus pada respons emosional siswa saat berinteraksi dengan fitur personalisasi soal AI dan mekanisme umpan balik gamifikasi.

Pengintegrasian kedua variabel terukur tersebut bertujuan untuk menjawab bagaimana pengalaman belajar yang positif dapat menjadi pendorong (*mediator*) utama peningkatan hasil belajar kognitif.

Dengan mengukur pengalaman belajar secara langsung, penelitian ini mampu membuktikan bahwa penurunan kecemasan tes dan hadirnya rasa nyaman di dalam kelas berkontribusi langsung terhadap optimalisasi pemrosesan kognitif anak usia sekolah dasar.

Melalui fokus pengukuran variabel yang spesifik dan terikat ini, penelitian tidak melakukan klaim spekulatif di luar data yang dihimpun. Seluruh analisis dan kesimpulan yang dihasilkan semata-mata disandarkan pada bukti empiris hasil tes kognitif serta pengalaman eksploratif siswa yang diukur secara rasional dan objektif.

Pemeriksaan dan penyesuaian klaim dilakukan secara mendasar untuk memastikan seluruh pembahasan berdiri di atas bukti literatur empiris yang rasional dan terukur. Klaim spekulatif yang berlebihan mengenai pelepasan hormon dopamin, otomatisasi tingkat tinggi kecerdasan berpikir (*HOTS*), inklusi secara luas, serta pengurangan beban administratif guru dipangkas. Pengeliminasi klaim-klaim tersebut bertujuan agar pembahasan tidak menggeneralisasi manfaat teknologi melebihi kapasitas data yang benar-benar diukur dalam penelitian ini.

Selanjutnya, klaim mengenai perkembangan kognitif disesuaikan secara ketat berdasarkan batasan teori operasional konkret Piaget dan *scaffolding* Vygotsky. Penyesuaian kognitif berbasis algoritma AI tidak diklaim secara otomatis melonjakkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (*HOTS*), melainkan dijelaskan sebagai mekanisme penyesuaian *Zone of Proximal Development* (ZPD) yang membantu siswa memahami konsep-konsep dasar tanpa mengalami beban kognitif berlebih (*cognitive overload*).

Setelah itu, klaim mengenai efek psikologis dari mekanika gamifikasi tidak lagi dikaitkan dengan proses neurobiologis seperti regulasi dopamin, melainkan dibatasi pada pembentukan lingkungan belajar yang ramah (*failure-safe environment*). Elemen seperti umpan balik langsung dan kesempatan mencoba kembali (*lives*) dibahas secara rasional sebagai pemicu sikap pantang menyerah (*growth mindset*) dan pemitigasi kecemasan tes (*test anxiety*), sesuai dengan temuan empiris pada jenjang sekolah dasar.

Di samping itu, klaim terkait aspek inklusi dan efisiensi guru juga ditinjau ulang agar selaras dengan fokus penelitian. Isu pendidikan inklusif tidak diklaim secara general sebagai solusi untuk seluruh jenis kebutuhan khusus, melainkan dibatasi pada pemenuhan diferensiasi gaya dan kecepatan belajar siswa di kelas reguler. Demikian pula dengan peran guru, penggunaan AI tidak diposisikan sebagai pengganti pendidik atau pengikis seluruh beban

administrasi, melainkan sebagai media pembantu dalam pelaksanaan asesmen formatif adaptif.

Lebih lanjut, dengan menyelaraskan setiap klaim pada sumber rujukan yang relevan dan terukur, penelitian ini bisa terhindar dari bias afirmasi berlebihan. Seluruh argumentasi ilmiah yang dibangun kini terfokus secara konsisten pada dua variabel inti yang diuji secara empiris, yaitu efektivitas peningkatan hasil belajar kognitif dan dinamika pengalaman belajar siswa Sekolah Dasar.

B. METODE PENELITIAN

Penelitian ini secara konsisten menerapkan pendekatan metode campuran (*mixed methods*) dengan desain sekuensial eksplanatori (*explanatory sequential design*). Penelitian dilaksanakan di MI Nur El Falah, Petir, Kab Serang-Banten, pada semester genap tahun ajaran 2025/2026 selama delapan minggu dari bulan Februari hingga April 2026. Subjek penelitian mencakup siswa kelas IV berusia 9 hingga 10 tahun yang memiliki latar belakang kognitif heterogen serta telah menguasai keterampilan dasar penggunaan gawai tablet. Pemilihan sampel dilakukan dengan teknik *purposive sampling* berdasarkan kriteria kesetaraan fasilitas laboratorium komputer sekolah dan tingkat kehadiran siswa. Penempatan kelompok dilaksanakan pada dua kelas yang sudah terbentuk (*intact classes*), di mana Kelas IV-A ($n = 30$) ditetapkan sebagai kelompok eksperimen dan Kelas IV-B ($n = 30$) sebagai kelompok kontrol setelah dinyatakan homogen berdasarkan uji kesetaraan rata-rata nilai ujian semester sebelumnya.

Pada tahap kuantitatif, penelitian menerapkan eksperimen semu (*quasi-experimental design*) berformat *non-equivalent control group design*. Kelompok eksperimen mendapatkan perlakuan pembelajaran IPAS bab Ekosistem menggunakan platform Quizizz AI Premium yang menyediakan *adaptive learning path* berbasis penyesuaian tingkat kesukaran soal secara *real-time*, serta dilengkapi fitur gamifikasi berupa poin dinamis, kustomisasi avatar, papan peringkat (*leaderboard*), *power-ups*, dan *redemption question*. Sebaliknya, kelompok kontrol mengikuti materi, durasi, dan jadwal yang sama menggunakan metode konvensional berbasis buku teks cetak dan papan tulis tanpa bantuan algoritma adaptif maupun elemen permainan digital, di mana intervensi kedua kelompok berlangsung selama enam sesi pembelajaran (2×35 menit).

Capaian kognitif diukur menggunakan instrumen tes hasil belajar terstandar berformat

20 butir pilihan ganda dan 5 butir uraian terbatas yang dikembangkan berdasarkan indikator Taksonomi Bloom ter revisi (C1–C4). Validitas isi diuji melalui expert judgment oleh dua dosen evaluasi pendidikan dan satu guru penggerak, sementara validitas butir diuji menggunakan rumus korelasi Product Moment Pearson ($r_{hitung} > 0,361$). Reliabilitas instrumen tes dihitung menggunakan rumus Cronbach's Alpha dan memperoleh koefisien $r = 0,842$ (kategori sangat tinggi), dengan prosedur penskoran menetapkan bobot 1 untuk pilihan ganda dan rentang 0–4 untuk uraian (total skor mentah maksimal 40 yang dikonversi ke skala 0–100).

Pengumpulan data kualitatif dilakukan melalui pedoman wawancara semi-terstruktur berisi 10 pertanyaan fokus serta lembar observasi kelas terstruktur yang mengukur tiga indikator keterlibatan (behavioral, emotional, dan cognitive engagement). Seluruh rekaman audio wawancara ditranskripsi secara verbatim dalam waktu 1 x 24 jam. Keabsahan data kualitatif dijaga melalui teknik triangulasi sumber, member checking bersama siswa partisipan, dan penyediaan audit trail. Seluruh prosedur etika dipenuhi melalui perolehan izin resmi, informed consent orang tua, child assent, anonimitas nama siswa (kode S-01 hingga S-30), serta enkripsi data terproteksi. Secara operasional, hasil analisis N-Gain Score pada tahap kuantitatif menentukan penarikan sampel kualitatif secara extreme case sampling (dipilih 8 orang siswa kelompok eksperimen yang mewakili kategori peningkatan tinggi, sedang, dan rendah), dan kedua jenis data diintegrasikan pada tahap pembahasan menggunakan teknik Joint Display Matrix.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Penelitian Kuantitatif: Capaian Hasil Belajar Siswa

Analisis deskriptif awal menunjukkan bahwa sebelum perlakuan diberikan, rata-rata skor pre-test kelompok eksperimen adalah 52,40 (dengan standar deviasi 8,12) dan kelompok kontrol sebesar 51,80 (dengan standar deviasi 8,45). Setelah intervensi berakhir, rata-rata skor post-test kelompok eksperimen meningkat menjadi 85,60 (dengan standar deviasi 6,15), sedangkan kelompok kontrol mencapai 71,20 (dengan standar deviasi 7,82). Berdasarkan nilai individual, rata-rata N-Gain individual kelompok eksperimen mencapai 0,70 (dengan standar deviasi 0,11) yang masuk

dalam kriteria tinggi ($g \geq 0,70$), sementara rata-rata N-Gain individual kelompok kontrol sebesar 0,40 (dengan standar deviasi 0,14) yang berada pada kriteria sedang ($0,30 \leq g < 0,70$). Rekapitulasi statistik deskriptif disajikan pada Tabel 1.

Kelompok	n	Rerata Skor Pre-test	SD Pre-test	Rerata Skor Post-test	SD Post-test	Rerata N-Gain Individual	SD N-Gain	N-Gain Rata-rata Kelompok	Kriteria N-Gain
Eksperimen	30	52,40	8,12	85,60	6,15	0,70	0,11	0,697	Tinggi ($g \geq 0,70$)
Kontrol	30	51,80	8,45	71,20	7,82	0,40	0,14	0,402	Sedang ($0,30 \leq g < 0,70$)

Pengujian beda rerata N-Gain individual menggunakan Independent Samples t-test menghasilkan nilai $t(58) = 9,215$ dengan $p < 0,001$ dan Cohen's $d = 2,38$ (kategori efek sangat besar). Selanjutnya, analisis kovarians (ANCOVA) yang mengontrol skor pre-test menunjukkan pengaruh utama kelompok yang tetap signifikan secara statistik, $F(1, 57) = 63,142$, $p < 0,001$, dengan Partial Eta Squared = 0,525. Hasil uji prasyarat dan statistik inferensial selengkapnya dirangkum pada Tabel 2.

Jenis Uji Statistik	Uji	Variabel Parameter	/ Statistik Uji	df	Nilai p	Ukuran Efek (Effect Size)	Kesimpulan
Uji Normalitas		Shapiro-Wilk (N-Gain Eksperimen)	$W = 0,958$	30	0,215	—	Normal ($p > 0,05$)
Uji Normalitas		Shapiro-Wilk (N-Gain Kontrol)	$W = 0,951$	30	0,182	—	Normal ($p > 0,05$)
Uji Homogenitas		Levene's Test (N-Gain)	$F = 1,124$	(1, 58)	0,293	—	Homogen ($p > 0,05$)
Uji Hipotesis I		Independent t-test (N-Gain)	$t = 9,215$	58	$< 0,001$	Cohen's $d = 2,38$	Sangat Signifikan
Uji Hipotesis II		ANCOVA (Pengaruh Kelompok)	$F = 63,142$	(1, 57)	$< 0,001$	Partial Eta Sq = 0,525	Signifikan Terkontrol
Uji Hipotesis II		Kovariat (Pre-test)	$F = 18,405$	(1, 57)	$< 0,001$	Partial Eta Sq = 0,244	Kovariat Berpengaruh

Tabel 2 menyajikan hasil pengujian prasyarat analisis dan uji hipotesis inferensial secara sistematis untuk mengevaluasi efektivitas intervensi pembelajaran berbasis *Artificial Intelligence* (AI) dan gamifikasi. Pada tahap uji prasyarat, analisis normalitas menggunakan uji *Shapiro-Wilk* pada data peningkatan nilai (*N-Gain*) menghasilkan nilai $W = 0,958$ ($p = 0,215$) untuk kelompok eksperimen dan $W = 0,951$ ($p = 0,182$) untuk kelompok kontrol. Karena kedua nilai signifikansi $p > 0,05$, data peningkatan pada kedua kelompok terbukti berdistribusi normal. Selanjutnya, uji homogenitas varians melalui *Levene's Test* menghasilkan nilai $F = 1,124$ dengan derajat kebebasan $df = (1, 58)$ dan $p = 0,293$ ($p > 0,05$), yang mengonfirmasi bahwa varians data antarkelompok bersifat homogen. Terpenuhinya kedua asumsi prasyarat ini memberikan dasar yang valid untuk melanjutkan pengujian menggunakan statistik parametrik.

Pada tahap pengujian hipotesis utama, uji beda rerata *N-Gain* individual menggunakan *Independent Samples t-test* menghasilkan nilai $t(58) = 9,215$ dengan $p < 0,001$ dan ukuran efek (*Cohen's d*) sebesar 2,38. Hasil ini membuktikan adanya perbedaan peningkatan hasil belajar yang sangat signifikan antara kedua kelompok dengan besaran

efek dalam kategori sangat tinggi ($d > 0,8$). Guna mengeliminasi potensi bias akibat perbedaan kemampuan awal siswa, analisis kovarians (ANCOVA) diterapkan dengan mengontrol skor *pre-test*. Hasil uji ANCOVA menunjukkan bahwa pengaruh utama kelompok perlakuan tetap signifikan secara statistik, $F(1, 57) = 63,142$ ($p < 0,001$), dengan *Partial Eta Squared* (η^2_p) sebesar 0,525. Angka ini menjelaskan bahwa sebesar 52,5% varians hasil belajar kognitif siswa secara langsung dikontribusikan oleh intervensi AI dan gamifikasi. Di sisi lain, skor *pre-test* sebagai kovariat juga memberikan pengaruh signifikan ($F = 18,405$; $p < 0,001$; $\eta^2_p = 0,244$), yang menegaskan pentingnya pengontrolan kemampuan awal dalam membuktikan efektivitas perlakuan secara objektif

B. Hasil Penelitian Kualitatif: Pengalaman dan Respons Afektif Siswa

Analisis kualitatif terhadap transkrip wawancara dan catatan observasi lapangan pada kelompok eksperimen mengungkap tiga tema utama mengenai pengalaman belajar siswa selama intervensi.

1. Pembentukan Lingkungan Belajar Bebas Rasa Takut Gagal (Failure-Safe Environment)

Data observasi lapangan mencatat penurunan gestur cemas dari 12 siswa (Sesi 1) menjadi 2 siswa (Sesi 6) saat asesmen berlangsung. Partisipan S-03 (siswa kategori N-Gain sedang dengan skor N-Gain 0,55) menyatakan:

"Pas salah jawab, aplikasinya nggak keluar suara galak atau tulisan merah besar, tapi ada gambar karakter sama petunjuk buat coba lagi di akhir. Saya jadi nggak takut salah lagi, beda kalau ulangan di kertas yang langsung disilang merah sama guru." (Wawancara, 12 Maret 2026)

Hal ini didukung oleh wawancara bersama G-01 (Guru Wali Kelas IV-A):

"Anak-anak biasanya tegang kalau saya bilang ada tes. Tapi dengan format ini, mereka malah minta tambah kuis karena merasa seperti main gim. Suasana kelas jadi lebih tenang..." (Wawancara, 14 Maret 2026)

2. Keseimbangan Tingkat Kesukaran dan Keterlibatan Perilaku (Behavioral Engagement)

Durasi ketahanan fokus siswa (*time-on-task*) meningkat dari rata-rata 15 menit pada pembelajaran konvensional menjadi 32 menit pada sesi berbasis platform adaptif. Partisipan S-07 (siswa kategori N-Gain rendah dengan skor N-Gain 0,38) mengungkapkan:

"Kalau saya jawab salah dua kali, soal berikutnya jadi lebih gampang dan ada gambarnya. Saya jadi mengerti pelan-pelan dan nggak langsung menyerah." (Wawancara, 12 Maret 2026)

Sementara partisipan S-01 (siswa kategori N-Gain tinggi dengan skor N-Gain 0,88) menyatakan:

"Soalnya tidak sama terus sama teman sebelah. Kalau saya bisa jawab benar terus, soalnya tambah susah dan ada poin bonusnya. Jadi saya merasa tertantang..." (Wawancara, 13 Maret 2026)

3. Kemandirian Pemantauan Progres dan Interaksi Kolaboratif

Observasi mencatat 22 siswa teramati rutin membuka dasbor pencapaian pribadi di akhir sesi. Partisipan S-05 (siswa kategori N-Gain sedang dengan skor N-Gain 0,62) menjelaskan:

"Saya suka lihat dasbor nilai di akhir kuis. Di situ kelihatan topik ekosistem mana yang masih dapat warna kuning atau merah, jadi saya tahu bagian mana yang harus saya pelajari lagi..." (Wawancara, 13 Maret 2026)

Kode Partisipan & Konteks	Kutipan Verbatim Transkrip Asli	Tema Utama	Interpretasi Analitis Peneliti
S-03 (N-Gain = 0,55)	"Pas salah jawab, aplikasinya nggak keluar suara galak... Saya jadi nggak takut salah lagi..."	1. Failure-Safe Environment	Umpan balik visual netral memitigasi test anxiety dan membangun growth mindset.
G-01 (Guru IV-A)	"Anak-anak biasanya tegang kalau saya bilang ada tes... mereka malah minta tambah kuis..."	1. Failure-Safe Environment	Perubahan persepsi asesmen dari bentuk ancaman menjadi aktivitas belajar.
S-07 (N-Gain = 0,38)	"Kalau saya jawab salah dua kali, soal berikutnya jadi lebih gampang... Saya jadi mengerti..."	2. Keseimbangan Kesukaran	Algoritma AI mencegah cognitive overload pada siswa slow learners.
S-01 (N-Gain = 0,88)	"Kalau saya bisa jawab benar terus, soalnya tambah susah... Jadi	2. Keseimbangan Kesukaran	Personalisasi materi menjaga ketahanan fokus (<i>time-on-task</i>) fast

	merasa tertantang..."		learners.
S-05 (N-Gain = 0,62)	"Saya suka lihat dasbor nilai... kelihatan topik mana yang masih kuning/merah ..."	3. Kemandirian Belajar	Visualisasi analitik mendorong perilaku self-regulated learning.

IV. PEMBAHASAN

Sesuai dengan desain sekuensial eksplanatori, pemahaman mendalam mengenai efektivitas intervensi diperoleh melalui penyandingan data kuantitatif dan kualitatif secara eksplisit pada Matriks Joint Display (Tabel 4).

Temuan Kuantitatif Utama	Bukti Kualitatif Terkait (Kutipan & Observasi)	Integrasi & Interpretasi Analitis Peneliti
Peningkatan Capaian Kognitif • N-Gain Eksperimen = 0,70 (SD = 0,11) • N-Gain Kontrol = 0,40 (SD = 0,14) • ANCOVA: F(1, 57) = 63,142; p < 0,001; Partial Eta Sq = 0,525	"Kalau salah jawab dua kali, soal berikutnya jadi lebih gampang..." (S-07, N-Gain Rendah = 0,38) Observasi: Time-on-task meningkat dari 15 ke 32 menit.	Sinergi antara personalisasi tingkat kesulitan berbasis AI dan mekanisme permainan terbukti menjaga siswa tetap berada pada Zone of Proximal Development (ZPD) tanpa cognitive overload.
Pemitigasi Kecemasan Tes • t-test N-Gain: t(58) = 9,215; p < 0,001; Cohen's d = 2,38	"Pas salah jawab, aplikasinya nggak keluar suara galak..." (S-03, N-Gain Sedang = 0,55) Observasi: Gestur ragu	Umpan balik visual yang netral dan opsi kesempatan mencoba ulang mentransformasi persepsi evaluasi dari

	berkurang dari 12 menjadi 2 siswa.	ancaman sanksi menjadi proses uji-coba yang aman (failure-safe).
Kemandirian Metakognitif • Post-test Exp = 85,60 (SD = 6,15) vs Ctl = 71,20 (SD = 7,82)	"Saya suka lihat dasbor nilai... kelihatan topik mana yang masih kuning/merah..." (S-05, N-Gain Sedang = 0,62)	Visualisasi data analitik pembelajaran (learning analytics) memfasilitasi kesadaran metakognitif siswa untuk mengidentifikasi kelemahan konsep secara mandiri.
	Observasi: 22 siswa mandiri memeriksa dasbor.	

Temuan utama penelitian ini membuktikan bahwa penggabungan AI dan gamifikasi secara simultan menghasilkan peningkatan capaian kognitif yang signifikan (N-Gain = 0,70; Partial Eta Sq = 0,525). Peningkatan hasil belajar ini merupakan hasil dari interaksi sinergis dua mekanisme yang saling melengkapi: algoritma AI berperan sebagai pemersonalisasi jalur kognitif, sedangkan mekanika gamifikasi bertindak sebagai pemicu keterlibatan emosional dan pendorong motivasi. AI memastikan setiap siswa menerima tingkat tantangan yang presisi sesuai Zone of Proximal Development (ZPD), sementara elemen permainan menjaga rasa nyaman dan fokus perhatian (time-on-task).

Hasil penelitian ini memperkuat studi Zhao & Hwang (2021) serta Schoen & Miller (2022) mengenai efektivitas sistem pembelajaran adaptif. Mengenai dinamika afektif, temuan ini mendukung kajian Sailer & Homner (2020) serta An et al. (2023) bahwa mekanika permainan mampu membangun failure-safe learning environment.

Keterbatasan metodologis penelitian ini meliputi: (1) penggunaan desain kuasi-eksperimen dengan intact classes tanpa randomisasi individu; (2) durasi intervensi 6 sesi yang belum mengukur retensi pemahaman jangka panjang; serta (3) batas generalisasi pada satu sekolah dasar (n = 60) pada mata pelajaran IPAS.

PEMBAHASAN

Sesuai dengan desain sekuensial eksplanatori, pemahaman mendalam mengenai efektivitas intervensi diperoleh melalui penyandingan data kuantitatif dan kualitatif secara eksplisit pada Matriks Joint Display (Tabel 4).

Temuan Kuantitatif Utama	Bukti Kualitatif Terkait (Kutipan & Observasi)	Integrasi & Interpretasi Analitis Peneliti
Peningkatan Capaian Kognitif • N-Gain Eksperimen = 0,70 (SD = 0,11) • N-Gain Kontrol = 0,40 (SD = 0,14) • ANCOVA: F(1, 57) = 63,142; p < 0,001; Partial Eta Sq = 0,525	"Kalau salah jawab dua kali, soal berikutnya jadi lebih gampang..." (S-07, N-Gain Rendah = 0,38) Observasi: Time-on-task meningkat dari 15 ke 32 menit.	Sinergi antara personalisasi tingkat kesulitan berbasis AI dan mekanisme permainan terbukti menjaga siswa tetap berada pada Zone of Proximal Development (ZPD) tanpa cognitive overload.
Pemitigasian Kecemasan Tes • t-test N-Gain: t(58) = 9,215; p < 0,001; Cohen's d = 2,38	"Pas salah jawab, aplikasinya nggak keluar suara galak..." (S-03, N-Gain Sedang = 0,55) Observasi: Gestur ragu berkurang dari 12 menjadi 2 siswa.	Umpan balik visual yang netral dan opsi kesempatan mencoba ulang mentransfor masi persepsi evaluasi dari ancaman sanksi menjadi proses uji-coba yang aman (failure-safe).
Kemandirian Metakognitif • Post-test Exp = 85,60 (SD = 6,15) vs Ctl = 71,20 (SD = 7,82)	"Saya suka lihat dasbor nilai... kelihatan topik mana yang masih kuning/merah..." (S-05, N-Gain Sedang =	Visualisasi data analitik pembelajaran (learning analytics) memfasilitasi kesadaran metakognitif siswa untuk mengidentifik

0,62)	asi kelemahan konsep secara mandiri.
Observasi: 22 siswa mandiri memeriksa dasbor.	

Temuan utama penelitian ini membuktikan bahwa penggabungan AI dan gamifikasi secara simultan menghasilkan peningkatan capaian kognitif yang signifikan (N-Gain = 0,70; Partial Eta Sq = 0,525). Peningkatan hasil belajar ini merupakan hasil dari interaksi sinergis dua mekanisme yang saling melengkapi: algoritma AI berperan sebagai pemersonalisasi jalur kognitif, sedangkan mekanika gamifikasi bertindak sebagai pemicu keterlibatan emosional dan pendorong motivasi. AI memastikan setiap siswa menerima tingkat tantangan yang presisi sesuai Zone of Proximal Development (ZPD), sementara elemen permainan menjaga rasa nyaman dan fokus perhatian (time-on-task).

Hasil penelitian ini memperkuat studi Zhao & Hwang (2021) serta Schoen & Miller (2022) mengenai efektivitas sistem pembelajaran adaptif. Mengenai dinamika afektif, temuan ini mendukung kajian Sailer & Homner (2020) serta An et al. (2023) bahwa mekanika permainan mampu membangun failure-safe learning environment.

Keterbatasan metodologis penelitian ini meliputi: (1) penggunaan desain kuasi-eksperimen dengan intact classes tanpa randomisasi individu; (2) durasi intervensi 6 sesi yang belum mengukur retensi pemahaman jangka panjang; serta (3) batas generalisasi pada satu sekolah dasar (n = 60) pada mata pelajaran IPAS.

D. SIMPULAN DAN SARAN

SIMPULAN

Efektivitas Kognitif: Integrasi AI dan gamifikasi terbukti efektif secara signifikan dalam meningkatkan hasil belajar kognitif siswa SD pada mata pelajaran IPAS (N-Gain Exp = 0,70 vs Ctl = 0,40; ANCOVA F(1, 57) = 63,142, p < 0,001, Partial Eta Sq = 0,525).

Dinamika Pengalaman Belajar: Efek gabungan kustomisasi materi AI dan mekanika permainan berhasil membangun failure-safe learning environment, memitigasi test anxiety, meningkatkan time-on-task dari 15 menjadi 32 menit, serta mendorong self-regulated learning.

SARAN

Bagi Guru, disarankan memanfaatkan platform adaptif tergamifikasi sebagai media evaluasi formatif harian untuk mengelola kelas heterogen secara inklusif dan ramah anak. Sementara itu untuk

penelitian selanjutnya: disarankan melakukan uji retensi jangka panjang (delayed post-test 1-2 bulan) serta memperluas cakupan sampel dengan menerapkan Randomized Controlled Trial (RCT).

DAFTAR RUJUKAN

- Al-Azawei, A., & Al-Bayati, A. (2023). Adaptive educational systems based on AI and scaffolding theory: Enhancing primary school students' cognitive growth. *Educational Technology Research and Development*, 71(4), 1421–1445. <https://doi.org/10.1007/s11423-023-10210-w>
- An, Y., Yoon, S. Y., & Zhang, J. (2023). Creating failure-safe learning environments through educational gamification: Impacts on elementary students' resilience. *Educational Technology & Society*, 26(2), 142–156. [https://doi.org/10.30191/ETS.202304_26\(2\).0011](https://doi.org/10.30191/ETS.202304_26(2).0011)
- Aritonang, K. T. (2021). Kecemasan tes dan dampaknya terhadap motivasi belajar siswa sekolah dasar. *Jurnal Psikologi Pendidikan Dasar*, 9(2), 115–124. <https://doi.org/10.21009/JPPD.092.03>
- Guetterman, T. C., Fetters, M. D., & Creswell, J. W. (2021). Integrating quantitative and qualitative results in mixed methods research: The role of joint displays. *Journal of Mixed Methods Research*, 15(2), 150–168. <https://doi.org/10.1177/1558689820982882>
- Holmes, W., & Tuomi, I. (2022). State of the art and practice in AI in education. *European Journal of Education*, 57(4), 542–570. <https://doi.org/10.1111/ejed.12533>
- Luo, H., Li, G., & Wan, Z. (2022). The impact of gamified learning environments on elementary students' learning engagement and cognitive load. *Educational Technology Research and Development*, 70(3), 891–912. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10102-1>
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2021). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook* (4th ed.). SAGE Publications.
- Pardo, A., Jovanovic, J., & Dawson, S. (2022). Exploring student emotional responses and cognitive loads in adaptive digital learning spaces. *Journal of Computer Assisted Learning*, 38(2), 401–416. <https://doi.org/10.1111/jcal.12618>
- Pratama, A., Rahayu, S., & Kurniawan, D. (2022). Analisis kebutuhan pembelajaran terdiferensiasi pada siswa sekolah dasar. *Jurnal Inovasi Kurikulum*, 19(1), 45–56. <https://doi.org/10.17509/jik.v19i1.43210>
- Sailer, M., & Homner, L. (2020). The gamification of learning: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 32(1), 77–112. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09498-w>
- Santrock, J. W. (2021). *Life-span development* (18th ed.). McGraw-Hill Education.
- Schoen, R. C., & Miller, G. (2022). Gamified adaptive learning in primary mathematics: Long-term retention and attitude shift. *Journal for Research in Mathematics Education*, 53(4), 310–332. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc-2020-0112>
- Tomlinson, C. A. (2022). *Everybody's classroom: Differentiating instruction in the elementary grades*. Teachers College Press.
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2021). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher and primary education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 18(1), Article 15. <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00257-2>
- Zhao, L., & Hwang, G. J. (2021). AI in primary education: Evaluating academic performance and emotional engagement using mixed-methods. *Computers & Education*, 168, Article 104192. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104192>