

Implementasi *Game* Edukasi RPG 2D Pengenalan Unsur Kimia Berbasis Android

Afrizal Rachmatulloh^{1*}, Sigit Sugiyanto¹, Tito Pinandita¹, Supriyono¹

¹ Program Studi Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Purwokerto, Indonesia

* Corresponding author: afrizalrachmatulloh13@gmail.com

Sitasi: A. Rachmatulloh, S. Sugiyanto, T. Pinandita, and S. Supriyono, "Implementasi *Game* Edukasi RPG 2D Pengenalan Unsur Kimia Berbasis Android," *Jurnal Teknologi Informasi dan Multimedia*, vol. 8, no. 4, pp. 985–998, 2026.

Diterima : 10-08-2026
Direvisi : 11-09-2026
Disetujui : 25-09-2026
Diterbitkan : 02-10-2026

Copyright: © 2026 oleh para penulis. Karya ini dilisensikan di bawah Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International License.

Abstrak. Pembelajaran materi Klasifikasi Zat pada jenjang Sekolah Menengah Pertama (SMP) memerlukan media yang mampu mendukung keterlibatan siswa melalui aktivitas belajar interaktif. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun *EduChem Adventure*, *game* edukasi berbasis Android dengan konsep *2D Top-Down Role-Playing Game* (RPG) yang mengintegrasikan materi Klasifikasi Zat ke dalam mekanisme eksplorasi dan *turn-based battle* berbasis soal. Jawaban benar mengurangi *health point* (HP) musuh, sedangkan jawaban salah mengurangi HP pemain, sehingga aktivitas menjawab soal menjadi bagian langsung dari *gameplay*. Pengembangan menggunakan *Game Development Life Cycle* (GDLC) yang meliputi tahap *Initiation*, *Pre-Production*, *Production*, *Testing*, *Beta*, dan *Release*. Evaluasi dilakukan melalui *Black Box Testing*, validasi ahli media dan materi, serta *Usability Testing* terhadap 30 siswa SMP. Hasil *Black Box Testing* menunjukkan seluruh 15 skenario fungsi berjalan sesuai keluaran yang diharapkan. Validasi ahli media memperoleh nilai 84,00% dengan kategori Baik dan ahli materi 96,00% dengan kategori Sangat Baik. Pengujian *usability* memperoleh nilai rata-rata 81,47% dengan kategori Sangat Baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *EduChem Adventure* berfungsi sesuai rancangan, memperoleh penilaian positif dari ahli, dan diterima dengan baik oleh pengguna sehingga layak digunakan sebagai media pembelajaran pendukung materi Klasifikasi Zat.

Kata kunci: *Game* Edukasi; *2D Top-Down RPG*; Klasifikasi Zat

Abstract. Learning substance classification at the junior high school level requires instructional media that can support student engagement through interactive learning activities. This study aims to design and develop *EduChem Adventure*, an Android-based educational game adopting a *2D Top-Down Role-Playing Game* (RPG) concept that integrates substance classification content into exploration and question-based *turn-based battle* mechanics. Correct answers reduce the enemy's health point (HP), while incorrect answers reduce the player's HP, making question answering an integral part of the *gameplay*. The game was developed using the *Game Development Life Cycle* (GDLC), consisting of *Initiation*, *Pre-Production*, *Production*, *Testing*, *Beta*, and *Release* stages. Product evaluation was conducted through *Black Box Testing*, media and subject-matter expert validation, and *Usability Testing* involving 30 junior high school students. The *Black Box Testing* results showed that all 15 tested functional scenarios operated according to the expected outcomes. Media expert validation achieved 84.00%, categorized as Good, while subject-matter expert validation achieved 96.00%, categorized as Very Good. The usability evaluation obtained an average score of 81.47%, categorized as Very Good. These results indicate that *EduChem Adventure* functions according to its design, receives positive expert evaluations, and is well accepted by users. Therefore, *EduChem Adventure* is considered feasible as a supplementary learning medium for substance classification.

Keywords: Educational Game; *2D Top-Down RPG*; Substance Classification

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi *mobile* telah membuka peluang pemanfaatan perangkat digital sebagai media pembelajaran yang lebih interaktif. Ketersediaan *smartphone* yang semakin luas memungkinkan proses pembelajaran tidak hanya berlangsung melalui media konvensional, tetapi juga melalui aplikasi berbasis permainan yang dapat digunakan secara fleksibel [1]. *Game* edukasi merupakan salah satu bentuk media digital yang mengintegrasikan konten pembelajaran ke dalam mekanisme permainan sehingga pengguna dapat terlibat secara aktif dalam proses belajar [2]. Pendekatan *game-based learning* dilaporkan memberikan dampak positif terhadap keterlibatan, motivasi, dan hasil belajar peserta didik [3].

Salah satu genre yang dapat diterapkan dalam *game* edukasi adalah *Role-Playing Game* (RPG). Genre ini memungkinkan pemain menjalankan karakter, menjelajahi lingkungan permainan, menghadapi tantangan, serta memperoleh perkembangan selama permainan [4]. Perspektif *2D Top-Down RPG* menampilkan lingkungan permainan dari sudut pandang atas sehingga pemain dapat melakukan eksplorasi dan berinteraksi dengan berbagai objek secara sederhana. Sementara itu, mekanisme *turn-based battle* memberikan kesempatan kepada pemain untuk menentukan tindakan secara bergiliran. Dalam konteks pembelajaran, mekanisme tersebut dapat digunakan untuk mengintegrasikan soal ke dalam proses pertempuran sehingga jawaban pemain memengaruhi jalannya permainan [5].

Penerapan media pembelajaran interaktif relevan dengan pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam (IPA), khususnya materi Klasifikasi Zat. Materi tersebut merupakan bagian dari pembelajaran IPA dalam Kurikulum Merdeka [6]. Pembelajaran konsep kimia memiliki tantangan karena beberapa konsep bersifat abstrak dan membutuhkan kemampuan siswa dalam memahami serta membedakan karakteristik suatu zat. Keabstrakan konsep kimia dapat menjadi salah satu penyebab kesulitan belajar dan miskonsepsi siswa [7].

Sejumlah penelitian telah mengembangkan *game* sebagai media pembelajaran IPA maupun kimia. Pengembangan *game* edukasi berbasis RPG dilaporkan dapat mendukung motivasi belajar siswa [8], sedangkan penelitian lain menunjukkan kelayakan *game* 2D sebagai media pembelajaran IPA [9]. Namun, berdasarkan penelitian terdahulu yang ditelaah, mekanisme soal pada *game* edukasi masih banyak ditempatkan sebagai kuis terpisah dari mekanisme utama permainan [10]. Selain itu, penerapan kombinasi eksplorasi *2D Top-Down RPG* dan *turn-based battle* berbasis soal untuk materi Klasifikasi Zat masih terbatas.

Berdasarkan permasalahan dan kesenjangan penelitian tersebut, penelitian ini mengembangkan *EduChem Adventure*, yaitu *game* edukasi *mobile* bergenre *2D Top-Down RPG* yang mengintegrasikan materi Klasifikasi Zat ke dalam mekanisme eksplorasi dan *turn-based battle* berbasis soal. Dalam permainan, pemain menjelajahi area permainan dan menghadapi musuh melalui pertempuran yang menampilkan soal pilihan ganda. Jawaban yang benar akan mengurangi *health point* (HP) musuh, sedangkan jawaban yang salah akan mengurangi HP pemain. Dengan mekanisme tersebut, aktivitas menjawab soal menjadi bagian langsung dari *gameplay*, bukan sekadar kuis yang berdiri sendiri. *Game* juga menyediakan materi pembelajaran yang mencakup logam, non-logam, metaloid, gas mulia, halogen, dan alkali.

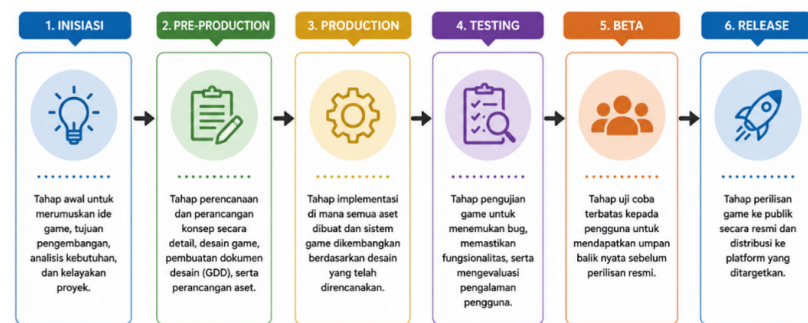
Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun *game* edukasi *EduChem Adventure* sebagai media pembelajaran interaktif materi Klasifikasi Zat dengan mengintegrasikan sistem eksplorasi *2D Top-Down RPG* dan mekanisme *turn-based battle* berbasis soal. Selain itu, penelitian ini bertujuan menguji fungsionalitas *game* melalui *Black Box Testing* serta mengukur tingkat penerimaan pengguna melalui *Usability Testing* terhadap siswa SMP.

2. Bahan dan Metode

2.1. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) yang bertujuan menghasilkan dan memvalidasi produk teknologi pendidikan berupa *game* edukasi *mobile* berjudul *EduChem Adventure* [11]. Proses pengembangan dilaksanakan menggunakan model *Game Development Life Cycle* (GDLC) yang dikemukakan oleh Ramadan dan Widyani (2013), dipilih karena secara eksplisit mengakomodasi aspek kreativitas, desain *gameplay*, seni visual, dan pengalaman pengguna yang menjadi karakteristik inheren dalam pengembangan *game* melampaui kemampuan model SDLC konvensional [12].

2.2. Metode Pengembangan Game Development Life Cycle (GDLC)



Gambar 1. Tahapan *Game Development Life Cycle* (GDLC) [13]

Keenam tahap GDLC yang diterapkan dalam penelitian ini beserta keluaran utamanya diuraikan secara ringkas pada Tabel 1.

Tabel 1. Ringkasan Tahapan GDLC dan Keluaran Penelitian

Tahap	Kegiatan Utama	Keluaran (Output)
<i>Initiation</i>	Analisis kebutuhan pembelajaran, identifikasi materi Klasifikasi Zat, penetapan genre RPG dan platform target.	<i>Game concept document</i> ; daftar kebutuhan fungsional dan non-fungsional.
<i>Pre-Production</i>	Penyusunan <i>Game Design Document</i> (GDD): desain sistem mekanik, <i>flowchart</i> , <i>use case</i> , <i>activity diagram</i> , rancangan UI/UX, dan database soal format JSON.	GDD; <i>wireframe</i> antarmuka; struktur database soal.
<i>Production</i>	Implementasi penuh seluruh elemen GDD menggunakan <i>Construct 3</i> , mencakup sistem eksplorasi, <i>turn-based battle</i> , progression, dan seluruh scene antarmuka.	Produk <i>game EduChem Adventure</i> versi alpha.
<i>Testing</i>	Pengujian alpha internal menggunakan <i>Black Box Testing</i> terhadap seluruh fitur fungsional. Bug yang ditemukan diperbaiki sebelum melanjutkan ke tahap Beta.	Laporan <i>Black Box Testing</i> ; produk yang telah diperbaiki.
<i>Beta</i>	Validasi ahli media dan materi (angket Likert 1–5); uji coba terbatas kepada 30 siswa SMP kelas VII sebagai responden untuk pengumpulan data <i>usability</i> .	Hasil angket validasi ahli; data kuesioner respons siswa.
<i>Release</i>	Ekspor produk ke format APK (Android) dan HTML5 menggunakan fitur ekspor <i>Construct 3</i> ; distribusi kepada responden; analisis data akhir.	Produk final <i>EduChem Adventure</i> siap digunakan sebagai media pembelajaran.

2.3. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui empat metode. Pertama, studi literatur terhadap artikel jurnal ilmiah (2020–2025), buku referensi, dan dokumentasi teknis *Construct 3* untuk membangun landasan konseptual pengembangan. Kedua, observasi lapangan pada tahap Initiation guna mengidentifikasi kondisi pembelajaran Klasifikasi Zat dan selama sesi uji coba untuk merekam perilaku pengguna secara naturalistik. Ketiga, kuesioner angket berskala Likert 1–5 yang diberikan kepada validator ahli (media dan materi) serta siswa responden. Keempat, dokumentasi berupa tangkapan layar, catatan pengujian, dan rekaman sesi uji coba sebagai data triangulasi.

2.4. Teknik Pengujian Sistem

Penelitian ini menggunakan tiga metode pengujian, yaitu *Black Box Testing*, validasi ahli, dan *Usability Testing*. Ketiga pengujian tersebut digunakan untuk mengevaluasi aspek fungsionalitas sistem, kelayakan media dan materi, serta penerimaan pengguna terhadap *game EduChem Adventure*.

Black Box Testing dilaksanakan pada tahap Testing dalam *Game Development Life Cycle* (GDLC) untuk memverifikasi kesesuaian fungsi *game* berdasarkan kebutuhan fungsional yang telah ditetapkan tanpa memperhatikan struktur internal program. Pengujian dilakukan terhadap fitur-fitur utama, meliputi navigasi antarmuka, pemilihan level, eksplorasi, *collision detection*, *enemy encounter*, mekanisme *battle*, soal pilihan ganda, sistem *health point* (HP), *Victory Screen*, *Game Over Screen*, dan penyimpanan progres. Setiap skenario pengujian dinyatakan berhasil apabila keluaran sistem sesuai dengan hasil yang diharapkan. Persentase keberhasilan pengujian dihitung menggunakan [Persamaan \(1\)](#).

$$PBB = \frac{Nb}{Nt} \times 100\% \quad (1)$$

dengan *PBB* adalah persentase keberhasilan *Black Box Testing*, *Nb* adalah jumlah skenario pengujian yang berhasil, dan *Nt* adalah jumlah seluruh skenario pengujian. Pada penelitian ini terdapat 15 fitur yang diuji melalui *Black Box Testing*.

Validasi ahli dilakukan untuk menilai kelayakan *EduChem Adventure* dari aspek media dan materi. Validasi melibatkan satu ahli media dengan bidang keahlian Teknik Informatika dan satu ahli materi dengan bidang keahlian IPA. Instrumen validasi masing-masing terdiri atas 15 butir pernyataan dengan skala Likert 1–5. Validasi ahli media mencakup aspek tampilan, navigasi, *gameplay*, teknis, dan kelayakan media, sedangkan validasi ahli materi mencakup kesesuaian materi, kebenaran materi, penyajian materi, kualitas soal, bahasa, dan kelayakan materi. Instrumen menggunakan skor 1 = Sangat Kurang, 2 = Kurang, 3 = Cukup, 4 = Baik, dan 5 = Sangat Baik. Persentase hasil validasi ahli dihitung menggunakan [Persamaan \(2\)](#).

$$P = \frac{S}{S_{\max}} \times 100\% \quad (2)$$

dengan *P* adalah persentase kelayakan, *S* adalah jumlah skor yang diperoleh, dan *S_{max}* adalah skor maksimum. Karena masing-masing instrumen terdiri atas 15 butir dengan skor tertinggi 5, skor maksimum untuk setiap validator adalah 75.

Usability Testing dilakukan pada tahap Beta dengan melibatkan 30 siswa SMP sebagai pengguna. Instrumen pengujian terdiri atas 20 butir pernyataan dengan skala Likert 1–5 yang mencakup lima aspek, yaitu Tampilan, Kemudahan Penggunaan, Materi Pembelajaran, *Gameplay*, dan Kepuasan Pengguna. Setiap jawaban diberi skor 1 untuk Sangat Tidak Setuju, 2 untuk Tidak Setuju, 3 untuk Netral, 4 untuk Setuju, dan 5 untuk Sangat Setuju. Data dianalisis menggunakan statistik deskriptif dalam bentuk persentase dengan [Persamaan \(3\)](#).

$$P = \frac{S}{S_{\max}} \times 100\% \quad (3)$$

Skor maksimum untuk pengujian *usability* dihitung menggunakan [Persamaan \(4\)](#).

$$S_{\max} = N \times I \times 5 \quad (4)$$

dengan N adalah jumlah responden, I adalah jumlah butir pernyataan yang dianalisis, dan 5 merupakan skor tertinggi pada skala Likert. Hasil persentase kemudian dikonversikan ke kategori penilaian yang digunakan dalam penelitian. Kriteria minimum kelayakan ditetapkan pada kategori Baik, yaitu persentase $\geq 68,1\%$.

3. Hasil

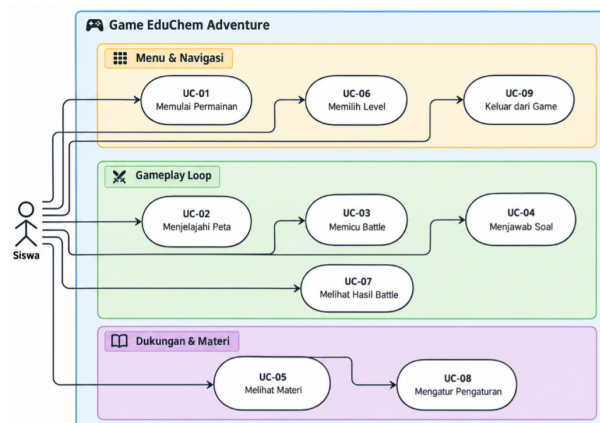
3.1. Tahap Initiation

Tahap inisiasi mengidentifikasi tiga kebutuhan instruksional utama untuk pembelajaran Klasifikasi Zat: pertama, representasi visual yang menghubungkan level makroskopik dengan submikroskopik untuk konsep-konsep abstrak; kedua, pembelajaran relasional antar-konsep bukan sekadar hafalan; ketiga, mekanisme umpan balik instan untuk mendorong refleksi berkelanjutan. Analisis pengguna menargetkan siswa SMP kelas VIII dengan profil: familiaritas tinggi terhadap smartphone namun motivasi intrinsik rendah pada sains abstrak.

Genre Role-Playing Game dipilih dengan empat justifikasi pedagogis: (1) narasi yang mengontekstualisasi pembelajaran dalam cerita koheren, (2) eksplorasi yang memfasilitasi pembelajaran situasional, (3) visualisasi kemajuan melalui sistem pengembangan karakter, (4) perspektif *Top-Down* yang mengoptimalkan antarmuka *mobile* dengan efisiensi kognitif. Mekanisme *turn-based battle* dipilih untuk memberi waktu pemrosesan kognitif yang memadai kontras dengan real-time yang meningkatkan beban kognitif dan mengalihkan fokus dari konten pembelajaran [14]. *Platform Construct 3* dipilih karena fleksibilitas ekspor Android/HTML5, validasi pada penelitian sebelumnya di SMP, dan memungkinkan iterasi pengembangan efisien.

3.2. Tahap Pre-Production

Tahap *Pre-Production* menghasilkan *Game Design Document* (GDD) yang menjadi acuan pengembangan *game EduChem Adventure*. GDD memuat rancangan alur sistem, kebutuhan fungsional, interaksi pengguna dengan sistem, serta *storyboard* antarmuka sebelum proses implementasi dilakukan. Desain ini menciptakan alignment sempurna antara penguasaan materi dan kesuksesan permainan mekanisme sejalan dengan prinsip *game-based learning* bahwa tantangan harus tertanam dalam alur permainan, bukan terpisah sebagai kuis [15]. Artefak yang dihasilkan pada tahap ini meliputi *use case diagram* dan *storyboard* antarmuka seperti yang terlihat pada [Gambar 2](#)



Gambar 2. Use Case Game EduChem Adventure

Gambar 2 memperlihatkan interaksi antara pemain dan sistem. Pemain dapat mengakses materi pembelajaran, memulai permainan, menjelajahi area, menjawab soal pada *mode battle*, serta menyelesaikan level untuk membuka area berikutnya.

Tabel 2. Storyboard *Game EduChem Adventure*

No	Storyboard	Gambar
1	Main Menu	 Halaman awal yang menampilkan logo <i>game</i> dan menu utama (<i>Start Game</i>, Cara Bermain, Materi, Informasi, <i>Exit</i>).
2	Level Selection	 Halaman untuk memilih level yang telah terbuka sebelum memulai permainan.
3	Eksplorasi	 Pemain menjelajahi peta dan objek, serta mencari musuh untuk membuka level berikutnya.
4	Turn-Based Battle	 Pemain menjawab soal pilihan ganda untuk menyerang musuh. Jawaban benar mengurangi HP musuh, jawaban salah mengurangi HP pemain.
5	Victory / Game Over	 Menampilkan hasil permainan dan membuka level berikutnya atau mengulang permainan.

3.3. Tahap Production

Implementasi menggunakan *Construct 3 event system* menghasilkan lima komponen fungsional utama.

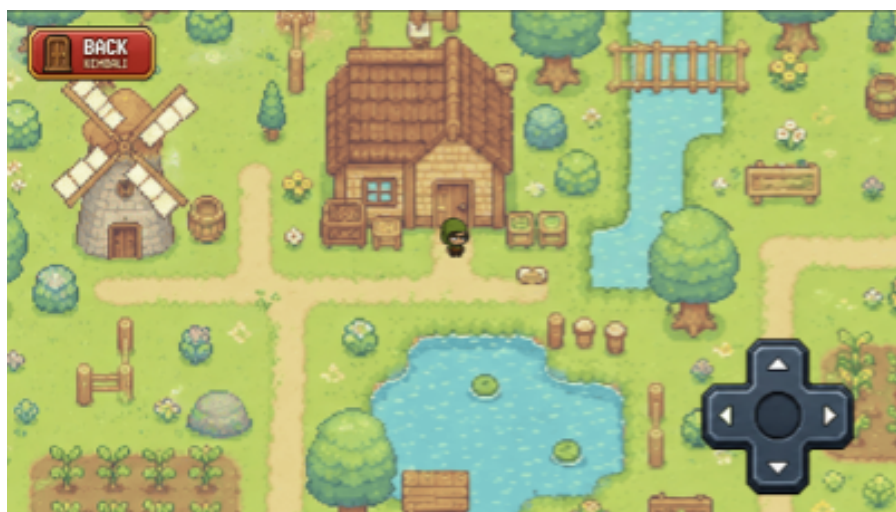
3.3.1. Sistem Eksplorasi dan Navigasi

Menu utama menyediakan akses ke Mode Permainan, Menu Materi, dan Cara bermain. Sistem eksplorasi interaktif mengimplementasikan deteksi *collision* dan *trigger zone*. Pembelajaran dengan eksplorasi bebas mendorong *discovery learning* di mana siswa memiliki kendali atas urutan materi sejalan dengan konstruktivisme yang menekankan kontrol learner [16].



Gambar 3. Implementasi sistem eksplorasi dan navigasi pada *EduChem Adventure*.

Implementasi sistem eksplorasi dan navigasi pada *EduChem Adventure* ditunjukkan pada **Gambar 3**, yang terdiri atas (a) Main Menu Main Menu berfungsi sebagai pusat navigasi yang menyediakan akses ke fitur utama permainan, yaitu memulai permainan, melihat panduan, mempelajari materi, melihat informasi aplikasi, dan keluar dari permainan, (b) Menu Materi Menu Materi menyajikan enam submateri klasifikasi zat, yaitu logam, non-logam, metaloid, gas mulia, halogen, dan alkali, yang dilengkapi dengan ringkasan konsep, ciri-ciri, contoh unsur, serta fakta menarik sebagai bekal sebelum pemain memasuki permainan, dan (c) Halaman Cara Bermain memberikan panduan mengenai mekanisme dasar permainan, meliputi pergerakan karakter, eksplorasi lingkungan, dan sistem pertempuran berbasis soal.



Gambar 4. Implementasi sistem eksplorasi permainan

Gambar 4 menunjukkan implementasi sistem eksplorasi dalam *EduChem Adventure*. Pada tahap ini, pemain mengendalikan karakter untuk menjelajahi lingkungan permainan menggunakan tombol navigasi virtual, berinteraksi dengan objek maupun NPC, serta menemukan portal sebagai akses menuju area berikutnya. Mekanisme eksplorasi dirancang untuk meningkatkan keterlibatan pemain dalam proses pembelajaran melalui aktivitas penjelajahan yang terintegrasi dengan alur permainan, sehingga menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan menarik.

3.3.2. Sistem Turn-Based Battle Berbasis Soal

Core mechanic dimana setiap giliran menampilkan soal Klasifikasi Zat dengan empat opsi jawaban. Jawaban benar menghasilkan damage pada musuh dan jawaban salah menyebabkan counterattack. Sistem ini mengubah *recall practice* dari aktivitas pasif menjadi *effortful retrieval* dengan konsekuensi langsung penelitian memory retention membuktikan praktik semacam ini menghasilkan *learning gains* lebih persistent [17].



Gambar 5. Implementasi mekanisme *turn-based battle* berbasis soal

Gambar 5 menunjukkan implementasi sistem *turn-based battle* pada *EduChem Adventure*. Pada tahap ini, pemain harus menjawab pertanyaan terkait materi klasifikasi zat untuk melakukan serangan kepada musuh. Jawaban yang benar akan mengurangi *Health Point* (HP) musuh, sedangkan jawaban yang salah memberikan kesempatan kepada musuh untuk melakukan serangan balik. Mekanisme ini mengintegrasikan evaluasi materi ke dalam *gameplay* sehingga proses belajar berlangsung secara interaktif dan meningkatkan motivasi pemain.

3.3.3. Sistem Progression dan Level Unlock

Setiap area selanjutnya dikunci hingga siswa mencapai *threshold battle win*. Mekanisme ini menciptakan *achievement structure* yang meningkatkan *intrinsic motivation* melalui *sense of competence* dan *autonomy* [18].

3.4. Tahap Testing

3.4.1. Pengujian Black Box

Pengujian *Black Box* dilakukan untuk memverifikasi bahwa fitur-fitur utama *EduChem Adventure* berjalan sesuai dengan kebutuhan fungsional yang telah ditetapkan. Pengujian dilakukan terhadap 15 fitur yang mencakup navigasi antarmuka, pemilihan level, eksplorasi, deteksi tabrakan, pertemuan dengan musuh, mekanisme *battle*, validasi soal, sistem *health point* (HP), tampilan kemenangan dan *game over*, serta penyimpanan progres. Setiap skenario dinyatakan berhasil apabila keluaran aktual sesuai dengan hasil yang diharapkan.

Tabel 3. Hasil Pengujian *Black Box EduChem Adventure*

No	Fitur yang Diuji	Ringkasan Hasil Pengujian	Status
1	Main Menu	Main Menu ditampilkan dan seluruh tombol navigasi aktif	Berhasil
2	Tombol <i>Start Game</i>	Berpindah ke halaman <i>Level Select</i>	Berhasil
3	Tombol Materi	Menampilkan enam submateri Klasifikasi Zat	Berhasil

No	Fitur yang Diuji	Ringkasan Hasil Pengujian	Status
4	Tombol <i>Cara Bermain</i>	Menampilkan panduan kontrol, eksplorasi, dan battle	Berhasil
5	Tombol Exit	Menutup sesi permainan	Berhasil
6	<i>Level Select</i>	Memuat area sesuai level yang dipilih	Berhasil
7	Eksplorasi Karakter	Karakter bergerak empat arah dan kamera mengikuti	Berhasil
8	<i>Collision Detection</i>	Karakter tidak melewati objek solid atau batas peta	Berhasil
9	<i>Enemy Encounter</i>	Kontak dengan musuh memicu transisi ke scene battle	Berhasil
10	<i>Battle System</i>	Mekanisme soal dan perubahan HP berjalan sesuai logika	Berhasil
11	Soal Pilihan Ganda	Validasi jawaban dan umpan balik benar/salah tampil	Berhasil
12	Sistem HP	HP pemain dan musuh berubah sesuai damage	Berhasil
13	<i>Victory Screen</i>	Tampil ketika HP musuh mencapai nol	Berhasil
14	<i>Game Over Screen</i>	Tampil ketika HP pemain habis	Berhasil
15	Penyimpanan Progres	Status progres tetap tersimpan saat <i>game</i> dibuka kembali	Berhasil

Berdasarkan [Section 3.4.1](#), seluruh 15 fitur yang diuji memperoleh status Berhasil. Dengan demikian, tingkat keberhasilan pengujian *Black Box* adalah 100%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa fungsi-fungsi yang diuji telah berjalan sesuai dengan keluaran yang diharapkan. Temuan ini dibatasi pada skenario pengujian yang tercantum dan tidak dimaksudkan untuk menyatakan bahwa aplikasi bebas dari seluruh kemungkinan kesalahan pada kondisi penggunaan lain.

3.5. Tahap Beta

Tahap Beta dilakukan untuk mengevaluasi kelayakan produk dari perspektif ahli serta penerimaan pengguna akhir. Evaluasi pada tahap ini terdiri atas validasi ahli media dan ahli materi, kemudian dilanjutkan dengan *Usability Testing* terhadap 30 siswa SMP.

3.5.1. Validasi Ahli

Validasi ahli dilakukan menggunakan instrumen skala Likert 1–5 yang masing-masing terdiri atas 15 butir pernyataan. Ahli media menilai aspek tampilan, navigasi, *gameplay*, teknis, dan kelayakan media, sedangkan ahli materi menilai kesesuaian materi, kebenaran materi, penyajian materi, kualitas soal, bahasa, dan kelayakan materi. Hasil penilaian dikonversi ke dalam bentuk persentase berdasarkan skor yang diperoleh terhadap skor maksimum.

Tabel 4. Hasil Validasi Ahli *EduChem Adventure*

Validator	Skor Diperoleh	Skor Maksimum	Persentase	Kategori
Ahli Media	63	75	84,00%	Baik
Ahli Materi	72	75	96,00%	Sangat Baik
Rata-rata	-	-	90,00%	Sangat Baik

Berdasarkan [Tabel 4](#), validasi ahli media memperoleh skor 63 dari skor maksimum 75 atau sebesar 84,00% dengan kategori Baik. Penilaian tinggi diperoleh pada daya tarik antarmuka, keterbacaan elemen visual, mekanisme *turn-based battle*, hubungan jawaban dengan perubahan HP, dan umpan balik jawaban. Sementara itu, beberapa butir terkait konsistensi tata letak dan navigasi memperoleh skor yang lebih rendah sehingga menjadi bagian yang masih dapat disempurnakan.

Validasi ahli materi memperoleh skor 72 dari skor maksimum 75 atau sebesar 96,00% dengan kategori Sangat Baik. Penilaian maksimum diberikan pada kesesuaian ruang lingkup materi, kebenaran konsep logam, non-logam, metaloid, gas mulia, halogen, dan alkali, serta ketepatan jawaban dan bahasa. Butir mengenai penyajian materi, contoh unsur, dan kesesuaian pertanyaan *battle* memperoleh

skor 4. Rata-rata kedua hasil validasi adalah 90,00% dengan kategori Sangat Baik, sehingga *EduChem Adventure* memperoleh penilaian positif dari aspek media dan materi.

3.5.2. Pengujian Usability

Usability Testing dilakukan terhadap 30 siswa SMP menggunakan kuesioner 20 butir berskala Likert 1–5. Penilaian mencakup lima aspek, yaitu Tampilan, Kemudahan Penggunaan, Materi Pembelajaran, *Gameplay*, dan Kepuasan Pengguna. Data hasil kuesioner dianalisis secara deskriptif dalam bentuk persentase sesuai persamaan yang telah dijelaskan pada bagian metode.

Tabel 5. Hasil Pengujian *Usability EduChem Adventure*

No	Aspek Penilaian	Persentase	Kategori
1	Tampilan	78,67%	Baik
2	Kemudahan Penggunaan	75,67%	Baik
3	Materi Pembelajaran	83,83%	Sangat Baik
4	<i>Gameplay</i>	83,17%	Sangat Baik
5	Kepuasan Pengguna	86,00%	Sangat Baik
Rata-rata Keseluruhan		81,47%	Sangat Baik

Berdasarkan Tabel 5, pengujian *usability* memperoleh rata-rata keseluruhan sebesar 81,47% dengan kategori Sangat Baik. Aspek Kepuasan Pengguna memperoleh nilai tertinggi sebesar 86,00%, diikuti Materi Pembelajaran sebesar 83,83% dan *Gameplay* sebesar 83,17%, yang termasuk kategori Sangat Baik. Sementara itu, Tampilan memperoleh 78,67% dan Kemudahan Penggunaan memperoleh 75,67%, keduanya berada pada kategori Baik. Tidak terdapat aspek yang memperoleh kategori di bawah Baik, sehingga *game* secara umum dapat diterima dengan baik oleh pengguna pada aspek yang dievaluasi.

3.6. Tahap Release

Tahap *Release* merupakan tahap akhir dalam *Game Development Life Cycle* (GDLC). Pada tahap ini, *EduChem Adventure* difinalisasi setelah melalui pengujian fungsional, validasi ahli, dan pengujian *usability*. Produk akhir disiapkan dalam format Android dan HTML5 agar dapat digunakan pada perangkat *mobile* maupun melalui *web browser* (<https://educhem.pages.dev/>).

Dengan selesainya tahap *Release*, seluruh tahapan GDLC mulai dari *Initiation*, *Pre-Production*, *Production*, *Testing*, *Beta*, hingga *Release* telah dilaksanakan. Produk akhir *EduChem Adventure* kemudian digunakan sebagai media pembelajaran pendukung pada materi Klasifikasi Zat.

4. Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *EduChem Adventure* telah memenuhi tiga lapisan evaluasi produk, yaitu fungsi teknis, kelayakan menurut ahli, dan penerimaan pengguna. Pengujian *Black Box* terhadap 15 skenario fungsional menunjukkan seluruh skenario yang diuji berjalan sesuai hasil yang diharapkan. Pada tahap Beta, validasi ahli media memperoleh nilai 84,00% dengan kategori Baik, sedangkan validasi ahli materi memperoleh nilai 96,00% dengan kategori Sangat Baik. Pengujian *usability* terhadap 30 siswa menghasilkan rata-rata 81,47% dengan kategori Sangat Baik. Ketiga hasil tersebut menunjukkan bahwa produk telah berfungsi sesuai rancangan dan memperoleh penilaian positif dari ahli maupun pengguna. Namun, hasil tersebut perlu dipahami sebagai bukti kelayakan dan penerimaan produk, bukan sebagai bukti peningkatan hasil belajar karena penelitian ini tidak menggunakan desain eksperimen *pre-test* dan *post-test*.

4.1. Kelayakan Fungsional, Media, dan Materi

Keberhasilan seluruh skenario pada pengujian *Black Box* menunjukkan bahwa fungsi utama *game*, seperti navigasi, eksplorasi, *enemy encounter*, mekanisme

battle, perubahan *health point* (HP), tampilan *Victory/Game Over*, dan penyimpanan progres telah bekerja sesuai spesifikasi pada kondisi pengujian yang dilakukan. Hasil ini memberikan dasar teknis untuk melanjutkan evaluasi kepada pengguna. Meskipun demikian, keberhasilan 100% pada skenario yang diuji tidak berarti aplikasi bebas dari seluruh kemungkinan kesalahan, karena *Black Box Testing* hanya memverifikasi fungsi berdasarkan skenario yang telah ditentukan.

Validasi ahli media sebesar 84,00% menunjukkan bahwa *EduChem Adventure* telah memenuhi kelayakan media pada kategori Baik. Penilaian tinggi diberikan pada keterbacaan elemen antarmuka, ukuran teks dan tombol, mekanisme *turn-based battle*, serta kejelasan hubungan antara jawaban soal dan perubahan HP. Di sisi lain, beberapa butir yang berkaitan dengan konsistensi tata letak dan navigasi memperoleh skor lebih rendah. Temuan ini menunjukkan bahwa perbaikan antarmuka sebaiknya diprioritaskan pada konsistensi antar-scene, kejelasan alur navigasi, dan penyederhanaan interaksi awal agar pengguna baru lebih cepat memahami cara bermain.

Validasi ahli materi memperoleh 96,00% dengan kategori Sangat Baik. Nilai tersebut menunjukkan bahwa materi Klasifikasi Zat, termasuk logam, non-logam, metaloid, gas mulia, halogen, dan alkali, dinilai sesuai dan benar secara konseptual. Penilaian terhadap soal juga menunjukkan bahwa jawaban benar dan pilihan pengecoh telah relevan dengan materi yang ditanyakan. Hasil ahli materi ini sejalan dengan penilaian siswa pada aspek Materi Pembelajaran yang mencapai 83,83%, sehingga baik evaluator ahli maupun pengguna memberikan penilaian positif terhadap isi pembelajaran. Pola penggunaan validasi ahli sebelum atau bersamaan dengan uji pengguna juga umum diterapkan pada pengembangan *game* edukasi RPG, termasuk pada penelitian Sandi [10].

4.2. Penerimaan Pengguna Berdasarkan Usability Testing

Rata-rata *usability* sebesar 81,47% menunjukkan bahwa *EduChem Adventure* diterima dengan sangat baik oleh pengguna pada aspek yang diukur. Kepuasan Pengguna memperoleh nilai tertinggi sebesar 86,00%, diikuti Materi Pembelajaran 83,83%, *Gameplay* 83,17%, Tampilan 78,67%, dan Kemudahan Penggunaan 75,67%. Seluruh aspek berada sekurang-kurangnya pada kategori Baik, sehingga tidak terdapat dimensi penilaian yang menunjukkan penolakan pengguna terhadap produk.

Nilai Tampilan sebesar 78,67% dan Kemudahan Penggunaan sebesar 75,67% merupakan dua nilai terendah. Temuan tersebut konsisten dengan validasi ahli media, yang juga memberikan skor lebih rendah pada beberapa butir konsistensi tata letak dan navigasi. Kesamaan pola penilaian dari ahli dan pengguna menunjukkan bahwa peningkatan kualitas antarmuka serta kemudahan navigasi merupakan prioritas pengembangan berikutnya. Dalam konteks *usability*, kemudahan pengguna mempelajari dan menggunakan antarmuka merupakan salah satu komponen penting karena berpengaruh pada seberapa cepat pengguna baru dapat beradaptasi dengan sistem [14].

Sebaliknya, nilai tinggi pada Materi Pembelajaran dan *Gameplay* menunjukkan bahwa integrasi konten pembelajaran tidak menghilangkan unsur permainan yang dirasakan pengguna. Materi memperoleh 83,83%, sedangkan *Gameplay* mencapai 83,17%. Hasil tersebut penting karena *game* edukasi membutuhkan keseimbangan antara tujuan pembelajaran dan pengalaman bermain; apabila salah satu terlalu dominan, media berisiko berubah menjadi kuis biasa atau sebaliknya menjadi permainan yang konten edukasinya hanya bersifat tambahan. Kepuasan Pengguna sebesar 86,00% memperkuat indikasi bahwa kombinasi fitur yang diterapkan dapat diterima oleh siswa sebagai satu pengalaman penggunaan yang utuh.

4.3. Integrasi Gameplay dan Pembelajaran

Karakteristik utama *EduChem Adventure* terletak pada integrasi soal ke dalam mekanisme *turn-based battle*. Pemain tidak hanya membuka halaman kuis,

tetapi harus menjawab pertanyaan sebagai bagian dari tindakan dalam pertempuran. Jawaban benar menyebabkan HP musuh berkurang, sedangkan jawaban salah menyebabkan pemain menerima serangan. Dengan demikian, aktivitas menjawab soal mempunyai konsekuensi langsung terhadap progres permainan. Desain tersebut membedakan evaluasi pembelajaran dalam *game* dari kuis yang berdiri terpisah dari *gameplay* utama.

Hasil *usability* pada aspek Materi Pembelajaran dan *Gameplay* yang sama-sama berada pada kategori Sangat Baik menunjukkan bahwa integrasi tersebut dapat diterima oleh pengguna. Temuan ini selaras dengan kajian *game-based learning* pada pendidikan kimia yang menunjukkan bahwa efektivitas GBL sangat dipengaruhi oleh karakteristik desain permainan dan integrasi tujuan instruksional ke dalam aktivitas bermain [14]. Penelitian tentang RPG juga menunjukkan potensi genre ini dalam mendukung motivasi dan keterlibatan belajar [5, 15]. Dalam konteks penelitian ini, hasil yang diperoleh belum membuktikan peningkatan capaian kognitif, tetapi menunjukkan bahwa mekanisme pembelajaran yang terintegrasi dengan eksplorasi dan pertempuran dapat diterapkan tanpa menurunkan penerimaan pengguna terhadap materi maupun *gameplay*.

Keberadaan menu Materi sebelum dan selama permainan juga memberikan fungsi pendukung terhadap mekanisme *battle*. Pengguna memperoleh sumber ringkas mengenai enam kategori materi yang kemudian diterapkan ketika menjawab soal. Urutan tersebut membentuk alur belajar berupa mempelajari materi, menerapkan pengetahuan dalam permainan, dan menerima umpan balik setelah jawaban diberikan. Dengan desain ini, *EduChem Adventure* berperan sebagai media pembelajaran pendukung yang menggabungkan penyajian materi dan aktivitas evaluasi dalam satu lingkungan permainan.

4.4. Perbandingan dengan Penelitian Terdahulu dan Kontribusi Penelitian

Hasil penelitian ini berada dalam arah yang sama dengan literatur *game* edukasi yang melaporkan penerimaan positif terhadap penggunaan permainan sebagai media pembelajaran [2]. Pada konteks RPG, penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa genre tersebut dapat digunakan untuk mendukung keterlibatan dan motivasi belajar [5, 15]. Penelitian Sandi [4] juga mengembangkan RPG edukatif untuk konteks IPA, tetapi pada pemetaan penelitian terdahulu yang digunakan dalam penelitian ini mekanisme soal masih ditempatkan sebagai kuis yang terpisah dari *battle*. *EduChem Adventure* mengembangkan pola berbeda dengan menjadikan jawaban benar atau salah sebagai penentu langsung konsekuensi pertempuran.

Kontribusi penelitian ini karena itu bersifat inkremental dan kontekstual, bukan klaim bahwa RPG atau *game-based learning* merupakan pendekatan yang sepenuhnya baru. Berdasarkan kajian penelitian terdahulu yang digunakan, kombinasi eksplorasi *2D Top-Down RPG*, *turn-based battle* berbasis soal, dan materi Klasifikasi Zat masih terbatas. Penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi tersebut dapat direalisasikan sebagai produk yang berfungsi, dinilai layak oleh ahli media dan ahli materi, serta memperoleh penerimaan pengguna yang sangat baik. Penambahan validasi ahli juga memperkuat evaluasi produk karena kelayakan tidak hanya ditinjau dari fungsi teknis dan respons siswa, tetapi juga dari kesesuaian media dan ketepatan konten pembelajaran.

4.5. Keterbatasan dan Implikasi Pengembangan

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu menjadi batas interpretasi hasil. Pengujian pengguna melibatkan 30 siswa sehingga hasil *usability* terutama menggambarkan penerimaan pada kelompok responden yang diuji dan belum dapat digeneralisasikan secara luas. Validasi ahli juga melibatkan satu ahli media dan satu ahli materi, sehingga penelitian berikutnya dapat menambah jumlah validator untuk memperoleh perspektif yang lebih beragam. Selain itu, penelitian belum menggunakan *pre-test* dan *post-test* atau kelompok pembandingan, sehingga belum dapat menyimpulkan bahwa penggunaan *EduChem Adventure*

meningkatkan hasil belajar dibandingkan metode pembelajaran lain.

Implikasi pengembangan berikutnya adalah memperbaiki konsistensi antar-muka dan navigasi, memperluas pengujian pada perangkat dan kelompok siswa yang lebih beragam, serta mengevaluasi dampak pembelajaran secara langsung melalui desain eksperimen. Pengembangan juga dapat memperluas variasi soal dan materi kimia lain dengan tetap mempertahankan prinsip integrasi antara tujuan pembelajaran dan konsekuensi *gameplay*. Dengan perbaikan tersebut, potensi *EduChem Adventure* sebagai media pembelajaran pendukung dapat dievaluasi tidak hanya berdasarkan kelayakan dan penerimaan pengguna, tetapi juga berdasarkan perubahan hasil belajar yang terukur.

5. Kesimpulan

Penelitian ini berhasil menghasilkan *EduChem Adventure*, yaitu *game* edukasi berbasis Android dengan konsep *2D Top-Down RPG* yang mengintegrasikan materi Klasifikasi Zat ke dalam mekanisme eksplorasi dan *turn-based battle* berbasis soal. Proses pengembangan menggunakan *Game Development Life Cycle* (GDLC) yang meliputi tahap *Initiation*, *Pre-Production*, *Production*, *Testing*, *Beta*, dan *Release*. Hasil *Black Box Testing* menunjukkan bahwa seluruh 15 skenario fungsi yang diuji berjalan sesuai dengan hasil yang diharapkan.

Pada tahap Beta, validasi ahli media memperoleh nilai 84,00% dengan kategori Baik, sedangkan validasi ahli materi memperoleh nilai 96,00% dengan kategori Sangat Baik. Pengujian *usability* terhadap 30 siswa SMP menghasilkan nilai rata-rata 81,47% dengan kategori Sangat Baik, dengan nilai Tampilan 78,67%, Kemudahan Penggunaan 75,67%, Materi Pembelajaran 83,83%, *Gameplay* 83,17%, dan Kepuasan Pengguna 86,00%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *EduChem Adventure* memiliki fungsi yang berjalan sesuai rancangan serta memperoleh penilaian positif dari ahli dan pengguna, sehingga layak digunakan sebagai media pembelajaran pendukung pada materi Klasifikasi Zat.

Penelitian ini belum mengukur peningkatan hasil belajar secara langsung. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat menggunakan desain *pre-test* dan *post-test*, melibatkan jumlah responden dan validator yang lebih luas, serta mengembangkan antarmuka dan navigasi berdasarkan hasil evaluasi pengguna dan ahli media.

Pernyataan Penggunaan Artificial Intelligence. Penulis menggunakan OpenAI ChatGPT dan Anthropic Claude untuk membantu penyusunan draf, penyuntingan bahasa, perbaikan struktur penulisan, penerjemahan, serta peningkatan kejelasan naskah. Seluruh keluaran yang dihasilkan oleh AI telah diperiksa, disunting, dan diverifikasi oleh penulis berdasarkan data dan hasil penelitian yang sebenarnya. AI tidak digunakan untuk menghasilkan atau memanipulasi data penelitian. Penulis bertanggung jawab sepenuhnya atas keakuratan, orisinalitas, dan integritas isi artikel.

Pernyataan Kontribusi Penulis. AR berkontribusi dalam konseptualisasi penelitian, penyusunan metodologi, pengembangan dan implementasi sistem, pengumpulan data, analisis hasil penelitian, visualisasi, serta penyusunan dan revisi naskah. SS berkontribusi dalam supervisi penelitian, pengembangan metodologi, validasi, interpretasi hasil, serta peninjauan dan penyuntingan naskah. TP dan S berkontribusi dalam penelaahan kritis, validasi, pemberian masukan terhadap substansi penelitian, serta peninjauan dan penyempurnaan naskah. Seluruh penulis telah membaca, meninjau, dan menyetujui versi akhir artikel serta bertanggung jawab atas isi artikel dan publikasinya.

Pernyataan Konflik Kepentingan. Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan yang berkaitan dengan penelitian, kepengarangan, dan

publikasi artikel ini

Pernyataan Pendanaan. Penelitian ini tidak menerima pendanaan khusus dari lembaga pemerintah, komersial, maupun organisasi nirlaba.

Daftar Pustaka

- [1] Statista, "Number of smartphone users worldwide from 2016 to 2028," 2023. <https://www.statista.com/statistics/330695/number-of-smartphone-users-worldwide/>.
- [2] N. Afidah and F. E. Subekti, "Efektivitas penggunaan game edukasi digital terhadap hasil belajar matematika siswa," *J. Basicedu*, vol. 8, no. 3, pp. 1944–1952, 2024. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v8i3.7564>.
- [3] A. V. Purnama, Y. Arafat, and E. Heldayani, "Pengaruh metode game based learning (gbl) terhadap hasil belajar ipa energi alternatif di sd negeri 02 lahat," *Innovative: Journal Of Social Science Research*, vol. 3, pp. 9040–9050, 2023. <https://j-innovative.org/index.php/Innovative/article/view/3215>.
- [4] F. Sandi, "Pengembangan media pembelajaran game edukasi role playing game (rpg) untuk meningkatkan motivasi belajar siswa pada materi pencemaran lingkungan," *Jurnal Pembelajaran, Bimbingan, Dan Pengelolaan Pendidikan*, vol. 4, no. 8, 2024. <https://doi.org/10.17977/um065.v4.i8.2024.15>.
- [5] M. Rizky, A. Rulyawan, N. C. Wibowo, and E. D. Wahyuni, "Rancang bangun gamifikasi latihan mandiri siswa sma dengan genre rpg," *Innov. J. Soc. Sci. Res.*, vol. 5, no. 1, pp. 5209–5228, 2025. <https://doi.org/10.31004/innovative.v5i1.18080>.
- [6] Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, "Capaian pembelajaran ilmu pengetahuan alam (ipa) fase d," 2022. <https://guru.kemendikdasmen.go.id/kurikulum/referensi-penerapan/capaian-pembelajaran/sd-sma/ilmu-pengetahuan-alam-ipa/fase-d/>.
- [7] E. Ristiyani, P. Kimia, U. Islam, N. Syarif, and H. Jakarta, "Analisis kesulitan belajar kimia siswa di sman x kota tangerang selatan," *J. Penelitian dan Pembelajaran IPA*, vol. 2, no. 1, pp. 18–29, 2016. <http://dx.doi.org/10.30870/jppi.v2i1.431>.
- [8] A. Rahwati, Y. Soepriyanto, and A. Wedi, "Pengembangan game edukasi rpg mata pelajaran ipa pada siswa smp," *Epistema*, vol. 6, no. 2, pp. 1–14, 2025. <https://doi.org/10.21831/ep.v6i2.89383>.
- [9] M. Lamada, M. Mustamin, and M. Maulidina, "Pengembangan game edukasi tata surya menggunakan construct 3 berbasis android," *Information Technology Education Journal*, vol. 1, no. 2, pp. 55–60, 2022. <https://doi.org/10.59562/intec.v1i2.237>.
- [10] F. Sandi, "Pengembangan game rpg edukatif dan evaluasi motivasi belajar dengan instructional materials motivation survey (imms)," *Pendas J. Ilm. Pendidik. Dasar*, vol. 10, pp. 336–354, 2024. <https://journal.unpas.ac.id/index.php/pendas/article/view/35173>.
- [11] S. Sugiyono, *Metodologi Penelitian Kualitatif Kuantitatif dan R&D*, vol. 69. Bandung CV. Alfabeta, 2019.
- [12] R. Ramadan and Y. Widayani, "Game development life cycle guidelines," in *2013 International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems (ICACSIS)*, pp. 95–100, 2013. <https://doi.org/10.1109/ICACSIS.2013.6761558>.
- [13] S. Wahyu, "Penerapan metode game development life cycle pada pengembangan aplikasi game pembelajaran budi pekerti," *SKANIKA*, vol. 5, no. 1, pp. 82–91, 2022. <https://doi.org/10.36080/skanika.v5i1.2904>.
- [14] Y. Hu, T. Gallagher, P. Wouters, M. van der Schaaf, and L. Kester, "Game-based learning has good chemistry with chemistry education: A three-level meta-analysis," *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 59, no. 9, pp. 1499–1543, 2022. <https://doi.org/10.1002/tea.21765>.
- [15] H.-L. Chen and C.-T. Wu, "A digital role-playing game for learning: effects on critical thinking and motivation," *Interact. Learn. Environ.*, vol. 31, no. 5, pp. 3018–3030, 2023. <https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1916765>.
- [16] P. Dorożyński and K. Dorożyńska, "The role-playing game to increase students' activity and engagement in the teaching process - a pilot study of research & development campaign," *Curr. Pharm. Teach. Learn.*, vol. 14, no. 8, pp. 1046–1052, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.cptl.2022.07.015>.
- [17] P. Brown and D. Brown, "Transformative learning theory in gerontology: Non-traditional students," *Educ. Gerontol.*, 2014. <https://doi.org/10.1080/03601277.2014.950492>.
- [18] R. M. Ryan and E. L. Deci, "Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being," *APA PsycArticles*, vol. 55, no. 1, pp. 68–78, 2000. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68>.