

GAME EDUKASI METAMORFOSIS HEWAN BERBASIS ANDROID SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN DI SDN 41 PALEMBANG

Meliza*¹, Herlambang Saputra², Arif Prambayun³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Komputer Politeknik Negeri Sriwijaya

[1melizarizky789@gmail.com](mailto:melizarizky789@gmail.com), [2herlambang@polsri.ac.id](mailto:herlambang@polsri.ac.id), [3prambayun@polsri.ac.id](mailto:prambayun@polsri.ac.id)

ABSTRACT

Animal metamorphosis requires clear visualization because it involves gradual changes in an animal's body form. The use of technology through educational games can serve as an alternative learning medium that presents learning materials in an interactive and engaging manner. This study aimed to develop an Android-based educational game on animal metamorphosis as a learning medium for third-grade students at SD Negeri 41 Palembang. The game was developed using the Game Development Life Cycle (GDLC) method, which consists of the initiation, pre-production, production, internal testing, and release stages. In addition, the Finite State Machine (FSM) algorithm was implemented to control the behavior of enemy NPCs through the Patrol, Chase, Attack, and Recall states. The results of functional testing, player control testing, and gameplay testing showed that all game features operated according to the design specifications. FSM testing achieved a success rate of 100%, which was categorized as very good. System performance testing using Unity Profiler showed an average frame rate of 115.26 FPS, CPU usage of 9.04 ms, and memory (RAM) usage of 1.18 GB, with no lag or freezing observed during testing. The learning evaluation results showed an increase in the students' average score from 50.77 in the pre-test to 89.85 in the post-test. The average N-Gain score was 0.85 or 85%, which was categorized as high. Based on these results, the developed Android-based educational game on animal metamorphosis was considered effective and feasible for use as a learning medium to help improve third-grade students' understanding of animal metamorphosis at SD Negeri 41 Palembang.

Keywords: Educational Game, Animal Metamorphosis, Android, Game Development Life Cycle, Finite State Machine, N-Gain.

ABSTRAK

Materi metamorfosis hewan memerlukan visualisasi yang jelas karena menjelaskan tahapan perubahan bentuk hewan secara bertahap. Pemanfaatan teknologi melalui permainan edukatif dapat menjadi salah satu alternatif media pembelajaran yang mampu menyajikan materi secara interaktif dan menarik. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan permainan edukatif metamorfosis hewan berbasis Android sebagai media pembelajaran bagi siswa kelas III SD Negeri 41 Palembang. Pengembangan permainan dilakukan menggunakan metode *Game Development*

Life Cycle (GDLC) yang terdiri atas tahap inisiasi, pra-produksi, produksi, pengujian internal, dan rilis. Selain itu, algoritma *Finite State Machine* (FSM) diterapkan pada NPC musuh untuk mengatur perilaku karakter melalui keadaan *Patrol*, *Chase*, *Attack*, dan *Recall*. Hasil pengujian fungsional, pengujian *control player*, dan pengujian *gameplay* menunjukkan bahwa seluruh fitur permainan dapat berjalan sesuai dengan rancangan. Pengujian FSM memperoleh tingkat keberhasilan sebesar 100% dan termasuk dalam kategori sangat baik. Pengujian kinerja sistem menggunakan Unity Profiler menunjukkan bahwa permainan memiliki rata-rata frame rate sebesar 115,26 FPS, penggunaan CPU sebesar 9,04 ms, dan penggunaan memori (RAM) sebesar 1,18 GB tanpa mengalami jeda maupun *freeze* selama pengujian. Hasil evaluasi pembelajaran menunjukkan adanya peningkatan nilai rata-rata siswa dari 50,77 pada *pre-test* menjadi 89,85 pada *post-test*. Nilai rata-rata N-Gain sebesar 0,85 atau 85% termasuk dalam kategori tinggi. Berdasarkan hasil tersebut, permainan edukatif metamorfosis hewan berbasis Android yang dikembangkan dinilai efektif dan layak digunakan sebagai media pembelajaran untuk membantu meningkatkan pemahaman siswa kelas III terhadap materi metamorfosis hewan di SD Negeri 41 Palembang.

Kata Kunci: *Game* Edukasi, Metamorfosis Hewan, Android, *Game Development Life Cycle*, *Finite State Machine*, N-Gain.

A. Pendahuluan

Banyak terjadi perubahan yang signifikan dalam berbagai kehidupan, salah satunya pada sektor pendidikan yang mengalami kemajuan teknologi digital yang sudah mulai memanfaatkan teknologi sebagai sarana pendukung proses pembelajaran. Salah satu teknologi yang sangat dekat dengan kehidupan anak-anak adalah game atau permainan digital. Game menjadi salah satu bentuk hiburan yang sangat diminati oleh siswa, terutama pada usia sekolah dasar. Tampilan yang menarik, interaktif, serta adanya

tantangan dalam permainan membuat siswa merasa lebih tertarik dan termotivasi untuk terus bermain. Ketertarikan siswa terhadap game tersebut dapat dimanfaatkan sebagai salah satu media yang mendukung proses pembelajaran agar lebih menarik dan tidak membuat siswa bosan. Penelitian (Firdaus et al., 2025) menunjukkan bahwa game edukasi sebagai media pembelajaran interaktif dapat membantu siswa memahami konsep pembelajaran yang sulit dipahami melalui metode pembelajaran konvensional serta meningkatkan motivasi belajar siswa.

Konsep pembelajaran melalui permainan dikenal dengan istilah game edukasi, yaitu permainan yang dirancang dengan tujuan untuk menyampaikan materi pembelajaran sehingga siswa dapat memperoleh pengetahuan sambil bermain. Penggunaan game edukasi di tingkat sekolah dasar tidak hanya menjadi lebih kritis dan terstruktur, tetapi juga mendukung pembentukan daya ingat yang kuat serta karakter positif (Sukmawati et al., 2025). Menurut sejumlah peneliti, game edukasi sebagai media pembelajaran berhasil menjadi solusi alternatif yang efektif untuk menangani kendala siswa dalam mencerna materi pelajaran tertentu. Salah satu penelitian (Made et al., 2026) mengenai penggunaan media pembelajaran berbasis game edukasi transform.it pada materi transformasi geometri memperoleh nilai n-gain sebesar 0,64 dari hasil pre-test 33,23 dan post-test 77,38, dapat disimpulkan bahwa penggunaan game edukasi memberikan kontribusi nyata terhadap peningkatan kemampuan pemecahan masalah siswa. Penggunaan media pembelajaran game edukasi kosakata baku dalam bahasa Indonesia di tingkat sekolah

dasar (Riyandana et al., 2022) terbukti mampu meningkatkan hasil belajar siswa dari sebelum menggunakan game sebesar 58,2% menjadi 70,5%.

Salah satu platform paling diminati untuk pengembangan game media pembelajaran adalah berbasis android. Dengan adanya penerapan media pembelajaran interaktif berbasis android tersebut dapat memberikan keaktifan, interaktif pada proses pembelajaran, sehingga dapat meningkatkan hasil belajar siswa (Wulandari & Rayungsari, 2024). Dalam pembelajaran Ilmu Pengetahuan Alam dan Sosial (IPAS) di sekolah dasar, ada salah satu bab penting yaitu tentang metamorfosis hewan. Materi ini membahas proses perubahan bentuk yang dialami makhluk hidup pada berbagai tahap pertumbuhannya. Namun dalam praktiknya, banyak siswa mengalami kesulitan dalam memahami tahapan metamorfosis karena materi tersebut melibatkan perubahan bentuk yang terjadi secara bertahap dan memerlukan visualisasi yang jelas agar mudah dipahami oleh siswa. Penggunaan media pembelajaran yang tepat dapat membantu siswa dalam memahami materi metamorfosis dengan lebih baik.

Media pembelajaran merupakan unsur yang sangat penting dalam meningkatkan hasil belajar siswa, dengan adanya media maka tercipta pembelajaran yang menarik sehingga siswa dengan mudah mencerna apa yang telah di lihat secara jelas (Agustira & Rahmi, 2022).

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara dengan guru di SD Negeri 41 Palembang, pembelajaran materi metamorfosis hewan telah dilaksanakan dengan baik menggunakan buku cetak dan papan tulis sebagai media utama. Namun demikian, pemanfaatan teknologi sebagai media pembelajaran pendukung masih belum banyak diterapkan. Kondisi di sekolah tersebut menunjukkan adanya peluang untuk mengembangkan media pembelajaran yang lebih interaktif berbasis teknologi karena materi metamorfosis hewan menampilkan tahapan perubahan bentuk secara berurutan akan lebih mudah dipahami apabila disajikan dalam bentuk visual yang dinamis. Dengan adanya media yang lebih interaktif, siswa diharapkan dapat lebih terlibat dalam proses pembelajaran sehingga pemahaman terhadap materi dapat meningkat.

Kemudian, diperlukan inovasi dalam pengembangan media pembelajaran yang mampu menarik perhatian siswa, salah satunya melalui pemanfaatan teknologi dalam bentuk game edukasi.

Dalam pengembangan game edukasi ini, digunakan pendekatan algoritma Finite State Machine untuk mengintegrasikan algoritma dalam desain gameplay terutama pada aspek interaksi dan tantangan. Finite State Machine merupakan sebuah metodologi perancangan sistem kontrol yang terdiri dari gambaran tingkah laku atau prinsip sistem dengan menggunakan tiga hal yaitu state (keadaan), event (kejadian), dan action (aksi) (Fernando et al., 2023) Dengan pendekatan algoritma Finite State Machine , alur permainan dapat diatur secara terstruktur sehingga setiap perubahan keadaan dalam game terjadi berdasarkan kondisi dan logika yang jelas. Selain itu, pengembangan game ini juga menerapkan metode Game Development Life Cycle (GDLC) untuk menjamin alur perancangan dan pembangunan berjalan secara sistematis. Selanjutnya, pengujian sistem dilakukan menggunakan metode Black Box Testing untuk

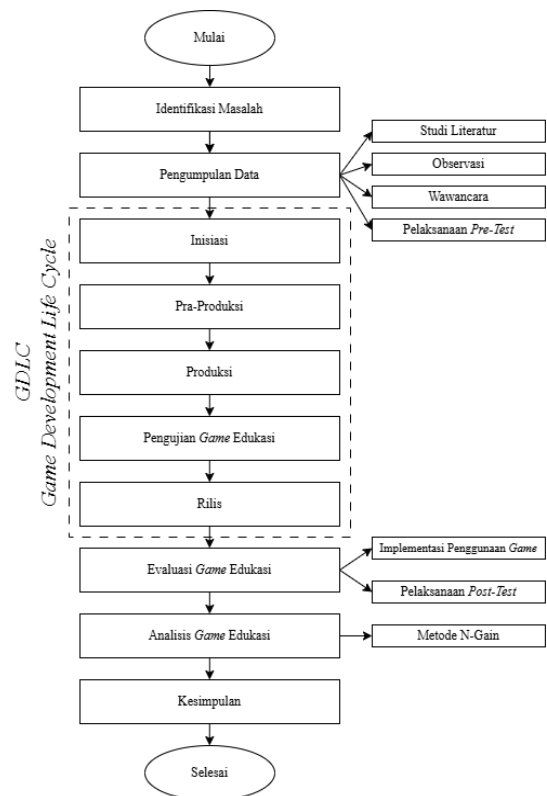
memastikan setiap fungsi aplikasi berjalan dengan baik sedangkan analisis peningkatan hasil belajar siswa dilakukan melalui perbandingan nilai pretest dan posttest menggunakan metode Normalized Gain (N-Gain).

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis mendalam untuk merancang solusi berupa game edukasi metamorfosis hewan berbasis android. Solusi yang diusulkan diharapkan mampu mengatasi keterbatasan sarana pembelajaran konvensional, meningkatkan pemahaman siswa terhadap materi metamorfosis, serta menciptakan pengalaman belajar yang lebih interaktif.

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian kuantitatif dengan dilengkapi metode pengembangan menggunakan Game Development Life Cycle (GDLC) serta penerapan algoritma Finite State Machine pada NPC. Metode GDLC dipilih karena menyediakan tahapan pengembangan yang sistematis mulai dari inisiasi, pra-production, production, alpha testing, hingga

release, sehingga sesuai untuk menghasilkan media pembelajaran yang layak digunakan. Setelah proses pengembangan selesai, efektivitas game dievaluasi menggunakan desain One Group Pre-test and Post-test untuk mengetahui peningkatan pemahaman siswa setelah menggunakan media pembelajaran. Berikut alur penelitian game edukasi tentang materi metamorfosis hewan.



Gambar 1 Kerangka Penelitian

Tahap identifikasi masalah dilakukan untuk menganalisis kondisi pembelajaran materi metamorfosis hewan di SD Negeri 41 Palembang sebagai dasar pengembangan game edukasi berbasis Android. Identifikasi

dilakukan melalui studi pustaka, observasi, dan wawancara sehingga diperoleh informasi mengenai metode pembelajaran yang digunakan, media pembelajaran yang tersedia, serta kendala yang dihadapi guru dan siswa selama proses pembelajaran. Studi pustaka dilakukan dengan mengkaji buku, jurnal ilmiah, artikel, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan media pembelajaran, game edukasi, algoritma Finite State Machine (FSM), Game Development Life Cycle (GDLC), serta materi metamorfosis hewan. Selain itu, materi pembelajaran yang diimplementasikan dalam game mengacu pada buku Siklus Hidup dan Pelestarian Hewan dan Tumbuhan Langka terbitan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (2017) agar sesuai dengan kurikulum sekolah dasar.

Tahap pengumpulan data dilakukan menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi proses pembelajaran, wawancara dengan guru mata pelajaran IPAS, serta pelaksanaan pre-test untuk mengukur kemampuan awal siswa terhadap materi metamorfosis hewan sebelum menggunakan game edukasi.

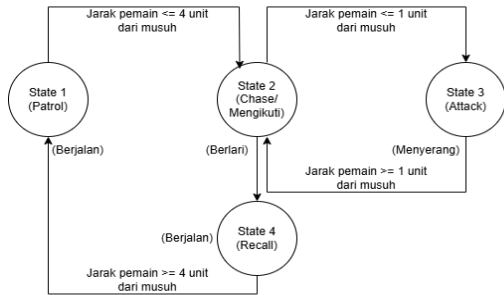
Sementara itu, data sekunder diperoleh dari berbagai referensi ilmiah yang mendukung proses analisis dan pengembangan sistem. Hasil identifikasi masalah dan pengumpulan data digunakan sebagai dasar dalam merancang fitur, materi, serta mekanisme permainan, sedangkan hasil pre-test menjadi acuan untuk mengevaluasi peningkatan pemahaman siswa setelah implementasi game edukasi pada tahap pengujian.

Adapun tahapan dari metode GDLC dalam penelitian ini yaitu:

1. Inisiasi: Pada tahap ini dilakukan proses inisiasi atau perumusan konsep awal dari game edukasi yang akan dikembangkan seperti menentukan konsep, tujuan, fitur, platform, dan perangkat pendukung
2. Pra-Produksi: Pada tahap pra-produksi ini merupakan tahapan perancangan lanjutan dari tahapan inisiasi yang telah dilakukan sebelumnya. melalui perancangan flowchart, wireframe, storyboard, dan game design document sebagai dasar pengembangan

- game edukasi berbasis Android menggunakan Unity.
3. Produksi: Tahap ini merupakan proses penggabungan aset visual, audio yang dibutuhkan dan melakukan penulisan kode (coding) untuk pengembangan game Android menggunakan Unity. Seluruh aset berupa karakter, Non-Player Character (NPC), antarmuka pengguna, audio, serta materi pembelajaran diintegrasikan ke dalam sistem sehingga membentuk game edukasi berbasis Android. Pada tahap ini juga diimplementasikan algoritma Finite State Machine (FSM) untuk mengatur perilaku NPC.
 4. Alpha Testing: Pengujian alpha merupakan tahap pengujian awal yang dilakukan secara internal oleh pengembang dalam proses pengembangan game. Dalam penelitian ini, pengujian meliputi beberapa bagian, yaitu pengujian fungsional, control player test, pengujian alur permainan (gameplay test), pengujian perilaku NPC yang menggunakan algoritma Finite State Machine (FSM) serta performa sistem.
 5. Rilis: Game edukasi akan dirilis setelah sudah diperbaiki dari hasil pengujian dan evaluasi agar aplikasi dapat berjalan dengan baik dan minim kesalahan. Selanjutnya, game dikemas dalam bentuk file Android Package Kit (.apk) sehingga dapat diinstal pada perangkat berbasis sistem operasi Android. File .apk ini kemudian diberikan kepada siswa SD Negeri 41 Palembang agar dapat dengan mudah diunduh, diinstal, serta digunakan sebagai media pembelajaran.
- Algoritma Finite State Machine (FSM) diimplementasikan untuk mengatur perilaku enemy melalui empat state, yaitu Patrol, Chase, Attack, dan Recall. Pada level 1 dan dilevel 3 pada NPC kecil memiliki radius deteksi ≤ 4 px. Artinya, jika pemain berada dalam jarak tersebut, NPC akan berubah dari state patrol menjadi chase. Jika pemain berada ≥ 4 px, maka NPC kembali ke state recall. Pemain akan kehilangan satu nyawa jika tersentuh NPC pada jarak ≤ 1 px. Jika pemain terkena

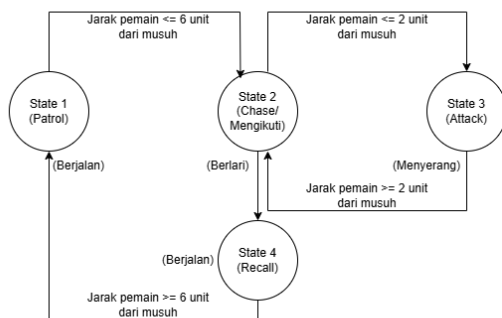
sebanyak tiga kali, maka permainan akan mengulang seperti gambar dibawah ini.



Gambar 2 Diagram FSM Enemy

Level 1 dan Level 3 pada NPC kecil

Pada level 2 sebagai tingkat kesulitan sedang, radius deteksi NPC diperbesar menjadi <= 6 px. Jika jarak pemain >= 6 px, maka NPC kembali ke state recall. Untuk jarak terkena, ditentukan <= 2 px, sehingga peluang pemain terkena menjadi lebih besar dapat dilihat pada gambar ini.

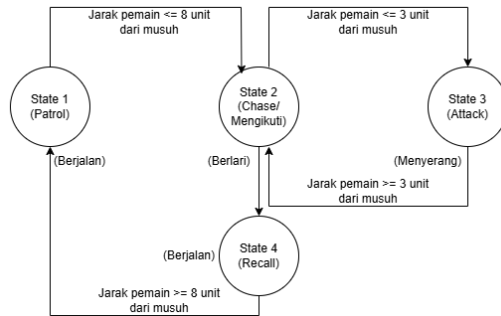


Gambar 3 Diagram FSM Enemy

Level 2

Pada level 3 sebagai tingkat kesulitan tinggi. Pada NPC besar, radius deteksi NPC lebih diperbesar menjadi <= 8 px. Jika jarak pemain >= 8 px, maka NPC kembali ke state

recall. Sedangkan untuk jarak terkena ditentukan <= 3 px, sehingga risiko pemain kehilangan nyawa semakin besar seperti gambar dibawah ini.



Gambar 4 Diagram FSM Enemy

Level 3

Pada level tingkat keberhasilan implementasi FSM dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

$$\frac{\sum \text{Skenario Berhasil}}{\sum \text{Total Skenario}} \times 100 \% \quad (1)$$

Keterangan :

$\sum$ Skenario Berhasil : jumlah skenario pengujian yang berhasil dijalankan

$\sum$ Total Skenario : jumlah seluruh skenario pengujian yang dilakukan

Kemudian Hasil dari pengujian skenario FSM di interpretasikan ke dalam beberapa kriteria seperti 81% - 100% (sangat baik), 61% -80% (baik), 41% -60% (cukup), 21% -40% (kurang), 0% -20% (sangat kurang). Evaluasi efektivitas game dilakukan menggunakan desain one-group pre-test dan post-test pada siswa kelas 3A SDN 41 Palembang sebanyak 26

siswa yang dipilih melalui purposive sampling, dengan instrumen berupa 30 soal tentang materi metamorfosis hewan dan dokumentasi sebagai data pendukung.

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perubahan hasil belajar siswa sebelum dan sesudah menggunakan game edukasi tentang metamorfosis hewan. Efektivitas media dianalisis menggunakan metode N-Gain dengan membandingkan nilai pre-test dan post-test berdasarkan skor ideal 100 sebagaimana ditunjukkan pada persamaan dibawah ini:

$$\frac{Skor\ Posttest - Skor\ Pretest}{Skor\ Ideal - Skor\ Pretest} \quad (2)$$

Keterangan :

Skor Pretest = Nilai sebelum menggunakan game

Skor Posttest = Nilai sesudah menggunakan game

Skor ideal = 100

Nilai N-Gain dikategorikan menjadi tinggi (0,70–1,00), sedang (0,30–<0,70), rendah (0,00–<0,30), tidak meningkat (0,00), dan menurun (-1,00–<0,00), sedangkan tingkat keefektifan dikategorikan tidak efektif (<40%), kurang efektif (40–55%), cukup efektif (56–75%), dan efektif (>76%).

C.Hasil Penelitian dan Pembahasan

Pengembangan game edukasi dilakukan berdasarkan rancangan yang telah disusun pada tahap sebelumnya, mengintegrasikan aset visual, coding, implementasi pathfinding, serta algoritma Finite State Machine (FSM) ke dalam Unity 2022. Proses ini menghasilkan antarmuka, alur permainan, interaksi pengguna, dan sistem gameplay yang saling terhubung sehingga membentuk aplikasi game edukasi berbasis Android dalam format Android Package Kit (.apk). Game yang dikembangkan terdiri atas 14 scene, di mana setiap scene menggunakan aset yang berbeda, seperti background, karakter, button, dan komponen pendukung lainnya sesuai dengan fungsi masing-masing. Berikut ini adalah hasil implementasi ke dalam game metamorfosis hewan:

1. Tampilan Splash Screen

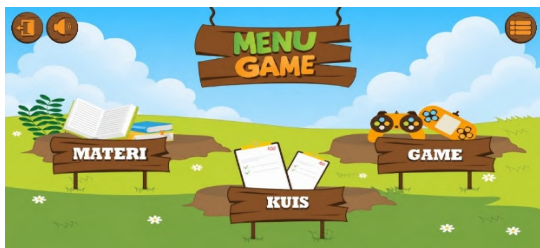
Tampilan ini muncul ketika membuka aplikasi permainan. Pada halaman ini ditampilkan judul game dan tombol play untuk ke halaman selanjutnya yaitu Main Menu.



Gambar 5 Tampilan Splash Screen

2. Tampilan Menu Utama

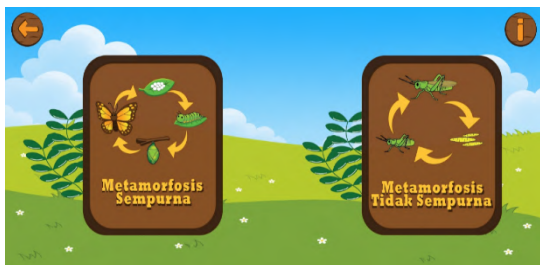
Pada halaman ini ditampilkan pilihan menu utama yaitu materi, kuis dan game. Terdapat tombol keluar game, sound on/off dan tombol informasi game.



Gambar 6 Tampilan Menu Utama

3. Tampilan Materi

Pada halaman ini ditampilkan pilihan dua materi yaitu materi metamorfosis sempurna dan materi metamorfosis tidak sempurna.



Gambar 7 Tampilan Materi

Materi metamorfosis sempurna dan tidak sempurna memiliki tombol

play, replay, dan pause dengan total 10 materi.



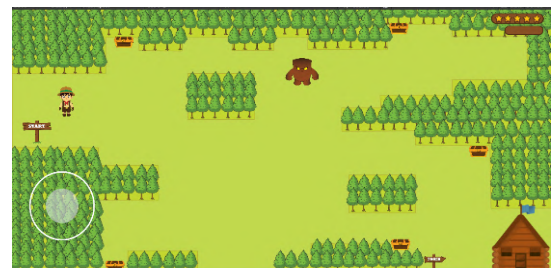
Gambar 8 Tampilan Materi
Metamorfosis Sempurna



Gambar 9 Tampilan Materi
Metamorfosis Tidak Sempurna

4. Tampilan Game

Pada tampilan ini terdapat 3 level permainan dengan mekanisme gameplay. Setiap level memiliki tingkat kesulitan yang berbeda, disesuaikan dengan interaksi pemain dengan NPC serta alur permainan.



Gambar 10 Tampilan Level 1



Gambar 11 Tampilan Level 2



Gambar 12 Tampilan Level 3

5. Tampilan Kuis

Pada halaman ini ditampilkan 10 soal pertanyaan dengan empat pilihan jawaban. Ketika pemain menjawab soal benar mendapatkan poin 10 dan jika salah tidak mendapatkan poin. Serta ada tombol kembali menu utama dan sound on/off.



Gambar 13 Tampilan Kuis

Setelah pengembangan game edukasi dikembangkan, selanjutnya dilakukan pengujian internal menggunakan blackbox testing.

Dalam penelitian ini, pengujian meliputi beberapa bagian, yaitu:

1) Pengujian Fungsional

Seluruh tombol yang digunakan dalam game ini berhasil berjalan dengan baik sesuai dengan fungsi rancangan dapat dilihat pada table dibawah ini.

Tabel 1 Ringkasan Hasil Pengujian Fungsional

Input	Output	Hasil
Tombol play	Mematikan Backsound Aplikasi	Berhasil
Tombol exit	Keluar dari aplikasi	Berhasil
Tombol Sound On	Menghidupkan Backsound Aplikasi	Berhasil
Tombol Sound Off	Mematikan Backsound Aplikasi	Berhasil
Tombol Informasi	Menampilkan Tampilan Informasi Panduan dan Pengembang	Berhasil
Tombol Materi	Berpindah Ke Tampilan Pilihan Materi	Berhasil
Tombol Game	Berpindah Ke Tampilan Game	Berhasil
Tombol Kuis	Berpindah Ke Tampilan Kuis	Berhasil
Tombol Back	Kembali ke halaman sebelumnya	Berhasil

2) Pengujian Control Player

Semua pengujian pada pergerakan kontrol pemain ini sudah berhasil dijalankan

dapat dilihat sebagaimana tabel dibawah ini.

Tabel 2 Pengujian Control Player

Skenario Pengujian	Input	Hasil yang diharapkan	Hasil
Player ingin menggerakkan karakter ke kiri	joystick ke kiri	Karakter bergerak ke kiri	Sesuai
Player ingin menggerakkan karakter ke kanan	joystick ke kanan	Karakter bergerak ke kanan	Sesuai
Player ingin menggerakkan karakter ke atas	joystick ke atas	Karakter bergerak ke atas	Sesuai
Player ingin menggerakkan karakter ke bawah	joystick ke bawah	Karakter bergerak ke bawah	Sesuai

3) Pengujian Gameplay

Pengujian ini mencakup berbagai fitur dan interaksi yang terjadi selama proses permainan berlangsung, mulai dari awal hingga akhir permainan. Hasil pengujian Gameplay Test telah berhasil berjalan sesuai rancangan dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 3 Ringkasan Pengujian Gameplay

Aspek Pengujian	Hasil
Kontrol karakter	Berhasil
Interaksi objek dan mini game	Berhasil
Sistem misi dan level	Berhasil

Sistem nyawa dan game over	Berhasil
Efek suara dan animasi	Berhasil 100%
Keseluruhan Gameplay	Berhasil

4) Pengujian Enemy FSM

NPC berhasil berpindah dari setiap state baik itu dari patrol ke chase atau chase ke attack dan recall. Berikut hasil keseluruhan pengujian enemy fsm dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4 Pengujian Enemy FSM

Transisi State	Total Pengujian	Berhasil	Gagal	Persentase
Entry → Patrol	10	10	0	100%
Patrol → Chase	10	10	0	100%
Chase → Attack	10	10	0	100%
Attack → Chase	10	10	0	100%
Chase → Recall	10	10	0	100%
Recall → Attack	10	10	0	100%
Attack → Recall	10	10	0	100%
Recall → Chase	10	10	0	100%
Chase → Patrol	10	10	0	100%
Total	80	80	0	100%

Berdasarkan 80 kali pengujian yang dilakukan pada seluruh transisi state FSM, diperoleh persentase keberhasilan sebesar 100%. Berdasarkan kriteria penilaian, nilai tersebut berada pada rentang 81%–100% sehingga termasuk dalam kategori “Sangat Baik”. Hasil ini menunjukkan bahwa implementasi FSM pada NPC telah berjalan sesuai dengan rancangan dan mampu mengelola perpindahan state secara efektif selama permainan berlangsung.

5) Pengujian Performa Sistem

Pengujian ini mencakup pengukuran frame rate (FPS), load time, penggunaan memori (RAM), serta penggunaan CPU dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 5 Pengujian Performa Sistem

Waktu Pengujian	Frame Rate (FPS)	CPU (ms)	RAM (GB)
Menit ke-1	92,2	10,9	1,16
Menit ke-2	84,7	11,8	1,17
Menit ke-3	130,2	7,7	1,19
Menit ke-4	129,3	7,7	1,20
Menit ke-5	139,9	7,1	1,18
Rata-rata	115,26	9,04	1,18

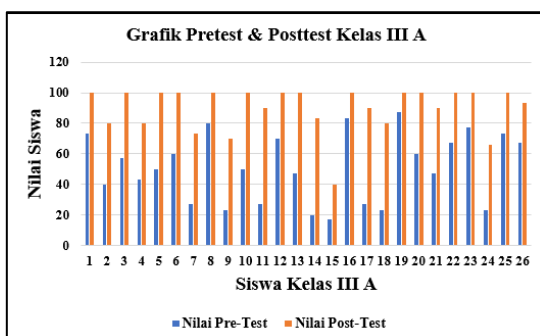
6) Pengujian Pre-test dan Post-test

Setelah mendapatkan nilai pre-test dan post-test, kemudian nilai tersebut dihitung menggunakan rumus N-Gain.

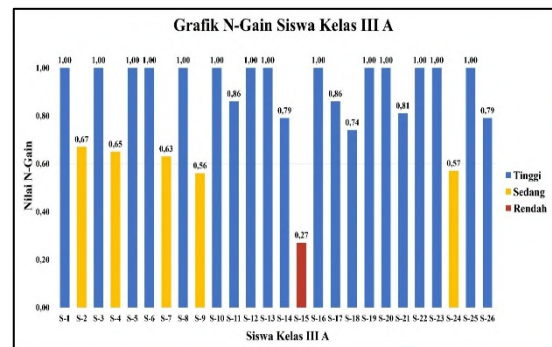
Pre-test	Post-test	N-Gain	Kategori	N-Gain %
73	100	1,00	Tinggi	100
40	80	0,67	Sedang	67
57	100	1,00	Tinggi	100
43	80	0,65	Sedang	65
50	100	1,00	Tinggi	100
60	100	1,00	Tinggi	100
27	73	0,63	Sedang	63
80	100	1,00	Tinggi	100
23	70	0,56	Sedang	56
50	100	1,00	Sedang	100
27	90	0,86	Tinggi	86
70	100	1,00	Tinggi	100
47	100	1,00	Tinggi	100
20	83	0,79	Tinggi	79
17	40	0,27	Rendah	27
83	100	1,00	Tinggi	100
27	90	0,86	Tinggi	86
23	80	0,74	Tinggi	74
87	100	1,00	Tinggi	100
60	100	1,00	Tinggi	100
47	90	0,81	Tinggi	81
67	100	1,00	Tinggi	100

Pre-test	Post-test	N-Gain	Kategori	N-Gain %
77	100	1,00	Tinggi	100
23	67	0,57	Sedang	57
73	100	1,00	Tinggi	100
67	93	0,79	Tinggi	79
50,77	89,85	0,85	Tinggi	85

Berdasarkan hasil perhitungan N-Gain, diperoleh rata-rata N-Gain Score sebesar 0,85. Sesuai pada Kriteria Gain Ternormalisasi, nilai tersebut berada pada rentang $0,70 \leq g \leq 1,00$, sehingga termasuk dalam kategori “Tinggi”. Selain itu, rata-rata N-Gain Score Persentase sebesar 85%. Berdasarkan Kriteria Penentuan Tingkat Keefektifan, persentase tersebut berada pada kategori “Efektif” karena diatas dari 76%. Berikut grafik dari hasil pre-test dan post-test menggunakan N-Gain dibawah ini.



Grafik 1 Hasil *Pre-test* dan *Post-test*



Grafik 2 Kriteria N-Gain Siswa Kelas III A

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, game edukasi berbasis Android materi metamorfosis hewan untuk siswa kelas III SD Negeri 41 Palembang berhasil dikembangkan menggunakan metode GDLC dengan ukuran aplikasi 41,2 MB. Hasil pengujian menunjukkan seluruh fitur, gameplay, kontrol pemain, serta penerapan algoritma FSM pada NPC berjalan sesuai rancangan dengan tingkat keberhasilan 100% dengan kategori sangat baik. Performa sistem juga menunjukkan game dapat berjalan dengan baik dengan rata-rata 115,26 FPS, CPU 9,04 ms, dan RAM 1,18 GB serta proses loading saat menjalankan game berlangsung dengan cepat tanpa ditemukan lag maupun freeze, sehingga game dapat dimainkan dengan lancar. Selain itu, hasil pengujian efektivitas siswa menggunakan N-Gain menunjukkan

peningkatan pemahaman siswa dari rata-rata nilai pre-test 50,77 menjadi 89,85 pada post-test dengan nilai N-Gain 0,85 kategori tinggi, sehingga game edukasi dinilai efektif sebagai media pembelajaran.

Untuk pengembangan game selanjutnya, disarankan agar konten pembelajaran, variasi tantangan, serta perilaku NPC dapat terus dikembangkan agar permainan lebih menarik dan interaktif. Selain itu, pengujian juga dapat dilakukan dengan jumlah responden dan cakupan sekolah yang lebih luas agar memperoleh hasil evaluasi yang lebih objektif dan representatif.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustira, S., & Rahmi, R. (2022). Penggunaan Media Pembelajaran Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa Pada Tingkat Sd. *Mubtadi. Jurnal Pendidikan Ibtidaiyah*, 4(1), 72–80. <https://doi.org/10.19105/mubtadi.v4i1.6267>
- Fernando, A., Costaner, L., Devega, M., & Lancang Kuning, U. (2023). Penerapan Metode Finite State Machine Pada Game Pembelajaran Matematika. *Jurnal Karya Ilmiah Multidisiplin (JURKIM)*, 3(1), 60–68. <https://doi.org/https://doi.org/10.31849/jurkim.v3i1.11762>
- Firdaus, A., Darlies, M., Prambayun, A., Putri, M. A., & Muzakki, M. A. (2025). Development of Augmented Reality-Based Educational Games as Learning Media for Temperature and Heat Material for Elementary School Students. *Journals Atlantis Press*, 566–575. https://doi.org/10.2991/978-94-6463-678-9_54
- Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. (2017). *Siklus Hidup dan Pelestarian Hewan dan Tumbuhan Langka Tentang Metamorfosis Hewan*. https://repositori.kemendikdasmen.go.id/19017/1/IPA%20Paket%20A%20Siklus%20Hidup%20dan%20Pelestarian%20Modul%20_sip%20for%20ISBN.pdf. Jakarta
- Made, D., Hardika, W. J., Sudiarta, G. P., Nyoman Budayana, I., & Artikel, I. (2026). DIAJAR: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Efektivitas Game Edukasi “Transform.It” untuk Meningkatkan Kemampuan Pemecahan Masalah Siswa pada Materi Transformasi Geometri. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*, 5(1), 287–295. <https://doi.org/10.54259/diajar.v5i1.7053>
- Riyandana, E., Ghufroni, M., Ars, A., & Surahman, A. (2022). Rancang Bangun Aplikasi Game Edukasi Kosakata Baku Dalam Bahasa

Indonesia Di Tingkat Sekolah Dasar (Studi Kasus Sd Negeri 1 Way Petai Lampung Barat). *Jurnal Informatika Dan Rekayasa Perangkat Lunak (JATIKA)*, 3(2), 213–225.
<https://doi.org/10.33365/jatika.v3i2.2028>

Sukmawati, Ainiyah, ST. W., & Rohma, E. A. (2025). Pengaruh Game Edukasi Terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik; Studi Kasus SDN Daleman I. *Jurnal Multidisiplin Ilmu Akademik*, 2, 384–396.
<https://doi.org/https://doi.org/10.61722/jmia.v2i1.3361>

Wulandari, A., & Rayungsari, M. (2024). Studi Literatur: Penerapan Media Pembelajaran Interaktif Berbasis Android Pada Materi Peluang. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 3(2), 90–98.
<https://doi.org/10.56916/jp.v3i2.896>