

Desain Game Kognitif Feeding Frog dengan Framework Mechanics, Dynamics, and Aesthetics dan Greenfoot pada Anak Usia Dini

Design of the Feeding Frog Cognitive Game for Early Childhood using the Mechanics, Dynamics, and Aesthetics (MDA) Framework and Greenfoot

¹Cynthia Hayat*

¹Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Kristen Krida Wacana

^{1,2}Jl. Tanjung Duren Raya No.4, Jakarta Barat, 11470, Indonesia

*e-mail: cynthia.hayat@ukrida.ac.id

(received: 9 April 2025, revised: 9 July 2025, accepted: 10 July 2025)

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merancang game kognitif yang merangsang perkembangan motorik anak usia dini sekaligus memperkenalkan pengetahuan tentang hewan dan jenis makanannya. Pengembangan game ini menggunakan kerangka kerja *Mechanics, Dynamics, and Aesthetics* (MDA) dan software Greenfoot. Komponen *mechanics* mencakup genre, tujuan, platform, rating, level, dan konsep seni. Komponen *dynamics* meliputi alur cerita, kontrol permainan, tantangan, dan aturan permainan, sedangkan komponen *aesthetics* menekankan sensasi, narasi, keterlibatan, dan fantasi. Pemain berinteraksi dengan permainan dengan memberi makan hewan sesuai dengan jenis makanannya. Alur cerita dalam game ini berpusat pada berbagai habitat hewan, di mana setiap level mewakili lingkungan dengan tingkat kesulitan yang meningkat (basic, intermediate, dan advanced) serta disertai stimulasi motorik. Observasi partisipatif dilakukan di beberapa kelompok bermain di Jakarta Barat untuk memperoleh wawasan mengenai pengaruh permainan serta elemen utama yang menarik minat pemain. Hasil evaluasi terhadap respons pengguna menunjukkan bahwa dari tujuh pernyataan yang diuji, lima di antaranya memperoleh penilaian "Sangat Baik," sementara dua pernyataan lainnya dinilai "Baik" oleh 45 responden. Secara persentase, capaian tertinggi sebesar 90% mengindikasikan bahwa game *Feeding Frog* memiliki kejelasan dan kemudahan pemahaman yang tinggi, serta berpotensi membantu orang tua dalam menstimulasi perkembangan kognitif anak.

Kata kunci: game kognitif, perkembangan motorik, anak usia dini, *mechanics dynamics aesthetics* (MDA), greenfoot

Abstract

This study aims to design a cognitive game that stimulates early childhood motor development while introducing knowledge about animals and their types of food. The development of the game utilizes the *Mechanics, Dynamics, and Aesthetics* (MDA) framework along with the Greenfoot software. The *mechanics* component includes genre, objectives, platform, rating, levels, and artistic concept. The *dynamics* component covers storyline, gameplay controls, challenges, and game rules, while the *aesthetics* component emphasizes sensation, narrative, engagement, and fantasy. Players interact with the game by feeding animals based on their appropriate diets. The storyline centers on various animal habitats, where each level represents an environment with increasing difficulty—basic, intermediate, and advanced—while also providing motor stimulation. Participatory observation was conducted in several playgroups in West Jakarta to gain insights into the game's impact and identify the key elements that capture players' interest. Evaluation of user responses showed that out of seven assessed statements, five received a "Very Good" rating, while the remaining two were rated as "Good" by 45 respondents. In terms of percentage, the highest achievement reached 90%, indicating that the *Feeding Frog* game demonstrates high clarity and ease of understanding, and holds potential as a tool to assist parents in stimulating children's cognitive development.

Keywords: cognitive game, motor development, early childhood, *mechanics dynamics aesthetics* (MDA), greenfoot

<http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>

1 Pendahuluan

Bermain merupakan aktivitas yang menyenangkan bagi anak usia dini karena didorong oleh keinginan intrinsik mereka sendiri. Anak usia dini bermain karena mereka merasa tertarik dan terdorong untuk melakukannya, bukan karena arahan atau permintaan dari orang lain. Dalam kegiatan bermain, permainan menjadi elemen penting yang digunakan anak usia dini untuk membuat aktivitas tersebut menarik dan berkesan. Namun, seiring dengan kemajuan teknologi, jenis aktivitas bermain dan bentuk permainannya telah mengalami perubahan. Anak usia dini yang tumbuh pada era 1990-an cenderung bermain dengan benda-benda di sekitar mereka secara tradisional, seperti lompat tali, engklek, kelereng, petak umpat, congklak, atau menjelajah ladang [1],[2]. Sebaliknya, anak usia dini yang hidup di era globalisasi saat ini lebih banyak bermain secara individual menggunakan perangkat digital atau *gadget*, di mana mereka terlibat dalam berbagai jenis permainan digital.

Stimulasi kognitif anak usia dini, khususnya pada rentang usia 2–3 tahun, difokuskan pada pengembangan kemampuan logika dan pemecahan masalah. Pada usia ini, anak mulai mengenal konsep simbol dan tanda, termasuk bahasa dan gambar yang berkaitan dengan lingkungan nyata. Permainan digital memiliki potensi dalam mengembangkan aspek kognitif anak, misalnya dengan meningkatkan konsentrasi dan kemampuan pemecahan masalah ketika mereka berusaha meraih kemenangan atau skor tinggi. Hal ini sejalan dengan prinsip pendidikan anak usia dini, yaitu *fun learning*, di mana anak memperoleh pengetahuan, keterampilan, dan nilai melalui pengalaman bermain. Oleh karena itu, menciptakan pengalaman belajar yang menyenangkan dan bermakna melalui permainan digital perlu dirancang dengan pertimbangan yang matang [3].

Dalam era digital yang terus berkembang, teknologi memiliki peran krusial dalam mendukung perkembangan anak usia dini, terutama pada aspek kognitif dan motorik. Anak usia dini kini semakin akrab dengan perangkat digital, sehingga pemanfaatan teknologi sebagai sarana pembelajaran interaktif menjadi kebutuhan yang mendesak. Permainan berbasis kognitif dapat menjadi alat edukatif yang efektif untuk merangsang kemampuan berpikir, pemecahan masalah, serta koordinasi motorik sejak dini. Namun demikian, mayoritas permainan yang tersedia di pasaran masih berfokus pada aspek hiburan semata tanpa memperhatikan nilai edukatif dan pendekatan ilmiah yang terstruktur.

Motivasi pemain merupakan faktor kunci dalam penerapan gamifikasi, karena motivasi mendorong seseorang untuk terlibat dan menyelesaikan suatu aktivitas. Oleh karena itu, untuk merancang sistem gamifikasi yang efektif, penting untuk memahami motivasi para pemain. Setiap individu memiliki motivasi yang berbeda, baik secara personal maupun dalam konteks kelompok. Salah satu bentuk motivasi adalah keinginan untuk bersenang-senang (*to have fun*), di mana pemain terdorong oleh kesenangan tanpa memperhatikan hasil akhir. Motivasi semacam ini dapat dimanfaatkan melalui penciptaan pengalaman yang menyerupai aktivitas bermain game untuk mendorong partisipasi, atau dikenal dengan istilah gamifikasi [4].

Penelitian ini menjadi penting karena mengadopsi kerangka kerja *Mechanics, Dynamics, and Aesthetics* (MDA) yang memungkinkan perancangan game edukatif berbasis konsep pedagogis secara lebih sistematis. Dengan mengintegrasikan elemen *mechanics* (genre, tujuan, platform, rating, level, dan konsep seni), *dynamics* (alur cerita, kontrol permainan, tantangan, dan aturan), serta *aesthetics* (sensasi, narasi, keterlibatan, dan fantasi), game yang dikembangkan tidak hanya menyajikan pengalaman bermain yang menarik, tetapi juga mendukung proses pembelajaran yang efektif [5].

Selain itu, penggunaan perangkat lunak Greenfoot dalam pengembangan game ini memberikan fleksibilitas dalam mengimplementasikan konsep pemrograman interaktif, sehingga memungkinkan terciptanya permainan yang responsif terhadap tindakan pengguna. Studi ini juga memberikan kontribusi terhadap pengembangan teknologi pendidikan, khususnya dalam menciptakan game edukatif yang mampu meningkatkan keterlibatan anak dalam proses belajar serta mendukung orang tua dalam menstimulasi perkembangan kognitif anak.

Dengan demikian, penelitian ini memiliki urgensi dalam menyediakan solusi inovatif bagi kebutuhan pendidikan anak usia dini melalui pendekatan game kognitif berbasis MDA, yang menyatukan aspek desain, pengembangan, analisis kritis, dan pendekatan teknis permainan [6],[7]. Konsep gamifikasi sendiri merujuk pada serangkaian aktivitas dan proses yang memanfaatkan elemen-elemen permainan untuk menyelesaikan masalah. Meskipun istilah "gamifikasi" tergolong baru, konsep dasarnya sudah lama diterapkan dalam permainan yang dirancang untuk tujuan edukatif [8].

Dalam konteks ini, penggunaan kerangka MDA pada pengembangan game kognitif *Feeding Frog* melibatkan penerapan elemen-elemen permainan seperti poin, level, papan peringkat, dan lainnya yang umum dalam praktik gamifikasi. Game ini merupakan permainan kognitif yang dirancang untuk merangsang perkembangan motorik anak sekaligus memperkenalkan pengetahuan mengenai hewan dan makanannya. Permainan dilakukan oleh satu pemain dalam satu waktu [9].

Kerangka MDA membantu pengembangan game dari dua perspektif, yaitu pengembang dan pemain, sehingga permainan yang dihasilkan dapat lebih mudah diterima oleh pengguna. Melalui kerangka ini, aspek-aspek kompleks dalam game *Feeding Frog* dan hubungan antarunsurnya dapat dianalisis dan dijabarkan sesuai dengan pendekatan *Mechanics, Dynamics, and Aesthetics*. Tujuan dari pemodelan game kognitif ini dalam MDA adalah untuk membantu tim pengembang memahami elemen-elemen penting dari perspektif ganda, sehingga proses pengembangan menjadi lebih terarah dan menghasilkan umpan balik positif dari pemain [10].

Metodologi ini diharapkan mampu memperkuat proses pengembangan game secara iteratif, dengan melibatkan kolaborasi antara pengembang, akademisi, dan peneliti. Dengan pendekatan ini, mereka akan lebih mudah dalam mendekomposisi, memahami, dan merancang berbagai jenis desain dan kerangka permainan [11][12]. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembang game edukatif, pendidik, serta orang tua dalam memilih dan merancang permainan yang tidak hanya menghibur, tetapi juga memberikan manfaat edukatif secara nyata.

2 Tinjauan Literatur

Dalam beberapa tahun terakhir, penelitian mengenai game edukatif untuk anak usia dini menunjukkan perkembangan yang signifikan, khususnya yang berfokus pada peningkatan keterampilan kognitif dan motorik. Sejumlah studi telah mengkaji efektivitas permainan berbasis teknologi dalam mendukung proses pembelajaran anak melalui interaksi yang bersifat interaktif dan menyenangkan.

Penelitian yang dilakukan oleh [13] mengeksplorasi pengaruh permainan berbasis *augmented reality* (AR) terhadap peningkatan keterampilan kognitif anak usia dini. Hasil temuan menunjukkan bahwa integrasi elemen AR dalam game edukatif dapat secara signifikan meningkatkan daya ingat, konsentrasi, serta kemampuan pemecahan masalah melalui interaksi langsung dengan elemen virtual yang terintegrasi dalam lingkungan nyata.

Selanjutnya, [4], [14] meneliti penerapan kerangka *Mechanics, Dynamics, and Aesthetics* (MDA) dalam pengembangan game edukatif bagi anak usia 4–6 tahun. Studi ini menyimpulkan bahwa pendekatan MDA efektif dalam meningkatkan keterlibatan anak serta memperkaya pengalaman bermain, melalui penyusunan mekanisme permainan yang lebih terstruktur dan berorientasi pada pengembangan aspek kognitif.

Penelitian oleh [15] menyoroti penggunaan *Greenfoot* sebagai platform pengembangan game edukatif berbasis interaksi visual. Hasil studi menunjukkan bahwa *Greenfoot* memungkinkan pengembang untuk menciptakan permainan edukatif yang intuitif dengan logika pemrograman yang relatif mudah diterapkan, sehingga sesuai untuk kebutuhan anak usia dini [15], [16].

Selain itu, [17], [18] menekankan pentingnya elemen *game-based learning* dalam meningkatkan motivasi belajar anak. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa penerapan sistem penghargaan (*reward system*) dan alur cerita yang menarik dapat memperpanjang durasi keterlibatan anak dalam proses pembelajaran serta memperkuat pemahaman terhadap materi yang disampaikan [19].

Berdasarkan hasil-hasil penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa penerapan teknologi dalam pengembangan game edukatif memberikan dampak yang signifikan terhadap peningkatan kemampuan kognitif anak usia dini. Penggunaan kerangka MDA serta platform seperti *Greenfoot* menjadi pendekatan yang menjanjikan dalam menciptakan pengalaman belajar yang lebih efektif, menyenangkan, dan sesuai dengan kebutuhan perkembangan anak.

Berikut adalah beberapa sumber jurnal yang mendasari penelitian ini seperti pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Penelitian yang terkait

No	Judul	Keterangan	Perbedaan
1.	Learning scorecard gamification: Application of the MDA framework	Berfokus pada penerapan kerangka MDA pada platform Learning Scorecard (LS) pada mahasiswa di ISCTE.	Pengalaman belajar siswa meningkatkan keterlibatan dan motivasi mereka melalui penggunaan gamifikasi.
2.	Improving English Learning by Gamification with MDA Framework	fokus kerangka MDA dalam pembelajaran bahasa Inggris.	penggunaan kerangka 6-11 yang mendefinisikan enam aspek emosi dan sebelas aspek naluri.
3.	MDA Framework Approach for Gamification-Based Elementary Mathematics Learning Design	Pendekatan kerangka berdasarkan gamifikasi, dirancang permainan visual membangun ruang.	hasil interaksi mekanik dengan pemain yang kemudian secara otomatis akan menimbulkan estetika atau respon pemain.
4.	Using Malone's theoretical model on gamification for designing educational rubrics	proses gamifikasi memfasilitasi interaktivitas siswa menemukan solusi terhadap berbagai usulan masalah dengan menggunakan ruang kolaborasi	ruang kolaborasi antar keduanya metodologi aktif yang interaktif secara heterogen.
5.	A mobile gamification learning system for improving the learning motivation and achievements	kegiatan pembelajaran gamified, berdasarkan MGLS (Mobile Gamification Learning System),	Korelasi koefisien dimensi ARCS pada pre-test dan post-test.

Meskipun berbagai penelitian sebelumnya telah mengkaji efektivitas game edukatif dalam meningkatkan keterampilan kognitif dan motorik anak usia dini, masih terdapat sejumlah aspek yang belum dieksplorasi secara mendalam. Beberapa kesenjangan yang teridentifikasi dalam studi terdahulu antara lain:

1. Kurangnya integrasi framework MDA secara komprehensif
Sebagian besar penelitian hanya menekankan pada salah satu atau sebagian elemen dalam kerangka *Mechanics, Dynamics, and Aesthetics* (MDA), tanpa mengintegrasikan ketiga komponen tersebut secara sistematis dalam desain game edukatif. Penelitian ini berupaya mengisi kesenjangan tersebut dengan menerapkan framework MDA secara holistik dalam pengembangan *Feeding Frog*, sehingga aspek mekanik permainan, dinamika interaksi, dan elemen estetika dapat dioptimalkan untuk meningkatkan pengalaman belajar yang menyeluruh bagi anak.
2. Minimnya penggunaan platform Greenfoot dalam game edukasi kognitif untuk anak usia dini
Meskipun *Greenfoot* telah digunakan dalam berbagai konteks pengembangan game edukatif, penerapannya secara spesifik dalam game yang dirancang untuk mendukung perkembangan kognitif anak usia dini masih terbatas. Studi ini mengadopsi platform *Greenfoot* untuk menghasilkan game interaktif dengan struktur adaptif terhadap berbagai tingkat kesulitan, yang relevan bagi tahap perkembangan anak.
3. Kurangnya penelitian mengenai pengaruh game terhadap stimulasi motorik anak
Banyak studi terdahulu lebih berfokus pada aspek kognitif, dengan mengesampingkan potensi game dalam merangsang kemampuan motorik anak usia dini. Penelitian ini menanggapi kesenjangan tersebut melalui perancangan mekanisme permainan yang mendorong keterlibatan aktif, seperti penggerakan karakter atau pemilihan objek yang menuntut koordinasi antara penglihatan dan gerakan tangan.
4. Terbatasnya evaluasi berbasis pengguna dalam konteks anak usia dini

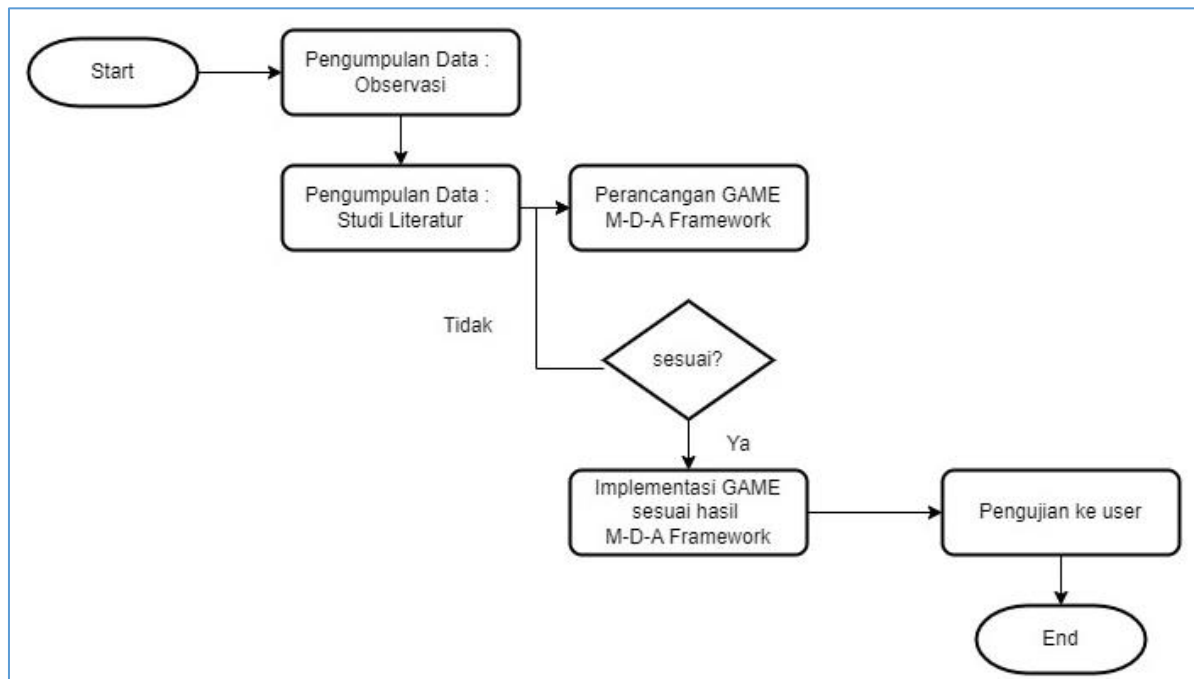
Evaluasi efektivitas game edukatif umumnya dilakukan melalui pengujian teknis atau fitur perangkat lunak, tanpa melibatkan partisipasi langsung dari pengguna utama, yaitu anak usia dini. Penelitian ini menerapkan pendekatan evaluasi berbasis pengguna dengan metode observasi partisipatif, untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai interaksi anak dengan game *Feeding Frog* serta pengaruhnya terhadap keterampilan kognitif dan motorik.

Dengan mempertimbangkan keempat kesenjangan tersebut, penelitian ini berupaya mengembangkan game edukatif yang tidak hanya mengintegrasikan framework MDA secara menyeluruh dan memanfaatkan platform *Greenfoot* secara optimal, tetapi juga memperhatikan aspek motorik dan evaluasi berbasis partisipasi pengguna [20], [21]. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam pengembangan teknologi pendidikan yang lebih adaptif terhadap kebutuhan anak usia dini.

3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan rekayasa perangkat lunak yang terstruktur melalui tahapan-tahapan sistematis untuk merancang dan mengimplementasikan game edukatif berbasis kerangka kerja MDA (*Mechanics, Dynamics, Aesthetics*). Metode ini diawali dengan proses pengumpulan data yang mencakup observasi langsung terhadap konteks pengguna serta studi literatur untuk memperoleh landasan teoritis yang mendalam. Data yang diperoleh digunakan sebagai dasar dalam tahap perancangan game menggunakan pendekatan MDA, yang bertujuan untuk menciptakan pengalaman bermain yang tidak hanya fungsional secara mekanis, tetapi juga menarik secara estetika dan dinamis dalam interaksi. Setelah rancangan awal disusun, dilakukan evaluasi kesesuaian desain dengan prinsip-prinsip MDA. Apabila rancangan dianggap belum memenuhi kriteria, maka dilakukan revisi hingga memperoleh bentuk yang ideal. Game yang telah memenuhi standar desain kemudian diimplementasikan dan diuji coba kepada pengguna guna mengevaluasi efektivitas dan tingkat penerimaan dari hasil pengembangan tersebut.

3.1 Alur Penelitian



Gambar 1. Alur penelitian design game kognitif feeding frog

Alur proses penelitian dalam diagram ini terdiri dari beberapa tahapan utama yang dilakukan secara sistematis untuk mengembangkan game kognitif berbasis *Mechanics, Dynamics, and Aesthetics (MDA) Framework*. Berikut adalah penjelasan rinci dari setiap tahapannya:

1. Pengumpulan Data

Tahap awal penelitian dimulai dengan proses **observasi** untuk mengidentifikasi kebutuhan dan karakteristik pengguna, terutama anak usia dini sebagai target utama game yang dikembangkan. Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan observasi pada beberapa playgroup di daerah Jakarta barat dan Tangerang. Teknik observasi yang digunakan adalah observasi partisipatif di mana peneliti secara aktif terlibat dalam lingkungan atau kelompok sosial tertentu, mengamati tindakan, interaksi, dan kebiasaan para peserta yang terlibat. Beberapa parameter yang menjadi perhatian pada saat observasi diantaranya hal belajar disajikan dalam bentuk game, informasi mengenai pengaruh game dan hal-hal yang ada dalam unsur game yang membuat orang tertarik bermain game.

Selain itu, dilakukan studi literatur untuk memahami konsep, metode, serta penelitian terdahulu yang relevan dengan pengembangan game edukatif berbasis kognitif. Studi ini membantu dalam menyusun strategi desain game yang efektif serta memastikan pendekatan yang digunakan telah memiliki dasar teoretis yang kuat.

2. Perancangan Game dengan MDA Framework

Setelah data terkumpul, tahap selanjutnya adalah perancangan game berdasarkan *MDA Framework*. Framework ini terdiri dari tiga elemen utama: *Mechanics* (Mekanika): mencakup aturan permainan, tujuan, level, kontrol, dan platform yang digunakan. *Dynamics* (Dinamika): menggambarkan bagaimana elemen mekanika berinteraksi satu sama lain untuk menciptakan pengalaman bermain yang menarik. *Aesthetics* (Estetika): berfokus pada bagaimana game memberikan pengalaman sensorik, emosi, serta keterlibatan pemain dalam permainan.

Pada tahap ini, dilakukan desain konsep game dari data observasi yang diperoleh kemudian diproses sehingga menghasilkan informasi berupa tanggapan dari target pengguna dari game yang akan dirancang dan detail dari MDA Framework (*Mechanic, Dynamic, Aesthetic*) yang dibutuhkan untuk merancang game kognitif *feeding frog* a. *Mechanic*: Genre, Tujuan, Rating, Level, Konsep art b. *Dynamics* : Storyline, Kontrol game, Challenges, Game rules c. *Aesthetic*: Sensasi, Narasi, Relaksasi, Fantasy

3. Evaluasi Kesesuaian Desain

Setelah rancangan awal game selesai, dilakukan evaluasi kesesuaian desain untuk memastikan apakah game yang dikembangkan telah memenuhi kriteria yang diharapkan. Jika ditemukan ketidaksesuaian atau kekurangan dalam desain, maka dilakukan revisi berdasarkan hasil studi literatur sebelumnya. Tahap ini bersifat iteratif, artinya jika desain game belum optimal, maka dilakukan perbaikan sebelum masuk ke tahap implementasi.

4. Implementasi Game

Jika desain telah dinyatakan sesuai, langkah berikutnya adalah implementasi game sesuai dengan hasil rancangan yang dikembangkan menggunakan *MDA Framework*. Pada tahap ini, game dikembangkan menggunakan perangkat lunak yang telah ditentukan, dalam hal ini *Greenfoot*, yang memungkinkan pembuatan game interaktif dengan fitur yang mendukung pengembangan game edukasi untuk anak usia dini.

5. Pengujian ke Pengguna

Setelah game berhasil diimplementasikan, dilakukan pengujian kepada pengguna untuk mengevaluasi efektivitas dan pengalaman bermain. Pengujian ini bertujuan untuk mengukur sejauh mana game mampu mencapai tujuan pembelajaran yang telah dirancang serta bagaimana respons pengguna terhadap aspek gameplay, tantangan, dan tampilan visual yang disajikan.

6. Kesimpulan dan Penyelesaian

Setelah pengujian selesai, data yang diperoleh dianalisis untuk menarik kesimpulan mengenai kualitas game yang dikembangkan. Tahap ini menjadi bagian akhir dari proses penelitian, yang nantinya dapat menjadi dasar bagi pengembangan lebih lanjut atau penyempurnaan game di masa depan.

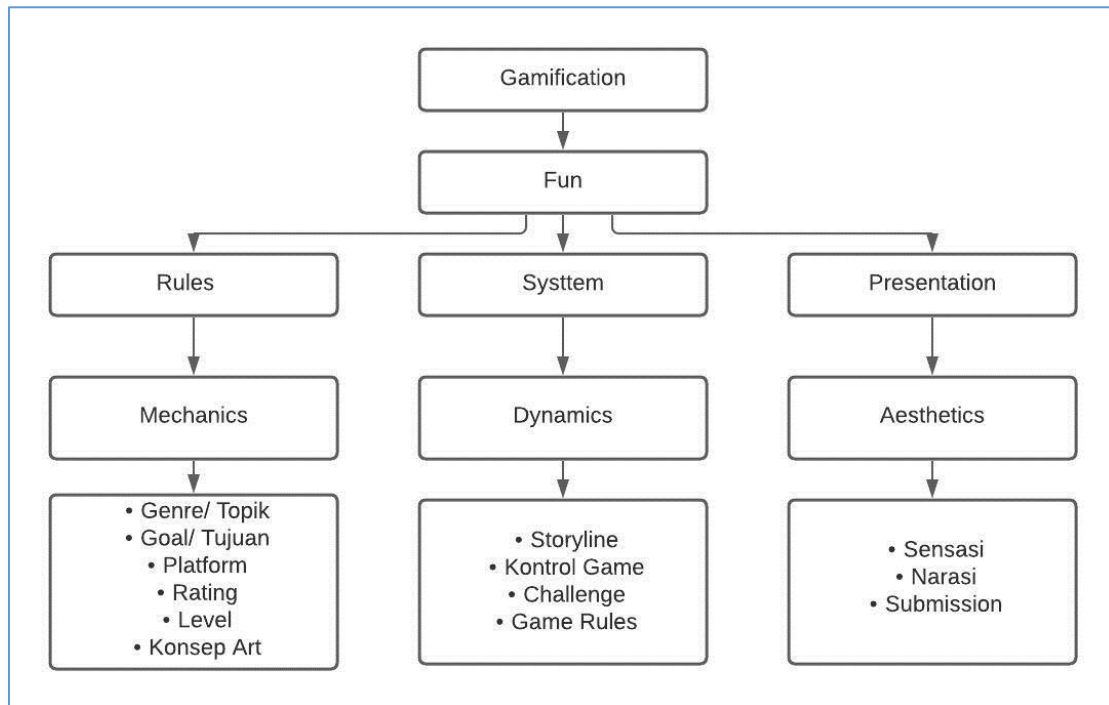
Keseluruhan alur penelitian ini bersifat sistematis dan iteratif, memastikan bahwa game yang dikembangkan tidak hanya sesuai dengan kebutuhan pengguna, tetapi juga efektif dalam memberikan pengalaman edukatif yang optimal.

3.2 Framework MDA untuk Game Kognitif Feeding Frog

Game diciptakan oleh perancang/tim pengembang, dan dikonsumsi oleh pemain. Mereka dibeli, digunakan, dan akhirnya ditinggalkan seperti kebanyakan barang konsumen lainnya. Perbedaan antara permainan dan produk hiburan lainnya (seperti buku, musik, film, dan drama) adalah bahwa konsumsinya relatif tidak terduga. Urutan peristiwa yang terjadi selama bermain dan hasil dari peristiwa-peristiwa tersebut tidak diketahui pada saat produk selesai.

Landasan utama dalam *framework* ini adalah gagasan bahwa permainan lebih mirip dengan artefak daripada media. Dengan ini, kami maksudkan bahwa konten dari suatu permainan adalah perilakunya - bukan media yang mengalir keluar darinya ke pemain. Memikirkan permainan sebagai artefak yang dirancang membantu memandangnya sebagai sistem yang membangun perilaku melalui interaksi. Hal ini mendukung pilihan desain dan analisis yang lebih jelas di semua tingkat studi dan pengembangan.

Rancangan *framework* MDA yang digunakan pada desain *game* kognitif *feeding frog* terlihat pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Framework MDA *game* kognitif *feeding frog*

Mechanics, menggambarkan komponen-komponen khusus dalam permainan, pada tingkat representasi data maupun algoritma yang digunakan serta hal-hal yang bisa dilakukan oleh pemain. Detail representasi konkret yang mampu membuat pemain melakukan suatu aksi diantaranya :

1. *Genre/ topik* : dengan tema seputar *game* kognitif memberi makan seekor katak yang terus bergerak secara random.
2. *Tujuan* : untuk melakukan *game* kognitif pada anak usia dini 2-3 tahun.
3. *Platform* : *game* akan dikembangkan platform yang digunakan adalah OS Android
4. *Rating* : untuk anak usia 2-3 tahun dengan pantauan orang tua/ asisten/ guru/ pendamping.
5. *Level* : leveling *game* berdasarkan tingkat kesulitan, dan pemain harus menyelesaikan tantangan untuk bisa mengakses level di atasnya.
6. *Konsep Art* : fokus pada desain animasi 2D.

Dynamics menggambarkan perilaku saat berjalan dari mekanika yang berinteraksi dengan masukan pemain dan keluaran satu sama lain seiring waktu. Penelitian ini berfokus pada mengidentifikasi kegiatan-kegiatan kunci dalam alur kerja pengguna saat berinteraksi dengan komponen perangkat keras dan perangkat lunak *game* yang dikembangkan.

Jika *mechanics* tidak dapat dilihat oleh pemain, tapi dapat mengarahkan pemain sesuai dengan jalur permainan yang dikembangkan oleh *game developer*, maka *dynamics* menitikberatkan pada

<http://sistemasi.ftik.unisi.ac.id>

interaksi pemain secara realtime dengan game. Pada penelitian ini, fokus komponen dynamics meliputi :

1. *Storyline* : alur cerita berfokus pada pengembangan kognitif anak usia 2-3 tahun.
2. Kontrol game : pemain dapat memilih karakter hewan sesuai yang pemain inginkan.
3. *Challenges* : leveling game diatur tingkat kesulitan berdasarkan topik dan tujuan game yang harus diselesaikan oleh pemain.
4. *Game rules* : berupa petunjuk yang harus diikuti oleh pemain agar permainan berjalan lancar. Game rules dipaparkan dalam menu khusus mengenai aturan permainan. Top of Form

Aesthetics mendeskripsikan reaksi emosional yang diharapkan muncul saat interaksi pemain dengan game. Dalam penelitian ini, fokus penelkomponen estetika meliputi:

1. Sensasi: respon pemain pertama kali saat mengakses game.
2. Narasi : alur cerita
3. Relaksasi : pemain dapat berhenti sejenak pada saat memainkan game.
4. Fantasi : harapan pemain dalam dunia imajinatifnya

4 Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menyajikan temuan dari proses perancangan dan implementasi game berbasis kerangka kerja MDA yang telah dilakukan sesuai dengan metodologi yang dirancang. Hasil yang ditampilkan mencakup tahapan evaluasi kesesuaian desain dengan prinsip-prinsip MDA, pelaksanaan implementasi game berdasarkan desain akhir, serta hasil pengujian terhadap pengguna. Pembahasan difokuskan pada analisis keterkaitan antara elemen-elemen game (*mechanics*, *dynamics*, dan *aesthetics*) dengan respons pengguna selama proses uji coba, baik dari segi pengalaman bermain, keterlibatan, maupun pemahaman terhadap konten edukatif yang disampaikan. Temuan ini diinterpretasikan dalam konteks tujuan penelitian serta berkontribusi dalam menciptakan produk game yang relevan dan sesuai dengan kebutuhan pengguna.

4.1 Perancangan game dengan *framework* MDA

Tahap desain dikenal sebagai pembuatan rancangan (*blueprint*). Langkah awal dalam pengembangan game adalah merancang alur pengguna. Pengembangan game ini akan mengikuti kerangka kerja MDA.

Dalam bidang desain *game*, *Framework Mechanics, Dynamics, and Aesthetics* (MDA) adalah suatu alat yang digunakan untuk mengevaluasi permainan. Alat ini menguraikan konsep permainan dengan memisahkannya menjadi tiga elemen utama: Mekanik, Dinamika, dan Estetika. Selama bertahun-tahun, tiga kata ini telah digunakan secara informal untuk menggambarkan berbagai aspek permainan, tetapi *framework* MDA memberikan definisi yang jelas bagi istilah-istilah ini dan berupaya menjelaskan hubungan dan dampak saling memengaruhi di antara mereka dalam pengalaman pemain [14], [19].

- a. *Mechanics* menggambarkan komponen-komponen khusus dalam permainan, pada tingkat representasi data dan algoritma.
- b. *Dynamics* menggambarkan perilaku pada saat bermain dari mekanik yang berinteraksi dengan masukan pemain dan keluaran satu sama lain seiring waktu.
- c. *Aesthetics* menggambarkan reaksi emosional yang muncul pada saat pemain berinteraksi dengan *game*.

Game yang dibangun ini diberi judul Game “Feeding Frog”. Game ini adalah game kognitif yang menstimulasi motorik anak, pengenalan mengenai hewan dan makanan hewan. Game ini dimainkan oleh satu orang pemain pada satu waktu. Dalam permainannya, pemain memilih hewan yang akan digunakan saat bermain. Dari pilihan hewan tersebut, pemain menyocokkan sesuai dengan makanan dari hewan yang dipilih. Jika salah menyocokkan, maka nyawa akan berkurang 1 dari ketersediaan 3 nyawa untuk setiap pemainnya.

Perancangan dilakukan pada awal pengembangan game *feeding frog* untuk memudahkan pengerjaan pada tahap selanjutnya. Prosedur aksi dan aturan mengenai pembatasan dalam *game* kognitif *feeding frog* terlihat pada tabel 2 di bawah ini, akan diuraikan mengenai aturan-aturan yang mengikat setiap komponen dalam permainan.

Tabel 2. Prosedur aksi game feeding frog

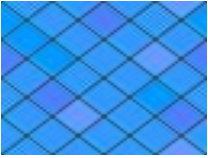
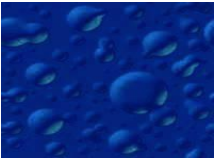
Komponen	Aksi Pemain
Prosedur	Nyawa akan berkurang jika pemain salah menyocokkan hewan dengan makanannya
Level dan Skenario	Terdiri dari 3 level tingkat kesulitan yang ditentukan oleh scenario yang dibuat. Skenario mengatur kerandoman dan kecepatan musuh serta makanan yang keluar di screen permainan Satu atau lebih <i>target point</i> berada pada tepi peta. Posisi <i>target point</i> ditandai target bergerak warna yang berbeda dengan warna pemain
Aturan	Pemain memiliki <i>hit point</i> sebagai indikator utama permainan Pemain memiliki warna tertentu yang dipakai pada hewan yang dipilih Pemain dinyatakan menang apabila berhasil menyocokkan hewan dengan semua makanannya Pemain dinyatakan kalah apabila sisa nyawa 0
Musuh	Musuh memiliki berbagai jenis dengan perilaku dan atributnya masing-masing Setiap musuh memiliki <i>range</i> untuk kemudian melakukan aksi seperti terbang secara random
UI	<i>Hit point bar</i> menampilkan jumlah <i>hit point</i> pemain. Nyawa menampilkan sisa nyawa pemain Tombol menu untuk Kembali ke menu utama maupun untuk keluar dari permainan
Mechanics : Genre/ topik Tujuan	Game kognitif stimulasi Mengenal habitat hewan dan makanannya, stimulasi motorik anak usia dini Penggunaan HP Android
Platform	Untuk anak usia 2-5 tahun
Rating Level	Terdiri dari 3 level tingkat kesulitan : basic, intermediate, dan advanced Animasi 2D
Konsep Art Dynamics : Storyline Kontrol game Challenges	Alur cerita pada game berfokus pada sebuah taman bunga dimana pemain diharuskan menyocokkan hewan dengan makanannya Tingkat kesulitan sesuai level yang diatur dengan kerandoman dan kecepatan musuh yang ditampilkan
Game rules	Menu khusus yang menampilkan aturan main pada game disertai dengan audio dan video penjelasan singkat
Aesthetics : Sensasi Narasi	Respon pemain antusias mencoba permainan untuk pertama kalinya Adanya pengembangan cerita dari habitat taman sesuai dengan level tingkat kesulitan
Relaksasi	Ada menu untuk pause agar pemain dapat berhenti sejenak saat memainkan permainan
Fantasy	Pemain bisa membayangkan habitat asli dari serangga dalam bentuk 2D

Perumusan Gameplay game

Gameplay adalah cara pengguna berinteraksi dengan permainan. Gameplay meliputi pola-pola yang terbentuk berdasarkan aturan permainan, interaksi antara pemain dan permainan, tantangan yang dihadapi dan cara mengatasinya, serta alur dan hubungan pemain dengan permainan itu sendiri. Gameplay berbeda dari aspek grafis dan audio. Dalam permainan kartu, konsep yang setara disebut bermain. Gameplay atau lebih ke penekanan cara pemain bermain game, termasuk aturan, alur cerita, tujuan, dan pengalaman yang diperoleh seseorang dari bermain game tersebut. Dalam game kognitif *feeding frog*, *gameplay* alur permainan dengan memperkenalkan pemain pada pengetahuan tentang hewan dan makanan mereka. Permainan ini dimainkan oleh satu pemain pada satu waktu.

Asset game yang digunakan terdiri dari asset gambar game (karakter game, background, judul, rintangan) ; asset suara game (musik utama, sound effect, game over). Asset Game gambar terlihat pada tabel 3, sedangkan asset game suara terlihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Asset game

Asset Game	Karakter Game	Keterangan
Gambar	Karakter bee, butterfly, ladybug	
	Musuh Katak, Spider	
	Karakter makanan	
	Rintangan Game	
Judul Game	Menang, Kalah	
	Background Level 1	
	Background Level 2	
	Background Level 3	

Tabel 4. Asset game suara

Asset Game	Karakter Game	Keterangan
Suara	Musik Utama	Musik yang digunakan selama permainan dimulai
	Sound Effect	Effect1 pada saat berhasil memberi makan karakter sesuai dengan makanannya.
	Sound Game Over	Suara pada saat kalah

4.2 Implementasi Game Feeding Frog

Tahap ini merupakan proses realisasi dari rancangan game yang telah dikembangkan. Seluruh komponen yang mendukung pengembangan game *Feeding Frog* disiapkan dan diintegrasikan agar dapat diimplementasikan secara fungsional. Implementasi dilakukan menggunakan perangkat lunak Greenfoot, yang berbasis Java atau Stride, dan dirancang khusus untuk tujuan edukatif di tingkat sekolah menengah hingga perguruan tinggi. Greenfoot memfasilitasi pengembangan aplikasi grafis dua dimensi, seperti simulasi dan game interaktif [13].

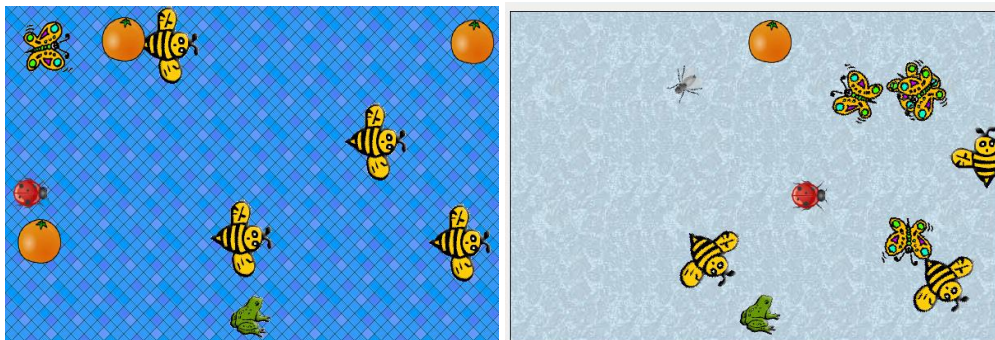
1. Greenfoot dipilih karena kompatibel dengan berbagai sistem operasi (Windows, macOS, Linux, Solaris) dan mendukung JVM versi terbaru. Beberapa keunggulan utama Greenfoot meliputi: kemudahan penggunaan bagi berbagai kalangan,
2. bersifat open source,
3. efisiensi waktu dalam pembelajaran, dan
4. meningkatkan minat siswa terhadap pemrograman [14].

Selain itu, Greenfoot menawarkan fitur visualisasi grafis langsung, deteksi tabrakan antar objek, dan kemampuan menyimpan data pemain. Platform ini telah banyak digunakan dalam pengembangan game edukatif. Dalam penelitian ini, game *Feeding Frog* dikembangkan sebagai media pembelajaran interaktif untuk anak usia 2–3 tahun, yang bertujuan merangsang kemampuan kognitif dan motorik serta memperkenalkan pengetahuan dasar tentang hewan dan makanan mereka [15]–[17].

Game ini terdiri dari tiga level bertingkat sebagai berikut:

1. Level 1 (Basic):
Anak diminta melakukan *drag and drop* untuk mencocokkan serangga dengan jenis makanannya secara langsung dari tampilan awal.
2. Level 2 (Intermediate):
Setelah berhasil pada level 1, pengguna melanjutkan dengan lebih banyak pilihan serangga dan makanan. Jika berhasil mencocokkan dengan benar, tantangan meningkat secara bertahap dengan tambahan elemen waktu. Jika gagal, informasi “KALAH” akan ditampilkan.
3. Level 3 (Advanced):
Level ini menyajikan tantangan yang lebih kompleks dengan variasi serangga dan makanan yang lebih banyak serta waktu yang terbatas. Jika berhasil menyelesaikan tugas, akan muncul notifikasi “MENANG”.

Dengan struktur bertahap tersebut, game ini tidak hanya mendidik tetapi juga memotivasi anak untuk belajar melalui pengalaman bermain yang menyenangkan dan adaptif terhadap perkembangan usia dini.



Gambar 3. Tampilan game feeding frog pada level 1 dan 3



Gambar 4. Tampilan game feeding frog pada saat menang dan kalah

Jika pengguna tepat melakukan match mix pilihan jenis makanan dari masing-masing serangga tersebut, maka akan langsung muncul lebih banyak lagi jenis pilihan serangga dan makanan di layer tampilan yang diatur dalam durasi waktu secara berkala dan melanjutkan ke level 2 (intermediate). Jika pengguna tidak tepat melakukan match mix pilihan jenis makanan dari masing-masing serangga tersebut, maka akan langsung muncul informasi KALAH.

4.3 Testing

Setelah game selesai dibuat, dilakukan testing ke pengguna sesuai target responden yaitu anak usia dini dengan didampingi oleh orang tuanya untuk evaluasi dan pengembangan lanjutan. Testing yang dilakukan meliputi uji respon pengguna dan kesan dari respon pengguna terhadap hasil yang diinginkan. Hasil yang diperoleh akan dimanfaatkan untuk melakukan perbaikan produk agar menjadi lebih baik dan layak digunakan.

Tahapan testing dilakukan menggunakan analisis kuantitatif dengan Skala *Linkert*. Metode pengujian ini melibatkan pengujian respons pengguna dengan meminta 45 anak berusia 2-5 tahun untuk memainkan *game feeding frog*. Pengujian dilakukan dengan mengamati perilaku respons pengguna selama implementasi dilakukan. Instrumen yang digunakan adalah daftar kuesioner sebagai hasil dari bentuk pengamatan tentang aplikasi yang dijalankan. dengan gradasi skala sebagai berikut : Sangat Baik (SB), Baik (B), Kurang Baik (KB), dan Tidak Baik (TB). Daftar pertanyaan yang digunakan pada uji respon pengguna dapat dilihat pada tabel 2 di bawah ini.

Tabel 4. Daftar pertanyaan

P-	PERTANYAAN
P1	Pengguna tertarik untuk menggunakan <i>game</i> kognitif <i>feeding frog</i> anak usia dini
P2	Penggunaan bahasa pada <i>game</i> kognitif <i>feeding frog</i> anak usia dini sudah jelas dan sesuai
P3	Informasi yang ada di <i>game</i> kognitif <i>feeding frog</i> anak usia dini mudah dipahami
P4	<i>Game feeding frog</i> anak usia dini dapat dijadikan sebagai media pembelajaran kognitif
P5	Audio suara pada <i>game</i> kognitif <i>feeding frog</i> anak usia dini jelas dan mudah dimengerti
P6	Video pada <i>game</i> kognitif <i>feeding frog</i> anak usia dini jelas dan mudah dimengerti
P7	Game pada <i>game</i> kognitif <i>feeding frog</i> jelas dan mudah dimengerti dapat membantu orang tua dalam melakukan stimulasi kognitif pada anak usia dini

Hasil uji respon pengguna dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Hasil uji respon pengguna

n	SKALA				Total responden
	SB	B	KB	TB	
1	17	15	10	3	45
2	19	23	3	0	45
3	20	23	1	1	45
4	14	20	8	3	45
5	27	17	1	0	45
6	22	19	4	0	45
7	27	18	0	0	45

Tabel 5 di atas mencerminkan hasil respons pengguna terhadap setiap pernyataan dalam kuesioner, dengan total responden yang berpartisipasi dalam permainan. Skala yang digunakan memiliki bobot untuk mengukur kuantitas jawaban dari responden uji respons pengguna dan menghasilkan persentase. Selanjutnya, skor ideal (kriteria) ditetapkan untuk menghitung skor rating scale atau intervalnya, beserta jumlah seluruh jawaban, dengan menggunakan rumus.

Perhitungan skor dilakukan dengan terlebih dahulu menentukan skor kriteria, yaitu hasil perkalian antara nilai skala dengan jumlah responden yang memilih pada skala tersebut, sebagaimana ditunjukkan pada Persamaan (1):

$$\text{Skor kriteria} = \text{nilai skala} \times \text{jumlah responden} \quad (1)$$

Setelah diperoleh total skor dari seluruh kategori jawaban, langkah selanjutnya adalah menghitung persentase jumlah jawaban dari responden. Persentase ini diperoleh dengan membagi frekuensi setiap jawaban (fff) dengan jumlah skor kriteria (nnn), kemudian dikalikan dengan 100%, sebagaimana dirumuskan dalam Persamaan (2):

$$p = \frac{f}{n} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

p = persentase

f = frekuensi setiap jawaban

n = jumlah skor kriteria

100 = bilangan tetap

Kemudian akan didapatkan nilai frekuensi dari setiap jawaban pernyataan. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 6 dibawah ini:

Tabel 6. Hasil akhir uji respon pengguna

n	SKALA				Frekuensi	%
	SB	B	KB	TB		
1	68	45	20	3	136	76%
2	76	69	6	0	151	84%
3	80	69	2	1	152	84%
4	56	60	16	3	135	75%
5	108	51	2	0	161	89%
6	88	57	8	0	153	85%
7	108	54	0	0	162	90%

Tabel 6 di atas menampilkan hasil dari perhitungan jumlah nilai skala dan frekuensi setiap pernyataan. Terdapat keterangan berupa kategori dalam skala pada setiap frekuensi pernyataan dan persentase jawaban pada setiap pernyataannya. Dengan struktur bertahap tersebut, game ini tidak hanya bersifat edukatif, tetapi juga mendorong anak untuk belajar melalui pengalaman bermain yang menyenangkan dan adaptif terhadap tahap perkembangan usia dini. Dalam uji respons pengguna, anak-anak secara langsung memainkan game dengan pendampingan orang tua guna memastikan pemahaman dan kenyamanan selama interaksi berlangsung. Selain observasi kualitatif, penelitian ini juga melibatkan pengujian kontrol melalui pendekatan pre-test dan post-test untuk mengevaluasi perubahan kemampuan kognitif dan motorik anak sebelum dan sesudah memainkan game. Hasil evaluasi ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih objektif mengenai efektivitas game sebagai media stimulasi perkembangan anak usia dini. Tabel 7 dibawah ini menyajikan hasil evaluasi uji kognitif yang membandingkan skor PreTest dan PostTest peserta. Dari tabel tersebut dapat dilihat perubahan tingkat pemahaman setelah intervensi diberikan, yang ditunjukkan melalui peningkatan nilai rata-rata dan penurunan standar deviasi. Analisis ini bertujuan untuk menilai efektivitas program dalam meningkatkan kemampuan kognitif responden.

Tabel 7. Hasil evaluasi uji kognitif pretest vs posttest

Indikator	Pre-test (Rata-rata)	Post-test (Rata-rata)	Peningkatan
Mengenali hewan	2.7	4.3	59.3%
Mencocokkan makanan	2.5	4.1	64.0%
Memahami instruksi	3.0	4.5	50.0%
Memori jangka pendek	2.3	4.0	73.9%
Pengambilan keputusan	2.6	4.2	61.5%

Hasil evaluasi pre-test dan post-test menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada kemampuan kognitif anak usia dini setelah bermain game *Feeding Frog*. Peningkatan ini terlihat jelas pada lima indikator utama, yaitu:

1. Kemampuan Mengenali Hewan

Sebelum bermain, anak memiliki rata-rata skor 2,7, yang menunjukkan bahwa sebagian besar anak baru mulai mengenali beberapa jenis hewan. Setelah bermain, skor meningkat menjadi 4,3, menunjukkan bahwa anak-anak lebih mudah mengidentifikasi berbagai jenis hewan seperti katak, nyamuk, dan lebah yang ditampilkan dalam game.

2. Kemampuan Mencocokkan Makanan dengan Hewan

Skor awal sebesar 2,5 menunjukkan kesulitan dalam melakukan pencocokan. Namun setelah bermain, skor meningkat menjadi 4,1. Hal ini mencerminkan bahwa interaksi langsung melalui mekanisme drag-and-drop dalam game efektif meningkatkan kemampuan anak dalam mengasosiasikan objek dengan karakter tertentu.

3. Pemahaman terhadap Instruksi

Skor pre-test sebesar 3,0 meningkat menjadi 4,5 pada post-test, yang menunjukkan bahwa game dirancang dengan petunjuk visual dan audio yang mudah dipahami oleh anak-anak. Hal ini membantu anak mengikuti instruksi dengan lebih baik selama proses bermain.

4. Kemampuan Memori Jangka Pendek

Indikator ini menunjukkan peningkatan paling signifikan, dari 2,3 menjadi 4,0 (naik 73,9%). Game *Feeding Frog* secara tidak langsung melatih memori anak melalui pengulangan dan pola interaksi yang harus diingat untuk menyelesaikan permainan di setiap level.

5. Kemampuan Mengambil Keputusan Berdasarkan Visual

Skor meningkat dari 2,6 menjadi 4,2. Anak menjadi lebih terampil dalam memilih tindakan yang tepat berdasarkan tampilan visual, seperti mengenali serangga dan memilih makanan yang sesuai dengan cepat.

Peningkatan skor pada semua indikator menunjukkan bahwa game edukatif *Feeding Frog* berhasil merangsang perkembangan kognitif anak usia dini. Pendekatan berbasis visual interaktif, gameplay bertingkat, serta penyusunan konten berbasis framework MDA terbukti efektif dalam membangun daya ingat, kemampuan klasifikasi, dan pengambilan keputusan sederhana pada anak-anak. Evaluasi ini juga menegaskan pentingnya keterlibatan anak secara langsung dengan pendampingan orang tua, serta perlunya pengujian pre dan post untuk menilai dampak edukatif dari sebuah media pembelajaran digital.

5 Kesimpulan

Desain game kognitif *Feeding Frog* dikembangkan sebagai media permainan edukatif yang tidak hanya merangsang perkembangan motorik anak, tetapi juga memperkenalkan pengetahuan dasar tentang hewan dan makanan yang sesuai. Game ini berbasis pendekatan MDA (Mechanics, Dynamics, Aesthetics) dan dirancang untuk dimainkan oleh satu pemain dalam sesi permainan yang terarah. Hasil uji respon terhadap 45 responden menunjukkan bahwa lima dari tujuh pernyataan memperoleh penilaian sangat baik, dengan nilai tertinggi mencapai 90% pada aspek kejelasan tampilan dan kemudahan pemahaman, menunjukkan efektivitas game dalam mendukung stimulasi kognitif anak oleh orang tua. Evaluasi kognitif melalui pre-test dan post-test juga menunjukkan peningkatan signifikan dalam kemampuan mengenali hewan, mencocokkan makanan, memahami instruksi, mengingat objek, dan membuat keputusan berdasarkan informasi visual. Skor rata-rata pada setiap indikator meningkat dari kategori cukup menjadi baik dan sangat baik, yang mengindikasikan kontribusi nyata game terhadap perkembangan kognitif anak usia dini. Dengan demikian, *Feeding Frog* terbukti efektif sebagai media pembelajaran yang menyenangkan, dan pengembangannya ke depan dapat diarahkan pada mode multiplayer serta variasi level untuk menyesuaikan dengan tahapan perkembangan anak.

Referensi

- [1] Elfiandi, "Bermain dan Permainan bagi Anak Usia Dini," *ITQAN J. Ilmu-Ilmu Kependidikan*, 7(1), 51-60., Vol. 7, No. 1, 2016.

- [2] S. N. Hayati and K. Z. Putro, "Bermain dan Permainan Anak Usia Dini," *J. Pendidik. Islam Anak Usia Dini*, Vol. 4, No. 1, 2021.
- [3] O. Fathurohman, "Hakikat Bermain dan Permainan Anak Usia Dini di Pendidikan Anak Usia Dini (PAUD)," *As-Sibyan J. Pendidik. Anak Usia Dini*, Vol. 2, No. 1, 2017.
- [4] C. Hayat and S. Cancerita, "Pendekatan Model Addie dan Framework MDA pada Gamifikasi Edukasi Pendidikan Seks Anak Usia Dini Addie Model and MDA Framework Approach to Gamification of Sex Education for Early Children," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, Vol. 9, No. 4, 2022.
- [5] B. Scholtz, L. Raga, and G. Baxter, "Design and Evaluation of a 'Gamified' System for Improving Career Knowledge in Computing Sciences," *African J. Inf. Commun.*, No. 18, 2016, doi: 10.23962/10539/21322.
- [6] J. Harms, C. Wimmer, K. Kappel, and T. Grechenig, "Gamification of Online Surveys: Conceptual Foundations and a Design Process based on the MDA Framework," in *Proceedings of the NordiCHI 2014: The 8th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Fun, Fast, Foundational*, 2014. doi: 10.1145/2639189.2639230.
- [7] G. P. Kusuma, E. K. Wigati, Y. Utomo, and L. K. Putera Suryapranata, "Analysis of Gamification Models in Education using MDA Framework," in *Procedia Computer Science*, 2018. doi: 10.1016/j.procs.2018.08.187.
- [8] K. Huotari and J. Hamari, "A Definition for Gamification: Anchoring Gamification in the Service Marketing Literature," *Electron. Mark.*, Vol. 27, No. 1, 2017, doi: 10.1007/s12525-015-0212-z.
- [9] M. Jurgelaitis, L. Čeponienė, K. Butkus, R. Butkienė, and V. Drungilas, "MDA-Based Approach for Blockchain Smart Contract Development," *Appl. SCI.*, Vol. 13, No. 1, 2023, doi: 10.3390/app13010487.
- [10] A. Toto et al., "Urinary Malondialdehyde (MDA) Concentrations in the General Population—A Systematic Literature Review and Meta-Analysis," *Toxics*, Vol. 10, No. 4, 2022. doi: 10.3390/toxics10040160.
- [11] U. Ruhi, "Level Up Your Strategy: Towards a Descriptive Framework for Meaningful Enterprise Gamification," *Technol. Innov. Manag. Rev.*, 2015, doi: 10.22215/timreview918.
- [12] F. Angelia and Suharjito, "Improving English Learning Through Game using 6-11 MDA Framework," in *Proceedings of 2019 International Conference on Information and Communication Technology and Systems, ICTS 2019*, 2019. doi: 10.1109/ICTS.2019.8850951.
- [13] M. Zyda, "From Visual Simulation to Virtual Reality to Games," *Computer (Long. Beach. Calif.)*, 2005, doi: 10.1109/MC.2005.297.
- [14] S. D. Putra and V. Yasin, "MDA Framework Approach for Gamification-based Elementary Mathematics Learning Design," *Int. J. Eng. Sci. Inf. Technol.*, Vol. 1, No. 3, 2021, doi: 10.52088/ijesty.v1i3.83.
- [15] S. Xinogalos and M. M. Tryfou, "Using Greenfoot as a Tool for Serious Games Programming Education and Development," *Int. J. Serious Games*, Vol. 8, No. 2, 2021, doi: 10.17083/ijsg.v8i2.425.
- [16] E. L. Sutigno, O. D. Nurhayati, and K. T. Martono, "Perancangan Media Pembelajaran Alat Musik Pianika menggunakan Greenfoot," *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, Vol. 3, No. 1, 2015, doi: 10.14710/jtsiskom.3.1.2015.36-43.
- [17] A. Taufik, T. Apendi, S. Saidi, and Z. Istiarsono, "Parental Perspectives on the Excellence of Computer Learning Media in Early Childhood Education," *JPUD - J. Pendidik. Usia Dini*, 2019, doi: 10.21009/jpud.132.11.
- [18] K. S. Ekaputra, R. Yuniarti, and A. Komarudin, "Educational Game Design for Introduction to Immune Systems in Biology Learning at High School," *JUMANJI (Jurnal Masy. Inform. Unjani)*, Vol. 6, No. 1, 2022, doi: 10.26874/jumanji.v6i1.102.
- [19] R. Junior and F. Silva, "Redefining the MDA Framework—the Pursuit of a Game Design Ontology," *Inf.*, Vol. 12, No. 10, 2021, doi: 10.3390/info12100395.
- [20] S. Rofiah, "Pengenalan Greenfoot dalam Pembuatan Game berorientasi Objek," *Inf. Manag. Educ. Prof.*, Vol. 1, No. 2, 2017.
- [21] I. Utting, S. Cooper, M. Kölling, J. Maloney, and M. Resnick, "Alice, Greenfoot, and Scratch - A discussion," *ACM Trans. Comput. Educ.*, Vol. 10, No. 4, 2010, doi: 10.1145/1868358.1868364.