E-ISSN : 2988-1986
https://ejournal.cahayailmubangsa.institute/index.php/kohesi

Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek
Volume 10 No 6 Tahun 2025

FOSSOR: INTEGRASI NARATIF ENDOGEN DAN *ENVIRONMENTAL PUZZLE* DALAM *SERIOUS GAME* UNTUK EDUKASI KEBERLANJUTAN LINGKUNGAN

Excel Rechy Katuuk [1*], Nabil Hamba Illahi [2], Warraney William Timbuleng [3], Yehezkiel Constantinvz Cicero Achilles Montolalu [4], Brave Angkasa Sugiarso [5], Ade Yusupa [6], Yuri Vanli Akay [7], Kenneth Palilingan [8]
[1,2,3,4,5,6,7,8]Program Studi Teknik Informatika , Fakultas Teknik, Universitas Sam Ratulangi Kota Manado, Indonesia
E-mail: excelkatuuk026@student.unsrat.ac.id[1*]
nabilillahi026@student.unsrat.ac.id[2*]
warraneytimbuleng026@student.unsrat.ac.id[3*]
yehezkielmontolalu026@student.unsrat.ac.id[4*]
brave@unsrat.ac.id[5*]
ade@unsrat.ac.id[6*]
yuriakay@unsrat.ac.id[7*]
kennethpalilingan@unsrat.ac.id[8*]

ABSTRACT

Serious games are increasingly recognized as effective tools for complex topics like environmental sustainability, shifting learning from passive to active. However, research gaps remain in how to synergistically integrate rich narratives with complex environmental puzzles to maximize player engagement and learning outcomes. This study addresses this gap through the design and implementation of "FOSSOR," a 2D serious game prototype developed using the Unity engine. The core of the research lies in implementing complex player movement mechanics, specifically 'wall slide' and 'wall jump', as a technical foundation for meaningful environmental puzzles. This research and development (R&D) study successfully produced a functional prototype, validated through black-box testing, confirming that all mechanics work as designed. This prototype serves as a robust technical foundation for the next stages: full implementation of an endogenous narrative, explicit level design based on sustainability-themed puzzles, and a mixed-methods evaluation to measure the game's effectiveness in enhancing player knowledge and awareness.

Keywords: Serious Game, Sustainability Education, Environmental Puzzle, Narrative Design, Game Engine, Constructivism

ABSTRAK

Serious game semakin diakui sebagai alat yang efektif untuk topik kompleks seperti keberlanjutan lingkungan, yang mengubah pembelajaran dari pasif menjadi aktif. Namun, masih terdapat kesenjangan riset mengenai cara mengintegrasikan naratif yang kaya dengan *environmental puzzle* yang kompleks secara sinergis untuk memaksimalkan keterlibatan pemain dan hasil belajar.

Article History
Received: November 2025
Reviewed:November 2025
Published: November 2025

Plagiarism Checker No 235
Prefix DOI : 10.8734/Kohesi.v1i2.365
Copyright : Author
Publish by : Kohesi

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License

Penelitian ini menjawab kesenjangan tersebut melalui perancangan dan implementasi "FOSSOR", sebuah prototipe *serious game* 2D yang dikembangkan menggunakan *game engine* Unity. Inti dari penelitian ini terletak pada implementasi mekanika pergerakan pemain yang kompleks, khususnya *wall slide* dan *wall jump*, sebagai fondasi teknis untuk *environmental puzzle* yang bermakna. Penelitian dan pengembangan (R&D) ini berhasil menghasilkan prototipe fungsional yang telah divalidasi melalui *black-box testing*, yang mengonfirmasi bahwa semua mekanika berfungsi sesuai desain. Prototipe ini berfungsi sebagai fondasi teknis yang kuat untuk tahap selanjutnya: implementasi penuh naratif endogen, desain level yang eksplisit berbasis teka-teki bertema keberlanjutan, dan evaluasi *mixed-methods* untuk mengukur efektivitas game dalam meningkatkan pengetahuan dan kesadaran pemain.

Kata Kunci: ***Serious Game, Edukasi Keberlanjutan, Environmental Puzzle, Desain Naratif, Game Engine, Konstruktivisme***

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi informasi telah mendorong inovasi media pembelajaran interaktif, seperti game edukasi, yang terbukti mampu meningkatkan motivasi dan fokus belajar (Setyawan et al., 2019). Sejalan dengan teori belajar konstruktivisme, game edukasi mengubah paradigma pembelajaran dari pasif menjadi aktif, di mana pemain membangun pengetahuan melalui pengalaman interaktif (Tamam et al., 2024). Di luar pendidikan formal, berkembang pula genre *serious games* yang dirancang spesifik untuk mendidik atau mengubah perilaku (Seider, 2025). Genre ini sangat efektif untuk edukasi isu kompleks seperti pembangunan berkelanjutan, karena mampu meningkatkan kesadaran, pengetahuan, dan mendorong aksi nyata terhadap tantangan lingkungan yang seringkali terasa abstrak (Ouariachi et al., 2018; Liarakou et al., 2012).

Efektivitas *serious games* bertema lingkungan berakar pada kemampuannya mensimulasikan konsekuensi tindakan pemain, sehingga mengurangi jarak psikologis terhadap isu lingkungan dan menumbuhkan keterlibatan emosional (Chen et al., 2024). Keberhasilan desain game semacam ini sangat bergantung pada dua elemen krusial yaitu naratif dan *environmental puzzle*. Naratif yang terintegrasi secara mendalam (fantasi endogen) menyediakan konteks dan motivasi "mengapa" sebuah masalah perlu dipecahkan, yang esensial untuk keterlibatan pemain (Dickey, 2006; Jemmali et al., 2018). Secara simultan,

environmental puzzle menuntut pemain untuk berinteraksi dan memahami lingkungan game secara aktif untuk menemukan solusi, menyediakan mekanisme "bagaimana" pengetahuan diterapkan (Sci-Fi Environmental Puzzle Design for Indie Developers - Wayline, n.d.; Perez, 2019). Kombinasi strategis antara naratif yang kuat dan teka-teki yang bermakna inilah yang menciptakan siklus pembelajaran yang saling menguatkan, menjadikan proses belajar lebih koheren dan berdampak.

1.2 Latar Belakang

Meskipun efektivitas game edukasi telah banyak diteliti, masih terdapat kesenjangan riset spesifik mengenai dampak sinergis dari integrasi naratif yang kaya dengan *environmental puzzle* yang kompleks, khususnya dalam konteks edukasi keberlanjutan (Setyawan et al., 2019; Jemmali et al., 2018; Perez, 2019; Wp et al., 2025). Di Indonesia, walaupun penelitian teknologi interaktif telah mengeksplorasi pemanfaatan AR dan laboratorium virtual untuk berbagai aplikasi (Sutrisno et al., 2023; Yusupa, 2023; Yusupa et al., 2023), penelitian ini bertujuan mengisi kesenjangan riset internasional sekaligus memperluas domain penelitian teknologi interaktif di Indonesia dengan menerapkan *serious games* pada isu pendidikan lingkungan. Oleh karena itu, pertanyaan penelitian utamanya adalah bagaimana perancangan dan implementasi sebuah *serious game* yang mengintegrasikan secara sinergis naratif yang kaya dan mekanika *environmental puzzle* dapat secara efektif meningkatkan pemahaman, kesadaran, dan keterlibatan pemain terhadap isu-isu keberlanjutan lingkungan?

1.3 Latar Belakang

Selaras dengan rumusan masalah yang telah diuraikan, penelitian ini memiliki beberapa tujuan, yaitu:

- Merancang sebuah prototipe *serious game* untuk edukasi lingkungan dengan nama "FOSSOR", yang berfokus pada integrasi endogen antara alur cerita (naratif) yang mendalam dengan serangkaian *environmental puzzle* yang relevan secara ekologis.
- Mengimplementasikan prototipe game tersebut menggunakan *game engine* modern, dengan menerapkan prinsip-prinsip desain yang telah diidentifikasi dari tinjauan pustaka untuk memastikan pengalaman pengguna yang imersif dan intuitif.
- Mengevaluasi efektivitas prototipe game "FOSSOR" dalam mencapai tujuan edukatifnya melalui metode campuran (*mixed-methods*), mengukur peningkatan pengetahuan (kuantitatif) serta perubahan persepsi dan tingkat keterlibatan pemain (kualitatif) sebelum dan sesudah bermain.

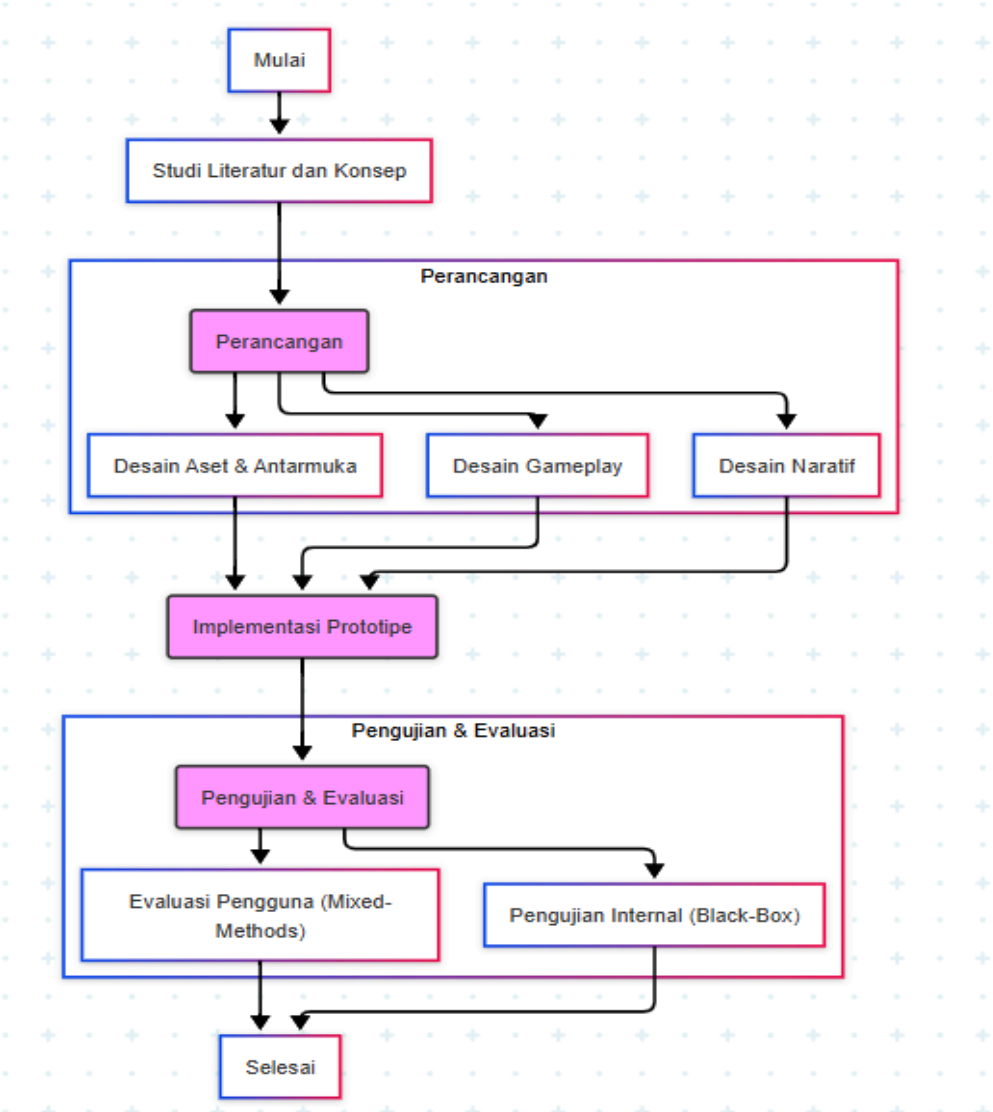
2. METODE

2.1 Dasar Penelitian

Penelitian ini menggunakan model Penelitian dan Pengembangan (*Research and Development* atau *R&D*) untuk merancang, mengimplementasikan, dan mengevaluasi *serious game* "FOSSOR". Alur pengembangan mengadopsi model *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC) yang terdiri dari enam tahapan yaitu konsep, perancangan, pengumpulan materi, pembuatan, pengujian, dan distribusi. Namun, penelitian ini berfokus pada tahapan konsep hingga pengujian dan evaluasi prototipe.

2.2 Latar Belakang

Proses penelitian dilakukan secara sistematis yang digambarkan pada Diagram Alir di Gambar 1.



***Gambar 1**. Diagram Alir Tahapan Penelitian*

- Studi Literatur dan Konsep

Tahap awal ini berfokus pada analisis kebutuhan dengan mengkaji penelitian sebelumnya mengenai *serious games*, edukasi lingkungan, desain naratif, dan *environmental puzzle*. Tujuannya adalah untuk menetapkan konsep dasar dan tujuan pembelajaran dari game "FOSSOR".

- Perancangan (*Design*)

Pada tahap ini, dilakukan perancangan seluruh elemen game, yang mencakup:

- Desain Naratif yaitu mengembangkan alur cerita yang terintegrasi secara endogen dengan tema keberlanjutan lingkungan.
- Desain *Gameplay* yaitu merancang mekanika inti permainan, termasuk teka-teki lingkungan (*environmental puzzle*) yang menuntut pemain berinteraksi aktif dengan dunia game.
- Desain Aset dan Antarmuka yaitu merancang karakter, lingkungan visual, serta *User Interface* (*UI*) dan *User Experience* (*UX*) untuk memastikan game imersif dan intuitif.

- Implementasi (*Implementation*)

Tahap ini adalah proses realisasi dari desain menjadi sebuah prototipe fungsional. Proses ini melibatkan coding mekanika permainan, integrasi aset visual dan audio, serta pembangunan level permainan.

- Pengujian dan Evaluasi

Prototipe yang telah selesai akan diuji melalui dua fase:

- Pengujian Internal (*Black-Box Testing*) dimana tim pengembang melakukan pengujian fungsionalitas untuk menemukan dan memperbaiki bug atau kesalahan teknis dalam game.
- Evaluasi Pengguna yaitu prototipe akan diuji oleh subjek penelitian untuk dievaluasi efektivitasnya dalam mencapai tujuan edukatif.

2.3 Objek dan Subjek Penelitian

Objek Penelitian adalah prototipe *serious game* "FOSSOR" yang berfokus pada edukasi keberlanjutan lingkungan. Subjek Penelitian adalah mahasiswa Program Studi Teknik Informatika, Universitas Sam Ratulangi, yang akan berpartisipasi dalam pengujian dan evaluasi prototipe game.

2.4 Objek dan Subjek Penelitian

Pengembangan dan evaluasi game ini didukung oleh serangkaian perangkat keras dan lunak sebagai berikut:

- Perangkat Keras (*hardware*)

  Laptop/PC dengan spesifikasi standar untuk pengembangan game (Prosesor Intel Core i5 atau setara, RAM 8GB, Kartu Grafis diskrit).

- Perangkat Lunak (*software*)
  - *Game Engine*: Unity 2022.3 (LTS) digunakan sebagai platform utama pengembangan.
  - Bahasa Pemrograman: C# untuk mengimplementasikan seluruh logika dan mekanika permainan.
  - Desain Aset: Blender untuk pemodelan 3D dan Figma untuk desain UI/UX.

- Instrumen Pengumpulan Data
  - Kuesioner *Pre-test* dan *Post-test* untuk mengukur peningkatan pengetahuan pemain mengenai isu lingkungan sebelum dan sesudah bermain.
  - Wawancara Terstruktur untuk mengumpulkan data kualitatif mengenai persepsi, keterlibatan, dan pengalaman pemain.

2.5 Metode Analisis Data atau Algoritma

Salah satu mekanika inti yang diimplementasikan untuk mendukung *environmental puzzle* adalah kemampuan pergerakan pemain yang kompleks, seperti *wall slide* dan *wall jump*. Mekanika ini memungkinkan pemain untuk mencapai area vertikal yang tidak bisa dijangkau dengan lompatan biasa, menjadi kunci untuk menyelesaikan teka-teki berbasis lingkungan. Logika implementasinya adalah sebagai berikut:

- Deteksi Dinding

  Sistem secara konstan memeriksa apakah pemain bersentuhan dengan objek pada `wallLayer` menggunakan Physics2D.OverlapCircle.

- *Wall Sliding*

  Jika pemain menyentuh dinding saat berada di udara (`!grounded`), kecepatan jatuh vertikalnya akan diperlambat hingga nilai `wallSlidingSpeed`, menciptakan efek meluncur di dinding. Status `isWallSliding` diaktifkan.

- *Wall Jump*

Saat pemain dalam kondisi `isWallSliding`, menekan tombol lompat akan memicu fungsi `WallJump`. Fungsi ini memberikan gaya dorong horizontal dan vertikal yang berlawanan arah dari dinding (`wallJumpingDirection`).

- *Cooldown Mechanism*

Untuk mencegah pemain melakukan *wall jump* secara terus-menerus, sebuah mekanisme *cooldown* diimplementasikan. Setelah melakukan *wall jump*, status `isWallJumping` menjadi true dan sebuah penghitung waktu (`wallJumpingCounter`) diaktifkan selama 0.2 detik. Selama periode ini, input gerakan horizontal pemain dinonaktifkan untuk memastikan lompatan dari dinding berjalan mulus. Setelah penghitung waktu selesai, status `isWallJumping` kembali ke false.

2.6 Validasi atau Evaluasi Hasil

Evaluasi efektivitas prototipe game "FOSSOR" dilakukan dengan metode campuran (*mixed-methods*).

- Analisis Kuantitatif

Data dari kuesioner *pre-test* dan *post-test* akan dianalisis menggunakan uji statistik paired sample t-test untuk melihat apakah terdapat perbedaan signifikan pada tingkat pengetahuan subjek setelah memainkan game.

- Analisis Kualitatif

Hasil wawancara akan dianalisis menggunakan teknik analisis tematik untuk mengidentifikasi pola-pola umum terkait persepsi, kesadaran, dan tingkat keterlibatan pemain terhadap isu keberlanjutan yang disajikan dalam game.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

2.1 Hasil Penelitian

Hasil utama dari penelitian ini adalah sebuah prototipe *platformer game* 2D yang fungsional, dikembangkan menggunakan *game engine* Unity dengan bahasa C#. Prototipe ini berfokus pada implementasi mekanika pergerakan pemain yang kompleks sebagai fondasi untuk *environmental puzzle*.

3.2 Validasi atau Evaluasi Hasil

Mekanika inti dirancang untuk menuntut pemain berinteraksi secara aktif dengan lingkungan. Implementasi dari skrip `playermovement.cs` berhasil merealisasikan beberapa kemampuan kunci:

- Pergerakan Horizontal dan Lompatan

  Pemain dapat bergerak secara horizontal menggunakan `Input.GetAxis("Horizontal")` dan melompat menggunakan `Input.GetButtonDown("Jump")`. Fungsi `Flip()` memastikan orientasi visual karakter (kiri atau kanan) sesuai dengan arah input.

- *Wall Interaction* (*Wall Slide* dan *Wall Jump*)

  Ini adalah mekanika kunci untuk *environmental puzzle*. Sistem menggunakan `Physics2D.OverlapCircle` pada posisi `wallCheck` untuk mendeteksi `wallLayer`. Saat pemain menyentuh dinding (`isTouchingWall`) dan tidak di tanah (`!grounded`), kecepatan jatuhnya dibatasi oleh `wallSlidingSpeed`, memberikan efek "meluncur" perlahan di dinding. Saat isWallSliding, pemain dapat menekan tombol lompat untuk melakukan *wall jump*, yang memberikan gaya dorong horizontal berlawanan (`wallJumpingDirection`) dan vertikal (`wallJumpingPower.y`).

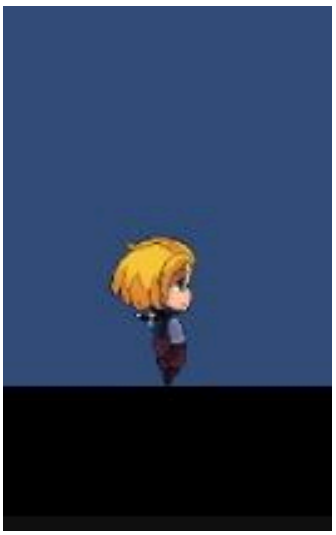
- *Cooldown Mechanism*

  Untuk memastikan *wall jump* terkontrol, *cooldown* 0.2 detik (`wallJumpingTime`) diimplementasikan. Selama durasi ini, status `isWallJumping` aktif dan input horizontal pemain diabaikan untuk memungkinkan busur lompatan yang konsisten.

Rangkaian mekanika pergerakan ini diilustrasikan pada Gambar 2.



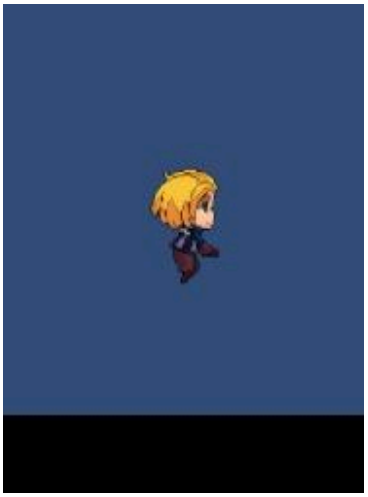
(a)



(b)



(c)



(d)

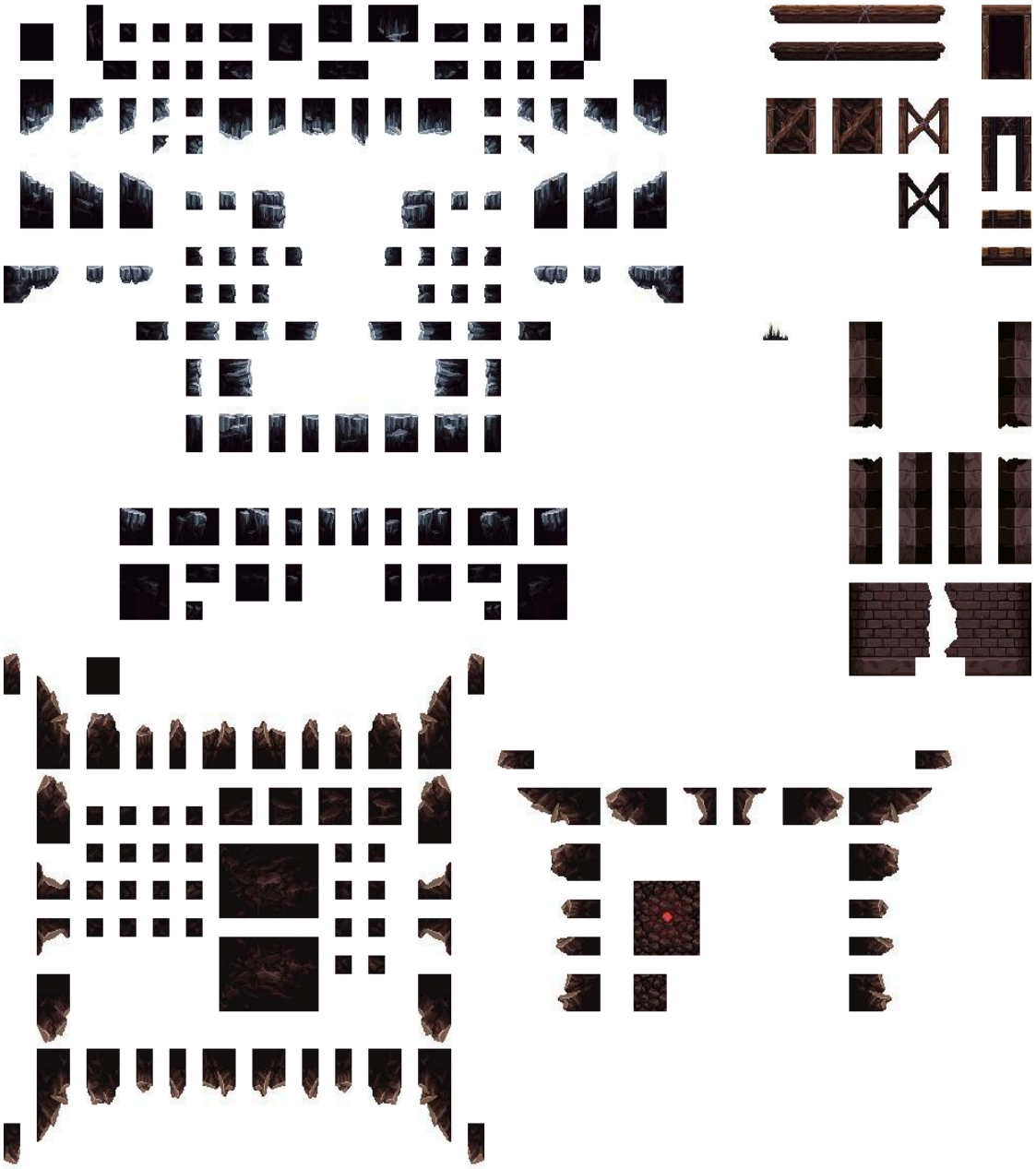


(e)

Gambar 2*. Rangkaian Mekanika Pergerakan Karakter (a) karakter diam, (b) karakter menghadap kanan, (c) karakter menghadap kiri, (d) karakter melompat, (e) karakter memanjat*

3.3 Desain Aset dan Lingkungan

Selain mekanika, aset visual untuk membangun dunia permainan (*world-building*) telah dikembangkan. Aset-aset ini dirancang untuk secara visual merepresentasikan tema lingkungan sekaligus berfungsi sebagai elemen puzzle (misalnya, tembok yang dapat dipanjat, platform, rintangan). Kumpulan aset yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Aset Lingkungan untuk World-Building

3.4 Pengujian Fungsional

Pengujian internal (*black-box testing*) telah dilakukan pada prototipe. Hasil pengujian menunjukkan bahwa semua mekanika yang diimplementasikan (pergerakan horizontal, lompat, deteksi dinding, *wall slide*, dan *wall jump* beserta *cooldown*-nya) berfungsi sesuai dengan spesifikasi desain.

3.5 Pembahasan

Pembahasan ini menganalisis bagaimana fondasi mekanis yang telah diimplementasikan berkontribusi langsung pada tujuan penelitian utama: integrasi sinergis antara naratif dan *environmental puzzle*. Hasil implementasi prototipe ini memberikan fondasi mekanis yang kuat untuk mencapai tujuan tersebut. Mekanika *wall slide* dan *wall jump* berfungsi lebih dari sekadar fitur pergerakan; mekanika ini adalah inti dari implementasi *environmental puzzle*. Dalam konteks "FOSSOR", pemain tidak hanya "diberi tahu" (pembelajaran pasif) tentang masalah lingkungan, tetapi "dipaksa" untuk secara aktif berinteraksi, menganalisis, dan mengatasi rintangan di lingkungan tersebut untuk maju. Interaksi kompleks ini misalnya, menggunakan *wall jump* untuk memanjat tumpukan sampah vertikal atau menavigasi pabrik yang runtuh secara langsung sejalan dengan teori konstruktivisme yang diuraikan di pendahuluan, di mana pemain membangun pengetahuan secara aktif.

Mekanika ini menyediakan "bagaimana" (penerapan pengetahuan), yang dirancang untuk bersinergi dengan naratif yang menyediakan "mengapa" (konteks dan motivasi). Pendekatan "FOSSOR" yang mengadopsi mekanika platformer parkour, dibandingkan game edukasi pasif, bertujuan meningkatkan keterlibatan emosional dan kognitif. Tantangan fisik dalam menguasai *wall jump* dapat mencerminkan tantangan nyata dalam mengatasi masalah lingkungan, sehingga berpotensi memperkuat pesan naratif.

3.6 Keterbatasan dan Arah Selanjutnya

Penelitian ini memiliki keterbatasan yang jelas pada tahap ini. Prototipe yang dihasilkan baru berfokus pada implementasi mekanika inti. Aspek krusial seperti integrasi mendalam dengan alur cerita (naratif endogen) dan desain level yang secara eksplisit mengusung teka-teki bertema keberlanjutan belum diimplementasikan sepenuhnya. Oleh karena itu, evaluasi efektivitas game terhadap pengguna untuk mengukur peningkatan pengetahuan dan kesadaran belum dilakukan.

Tahapan penelitian selanjutnya adalah mengimplementasikan desain naratif dan level secara penuh, diikuti dengan evaluasi pengguna menggunakan metode campuran (*mixed-methods*). Pengujian ini krusial untuk memvalidasi apakah sinergi antara mekanika *gameplay* yang menantang dan naratif yang kuat ini benar-benar efektif dalam meningkatkan pemahaman dan kesadaran pemain terhadap isu keberlanjutan, sesuai dengan pertanyaan penelitian utama.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini telah berhasil merancang dan mengimplementasikan prototipe fungsional *serious game* 2D bernama "FOSSOR" menggunakan *game engine* Unity. Pencapaian utama tahap ini adalah realisasi fungsional dari mekanika pergerakan pemain yang kompleks (*wall slide* dan *wall jump* beserta mekanisme *cooldown*-nya), yang telah divalidasi melalui *black-box testing*. Implementasi mekanika ini berhasil menjadi fondasi teknis yang kuat untuk pengembangan *environmental puzzle*. Dengan demikian, prototipe ini telah menjawab bagian perancangan dan implementasi dari tujuan penelitian, menciptakan basis untuk sinergi antara *gameplay* (interaksi aktif pemain dengan lingkungan) dan naratif dalam edukasi keberlanjutan.

Berdasarkan keterbatasan yang ditemukan, saran untuk penelitian selanjutnya difokuskan pada penyelesaian pengembangan dan validasi. Pertama, diperlukan implementasi penuh dari desain naratif (alur cerita) yang terintegrasi secara endogen dengan *gameplay*, untuk memberikan konteks "mengapa" pemain harus menyelesaikan tantangan. Kedua, perlu dilakukan pengembangan desain level yang secara eksplisit memanfaatkan mekanika *wall slide* dan *wall jump* sebagai *environmental puzzle* yang bertema keberlanjutan (misalnya, memanjat tumpukan sampah atau menavigasi pabrik yang runtuh). Ketiga, setelah prototipe lengkap, evaluasi efektivitas game terhadap pengguna menjadi krusial. Evaluasi ini harus dilaksanakan menggunakan metode campuran (*mixed-methods*), mencakup uji *pre-test* dan *post-test* (kuantitatif) serta wawancara (kualitatif), guna menjawab pertanyaan penelitian utama secara menyeluruh.

DAFTAR PUSTAKA

Chen, J., He, M., Chen, J., & Zhang, C. (2024). Exploring the role and mechanisms of environmental serious games in promoting pro-environmental decision-making: a focused literature review and future research agenda. *Frontiers in Psychology*, *15*, 1455005. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1455005

Dickey, M. D. (2006). Game design Narrative for learning: Appropriating adventure game design narrative devices and techniques for the design of interactive learning environments. *Educational Technology Research and Development*, *54*(3), 245–263. https://doi.org/10.1007/s11423-006-8806-y

Jemmali, C., Bunian, S., Mambretti, A., & El-Nasr, M. S. (2018). Educational game design. *International Journal of Gaming and Computer-Mediated Simulations*, 1–10. https://doi.org/10.1145/3235765.3235783

Liarakou, G., Sakka, E., Gavrilakis, C., & Tsolakidis, C. (2012). Evaluation of serious games, as a tool for education for sustainable Development. *European Journal of Open Distance and E-Learning*, *15*(2). https://old.eurodl.org/materials/special/2012/Liarakou_et-al.pdf

Ouariachi, T., Olvera-Lobo, M. D., & Gutiérrez-Pérez, J. (2018). Serious games and sustainability. In *Encyclopedia of Sustainability in Higher Education* (pp. 1–10). https://doi.org/10.1007/978-3-319-63951-2_326-1

Perez, J. (2019, July 22). *Environment production for adventure games*. https://80.lv/articles/environment-production-for-adventure-games

Sci-Fi environmental puzzle design for indie developers - Wayline. (n.d.). https://www.wayline.io/blog/sci-fi-environmental-puzzle-design-for-indie-developers-breaking-the-mold-with-wayline-tools

Seider, S. (2025, December 6). *Serious gaming and sustainability*. Umweltbundesamt. https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/digitalisation/digital-sustainability/serious-gaming-sustainability

Setyawan, W. C., Sulthoni, S., & Ulfa, S. (2019). Pengembangan Multimedia Game edukasi IPA Lapisan Bumi untuk MTS. *DOAJ (DOAJ: Directory of Open Access Journals)*, *2*(1), 30–36. https://doi.org/10.17977/um038v2i12019p030

Sutrisno, A., Wuisang, C. E. V., & Yusupa, A. (2023). Disaster readiness assessment model using integrated statistical variance and proximity value index. *International Journal of Emergency Services*, *12*(2), 197–212. https://doi.org/10.1108/ijes-09-2022-0050

Tamam, A. K. I., Asyhary, F. Z., Utami, T. E. B., Hidayah, I., & Candra, D. A. (2024). Eco Guardians: Game Interaktif berbasis Augmented Reality sebagai Media Edukasi Pengelolaan Limbah. *Journal of Education Research*, *5*(4), 6753–5765. https://doi.org/10.37985/jer.v5i4.2126

Thinky Games. (2024, April 9). *Emotional Environmental Puzzle Design - Tori Smith (ThinkyCon 2024)* [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=8VdFjayi844

Wp, D. A., Herdiansah, A., Herryansyah, H., & Nanda, I. (2025). Pengembangan Game Edukasi Interaktif Pengenalan dan Pengelolaan Sampah Menggunakan Pendekatan Multimedia Development Life Cycle. *Reputasi Jurnal Rekayasa Perangkat Lunak*, *5*(2), 150–159. https://doi.org/10.31294/reputasi.v5i2.5624

Yusupa, A. (2023). Pengembangan Augmented Reality Marketing (ARM) menggunakan algoritma Fast Corner sebagai media promosi produk furniture pelaku usaha. *Jurnal Informatika Polinema*, *10*(1). https://doi.org/10.33795/jip.v10i1.1516

Yusupa, A., Sitompul, B. J. D., & Robot, J. R. (2023). Digital marketing counseling as a marketing strategy for MSMEs in facing the Covid-19 pandemic in Manado City. *Community Empowerment*, *8*(2), 286–292. https://doi.org/10.31603/ce.8797