

IMPLEMENTASI TAHAP PRODUKSI PADA PENGEMBANGAN GAME EDUKASI TINGKULUAK BERBASIS UNITY MENGUNAKAN TEKNIK SCRIPTING

Implementation of the Production Stage in the Development of the Unity-Based Tingkuluak Educational Game Using the Scripting Technique

Arfan Maulana & Nusrito Zalins Adekory

Universitas Negeri Padang

arfanmaulana81@sma.belajar.id; nusrito@unp.ac.id

Article Info:

Submitted:	Revised:	Accepted:	Published:
Jun 18, 2026	Jul 16, 2026	Jul 28, 2026	Aug 2, 2026

Abstract

Although the development of culture-based educational games offers opportunities for preserving local heritage, studies on the implementation of scripting techniques during the production stage remain limited. This study aimed to describe the implementation of the production stage in the development of the Unity-based Tingkuluak educational game. The study employed a research and development approach with a Game Development Life Cycle design comprising the initiation, preproduction, production, testing, and release stages. Data were collected through an interview with a cultural expert, an initial questionnaire administered to 101 respondents, documentation, a literature review, alpha testing by an expert, and beta testing involving five users aged 11–18 years. The data were analyzed using qualitative and quantitative descriptive methods. The results showed that scripting techniques successfully integrated character movement, dialogue, object interactions, scene transitions, minigames, and the *Album Budaya* into a unified gameplay system. The beta testing results yielded an average score of 4.63 on a 5-point scale, while the feasibility aspect as a cultural education medium received a score of 5.00.

Character animation received the lowest score of 4.20 and therefore still requires improvement. This study strengthens the application of the Game Development Life Cycle and scripting techniques in the development of culture-based educational media and produces a production workflow that can be used to integrate various game features. Further development should involve a broader range of respondents, improve character animation, and assess improvements in users' knowledge through pretests and posttests.

Keywords: Game Development Life Cycle; Educational Game; Scripting; Tingkuluak; Unity

Abstrak: Meskipun perkembangan gim edukasi berbasis budaya membuka peluang bagi pelestarian warisan lokal, kajian mengenai implementasi teknik *scripting* pada tahap produksi masih terbatas. Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan implementasi tahap produksi dalam pengembangan gim edukasi *Tingkuluak* berbasis Unity. Penelitian menggunakan pendekatan penelitian dan pengembangan dengan desain *Game Development Life Cycle* yang meliputi tahap inisiasi, praproduksi, produksi, pengujian, dan rilis. Data dikumpulkan melalui wawancara dengan seorang ahli budaya, kuesioner awal kepada 101 responden, dokumentasi, studi literatur, pengujian alfa oleh ahli, serta pengujian beta terhadap lima pengguna berusia 11–18 tahun. Data dianalisis secara deskriptif kualitatif dan kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknik *scripting* berhasil mengintegrasikan pergerakan karakter, dialog, interaksi objek, perpindahan adegan, permainan mini, dan Album Budaya ke dalam satu sistem permainan. Hasil pengujian beta memperoleh nilai rata-rata 4,63 dari skala 5, sedangkan aspek kelayakan sebagai media edukasi budaya memperoleh nilai 5,00. Animasi karakter memperoleh nilai terendah, yaitu 4,20, sehingga masih memerlukan penyempurnaan. Penelitian ini memperkuat penerapan *Game Development Life Cycle* dan teknik *scripting* dalam pengembangan media edukasi berbasis budaya serta menghasilkan alur produksi yang dapat digunakan untuk mengintegrasikan berbagai fitur permainan. Pengembangan selanjutnya perlu melibatkan responden yang lebih luas, menyempurnakan animasi karakter, dan menguji peningkatan pengetahuan pengguna melalui *pretest* dan *posttest*.

Kata Kunci: *Game Development Life Cycle*; Gim Edukasi; *Scripting*; Tingkuluak; Unity

PENDAHULUAN

Transformasi teknologi digital telah memperluas penggunaan media visual dalam kegiatan pembelajaran, termasuk animasi, video interaktif, dan permainan digital. Media animasi mampu menggabungkan gambar bergerak, teks, suara, warna, dan alur cerita sehingga informasi dapat disajikan secara lebih konkret serta menarik perhatian peserta didik. Penggunaan media tersebut juga memberi kesempatan kepada pengguna untuk mengulang materi sesuai kebutuhan dan kecepatan belajarnya. Temuan Pradana (2025) menunjukkan bahwa video animasi dapat mendukung pembelajaran yang lebih interaktif, sedangkan Susanti et al. (2024) menegaskan bahwa animasi interaktif membantu meningkatkan minat belajar peserta didik. Pengalaman belajar digital akan menjadi lebih bermakna ketika unsur

pembelajaran terintegrasi secara langsung dengan aktivitas yang dilakukan pengguna, bukan sekadar ditempatkan sebagai informasi tambahan (van der Linden et al., 2024).

Game edukasi menjadi salah satu bentuk media digital yang dapat mempertemukan tujuan pembelajaran dengan pengalaman bermain. Karakter interaktif pada game memungkinkan pengguna menerima informasi, membuat pilihan, menghadapi tantangan, memperoleh umpan balik, dan belajar dari konsekuensi tindakannya. Othlinghaus-Wulhorst & Hoppe (2020) menjelaskan bahwa permainan serius dapat menciptakan pengalaman belajar yang bersifat kontekstual serta memberikan ruang kepada pengguna untuk mencoba berbagai strategi dalam lingkungan yang aman. Pengembangan game edukasi menggunakan Unity juga telah diterapkan untuk mengenalkan budaya Indonesia dan menyajikan materi pembelajaran melalui perangkat Android maupun perangkat seluler lainnya (Nauval et al., 2021; Prayudha & Chotijah, 2024). Temuan tersebut memperlihatkan bahwa game tidak hanya berfungsi sebagai sarana hiburan, tetapi juga dapat menjadi ruang belajar yang menempatkan pengguna sebagai pelaku aktif.

Pelestarian warisan budaya memerlukan media komunikasi yang mampu menyesuaikan bentuk penyajiannya dengan kebiasaan generasi muda. Informasi budaya yang hanya disampaikan melalui teks, dokumentasi statis, atau penjelasan satu arah berisiko kurang menarik bagi pengguna yang terbiasa berinteraksi dengan media digital. Game bertema budaya dapat menghadirkan pengetahuan lokal melalui cerita, karakter, lingkungan, tantangan, dan pengalaman visual yang saling berkaitan. DaCosta & Kinsell (2023) menemukan bahwa permainan serius memiliki potensi untuk meningkatkan kesadaran terhadap warisan budaya melalui pengalaman belajar yang imersif. Camuñas-García et al. (2023) juga menjelaskan bahwa keterlibatan pengguna terhadap budaya melalui game mencakup dimensi kognitif, emosional, dan perilaku. Daya tarik visual, interaktivitas, kemudahan penggunaan, dan pengalaman imersif turut memengaruhi kesediaan pengguna untuk terus memainkan game yang mengangkat warisan budaya takbenda (Qiu et al., 2024).

Tingkuluak merupakan salah satu unsur pakaian adat perempuan Minangkabau yang memuat nilai identitas, fungsi sosial, dan makna filosofis. Bentuk Tingkuluak tidak hanya berperan sebagai penutup kepala, tetapi juga berkaitan dengan kedudukan perempuan, lingkungan adat, serta konteks pemakaiannya. Utami & Pebriyeni (2022) menunjukkan bahwa Tingkuluak memiliki bentuk, fungsi, dan makna yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan sosial masyarakat Minangkabau. Pakaian Bundo Kanduang juga merepresentasikan

kehormatan, tanggung jawab, serta posisi perempuan sebagai penjaga nilai adat dan keberlanjutan keluarga (Kamila et al., 2024). Kekayaan bentuk dan makna tersebut perlu dikenalkan melalui penyajian yang tidak berhenti pada pengenalan nama atau bentuk visual, tetapi juga membantu pengguna memahami hubungan antara Tingkuluak, pemakai, dan nilai budaya yang menyertainya.

Karakter visual menjadi unsur penting ketika pengetahuan mengenai Tingkuluak diterjemahkan ke dalam media game untuk pengguna berusia 10–15 tahun. Gaya visual yang terlalu rumit dapat mengurangi keterbacaan objek, sedangkan penyederhanaan yang tidak tepat berisiko menghilangkan karakter budaya yang ingin disampaikan. Lim (2025) menjelaskan bahwa penggunaan gaya visual pada permainan edukatif perlu mempertimbangkan karakteristik dan pengalaman pengguna. Grafis 2D pixel art dapat menjadi alternatif karena menghadirkan bentuk sederhana, identitas visual yang kuat, serta aset yang relatif ringan untuk digunakan pada perangkat digital. Zufri et al. (2022) menilai bahwa pixel art tetap relevan dalam desain karakter game karena mampu membangun daya tarik melalui pengolahan bentuk dan piksel yang khas. Penerapan pixel art pada game bertema sejarah dan budaya juga dapat membantu menerjemahkan pakaian, karakter, serta lingkungan tradisional ke dalam bahasa visual yang lebih dekat dengan pemain muda (Andito, 2023).

Proses pengembangan game memerlukan tahapan kerja yang menghubungkan gagasan budaya, rancangan permainan, aset visual, dan sistem interaksi menjadi produk yang dapat dimainkan. Aleem et al. (2016) menjelaskan bahwa pengembangan game merupakan proses multidisipliner yang melibatkan aktivitas desain, pemrograman, seni visual, audio, pengujian, dan pengelolaan perangkat lunak. Kompleksitas tersebut memerlukan siklus pengembangan yang terstruktur agar perubahan pada satu elemen tidak menimbulkan ketidaksesuaian pada elemen lainnya. Kerangka Game Development Life Cycle membagi pengembangan game ke dalam tahapan initiation, pre-production, production, testing, beta, dan release (Ramadan & Widyani, 2013). Tahap produksi menempati posisi penting karena rancangan yang telah disusun pada tahap sebelumnya mulai diwujudkan melalui pembuatan aset, penyusunan antarmuka, pengembangan level, pemrograman mekanik permainan, serta integrasi seluruh komponen game.

Teknik scripting pada tahap produksi berfungsi mengatur hubungan antara input pemain, objek visual, aturan permainan, dan respons sistem. Script digunakan untuk menjalankan perpindahan karakter, pergantian adegan, pengelolaan dialog, perhitungan skor,

pemunculan informasi Tingkuluak, navigasi menu, animasi, serta kondisi menang dan kalah. Implementasi kode yang tidak sesuai dengan rancangan dapat menimbulkan gangguan pada alur permainan, keterlambatan respons, kesalahan interaksi, atau informasi budaya yang tidak muncul sebagaimana mestinya. Yohanes & Rochmawati (2022) memperlihatkan bahwa penerapan algoritma pada karakter dan objek permainan memerlukan pengaturan logika yang tepat agar interaksi berjalan sesuai kebutuhan permainan. Aspek tersebut berkaitan pula dengan prinsip playability, karena kualitas game tidak hanya dinilai dari tampilan, tetapi juga dari konsistensi kontrol, kejelasan tujuan, umpan balik, tantangan, serta kemudahan pemain memahami sistem permainan (Desurvire & Wiberg, 2009).

Penelitian-penelitian terdahulu telah membahas pengembangan game edukasi berbasis Unity, penerapan pixel art, desain karakter bertema budaya, dan pemanfaatan permainan digital sebagai media pembelajaran. Nauval et al. (2021) mengembangkan game Android untuk pembelajaran budaya Indonesia, sedangkan Prayudha & Chotijah (2024) mengembangkan game edukasi 2D berbasis Unity untuk pembelajaran IPA. Mega Glorysti Payona dan Rachman (2025) memusatkan perhatian pada karakter visual novel semi-RPG bertema sejarah Indonesia, sementara Andito (2023) mengembangkan karakter pixel art berdasarkan relief cerita Panji. Gintere (2019) turut memandang permainan seni digital sebagai bentuk ekspresi yang mempertemukan seni, teknologi, dan pengalaman interaktif. Kajian-kajian tersebut memperkuat potensi game sebagai media pendidikan dan kebudayaan, tetapi sebagian besar masih menempatkan hasil akhir produk, rancangan visual, atau efektivitas penggunaan sebagai perhatian utama. Pembahasan mengenai proses teknis pada tahap produksi, terutama cara script mengintegrasikan visual Tingkuluak, mekanik permainan, informasi budaya, dan respons pemain, masih terbatas.

Celah penelitian tersebut menjadi dasar bagi pengembangan game edukasi Tingkuluak berbasis Unity yang menempatkan tahap produksi sebagai fokus kajian. Kebaruan penelitian terletak pada penguraian implementasi teknik scripting untuk mengubah rancangan visual 2D pixel art dan materi budaya Tingkuluak menjadi sistem permainan yang interaktif. Kerangka GDLC digunakan sebagai dasar untuk menempatkan proses produksi secara sistematis, sedangkan prinsip playability digunakan untuk menjaga agar fungsi yang dikembangkan melalui script tetap mendukung kemudahan kontrol, kejelasan informasi, konsistensi respons, dan pengalaman bermain. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan implementasi tahap produksi pada pengembangan game edukasi Tingkuluak berbasis Unity menggunakan teknik scripting, meliputi proses integrasi aset visual, pengembangan mekanik permainan, pengaturan

interaksi pemain, penyajian informasi budaya, serta penerapan fungsi-fungsi permainan agar menghasilkan media pengenalan budaya Minangkabau yang interaktif, menarik, dan dapat digunakan oleh pengguna usia 10–15 tahun.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian dan pengembangan (*research and development*) dengan karakter deskriptif untuk menghasilkan prototipe game edukasi berjudul *Tingkuluak: Pusaka Perempuan Minang dalam Sebelai Kain*. Rancangan pengembangan mengacu pada metode *Game Development Life Cycle* (GDLC) karena menyediakan tahapan kerja yang sistematis dan sesuai dengan karakter pengembangan perangkat lunak permainan (Aleem et al., 2016). Tahapan GDLC yang diterapkan meliputi inisiasi, praproduksi, produksi, pengujian, dan rilis. Tahap inisiasi mencakup identifikasi masalah, penentuan tujuan edukatif, sasaran pengguna, dan platform pengembangan. Tahap praproduksi meliputi penyusunan *Game Design Document*, pengembangan cerita, perancangan mekanisme permainan, serta pembuatan konsep visual 2D *pixel art*. Tahap produksi difokuskan pada pembuatan aset menggunakan Aseprite, integrasi aset ke dalam Unity Engine, dan penerapan teknik *scripting* untuk mengatur pergerakan karakter, dialog, interaksi dengan objek, penyelesaian *quest*, mini-game, album budaya, serta perpindahan antarscene.

Sumber data penelitian terdiri atas seorang informan ahli budaya dan 101 responden pada tahap pengumpulan data awal. Informan budaya dipilih secara purposif, yaitu Hj. Nurbaini, S.AP., selaku Ketua Ikatan Bundo Kanduang Kota Padang, karena memiliki pengetahuan mengenai jenis, fungsi, penggunaan, dan nilai filosofis Tingkuluak. Data wawancara dikumpulkan secara langsung pada September 2025 menggunakan pedoman wawancara semi-terstruktur. Data pendukung diperoleh melalui dokumentasi visual, studi literatur, serta kuesioner daring yang disebarkan melalui Google Form pada Oktober 2025. Responden kuesioner dijangkau menggunakan teknik *convenience sampling* melalui WhatsApp, media sosial, dan jaringan pertemanan mahasiswa. Instrumen kuesioner digunakan untuk mengidentifikasi tingkat pengetahuan, persepsi, pengalaman, dan minat responden terhadap Tingkuluak serta penerimaan mereka terhadap game edukasi sebagai media pengenalan budaya. Target utama produk adalah anak dan remaja berusia 10–15 tahun karena kelompok tersebut dinilai dekat dengan penggunaan media digital dan mampu mengikuti mekanisme permainan edukatif yang dirancang.

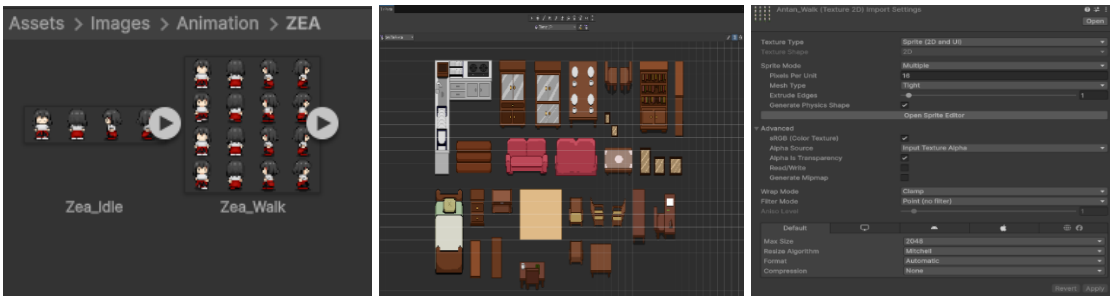
Pengujian produk dilakukan melalui uji alfa dan uji beta. Uji alfa dilaksanakan secara internal dengan memeriksa kesesuaian fungsi script, perpindahan scene, kontrol karakter, dialog, interaksi objek, sistem album budaya, mini-game, tampilan visual, audio, serta kemungkinan munculnya bug dan kesalahan fungsi. Uji beta melibatkan pengguna yang sesuai dengan karakteristik target audiens untuk memperoleh umpan balik mengenai kemudahan pengoperasian, kejelasan alur permainan, kualitas visual *pixel art*, tingkat kesulitan, dan keterpahaman informasi mengenai Tingkuluak. Data wawancara, dokumentasi, dan studi literatur dianalisis secara deskriptif melalui proses pengelompokan, penafsiran, dan penarikan kesimpulan berdasarkan kebutuhan pengembangan game. Data kuesioner dianalisis menggunakan statistik deskriptif berupa frekuensi dan persentase, sedangkan hasil pengujian dianalisis dengan membandingkan fungsi yang direncanakan dengan fungsi yang berjalan serta mengelompokkan tanggapan pengguna sebagai dasar perbaikan dan penyempurnaan prototipe.

HASIL

1. Implementasi Tahap Produksi Game

Tahap produksi menghasilkan prototipe game edukasi berjudul *Tingkuluak: Pusaka Perempuan Minang dalam Sebelai Kain* yang dikembangkan menggunakan Unity Engine. Proses produksi mencakup integrasi aset visual, penyusunan *scene*, pengembangan animasi karakter, penerapan sistem interaksi, penyusunan antarmuka, serta implementasi fungsi permainan menggunakan teknik *scripting*. Seluruh komponen yang sebelumnya dirancang pada tahap praproduksi diintegrasikan agar dapat membentuk alur permainan yang dapat dijalankan oleh pengguna.

Aset visual yang diimplementasikan terdiri atas *sprite* karakter, latar belakang, *tileset*, elemen antarmuka, objek budaya, dan aset pendukung lingkungan rumah gadang. Pengaturan aset dilakukan melalui penyesuaian *pixel per unit*, jenis tekstur, resolusi, dan *sorting layer*. Pengaturan tersebut digunakan untuk mempertahankan konsistensi tampilan *pixel art* sekaligus menentukan posisi setiap objek berdasarkan urutan lapisan visual. Proses integrasi aset dan pengaturan tekstur ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Integrasi aset karakter, latar belakang, *tileset*, dan antarmuka ke dalam Unity Engine
Sumber: Data Penulis

Berdasarkan Gambar 1, seluruh aset visual telah berhasil diimpor dan diatur di dalam Unity Engine. Pengaturan tekstur dan lapisan visual memungkinkan karakter, latar belakang, *tileset*, dan antarmuka ditampilkan secara konsisten sesuai dengan gaya visual 2D *pixel art* yang telah ditetapkan. Penyusunan *scene* menghasilkan tiga kelompok tampilan utama, yaitu *main menu*, *gameplay* utama, dan mini-game. *Scene main menu* memuat pilihan untuk memulai permainan, membuka informasi tentang game, mengatur audio, dan keluar dari aplikasi. *Scene gameplay* digunakan sebagai area eksplorasi karakter Zea di lingkungan rumah gadang, sedangkan *scene mini-game* digunakan untuk menampilkan tantangan yang harus diselesaikan pemain dalam proses memperoleh Tingkuluak. Ringkasan hasil implementasi setiap komponen produksi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil implementasi komponen pada tahap produksi

No.	Komponen	Implementasi	Hasil yang Dihasilkan
1	Aset karakter	Mengimpor sprite karakter dan melakukan pengaturan tekstur	Karakter Zea dan NPC dapat ditampilkan dalam gaya visual 2D pixel art
2	Latar dan tileset	Mengimpor aset lingkungan serta menyusun area rumah gadang	Lingkungan eksplorasi dapat ditampilkan sesuai dengan rancangan visual
3	Pengaturan aset	Menyesuaikan nilai pixel per unit dan sorting layer	Ukuran piksel dan urutan tampilan objek dapat dikendalikan dengan baik
4	Main menu	Menyusun tombol mulai, tentang, pengaturan, dan keluar	Navigasi awal permainan dapat dioperasikan oleh pemain
5	Gameplay scene	Menyusun lingkungan utama permainan	Pemain dapat menjelajahi area permainan dan berinteraksi dengan objek
6	Mini-game	Membuat scene tantangan dan teka-teki	Pemain dapat menyelesaikan tantangan untuk memperoleh Tingkuluak
7	Karakter pemain	Mengimplementasikan sistem gerak, animasi, dan tabrakan	Karakter dapat bergerak, berhenti, serta merespons batas atau penghalang objek
8	Kamera	Menerapkan sistem kamera yang mengikuti pemain	Area permainan dapat ditampilkan dengan mengikuti pergerakan karakter

No.	Komponen	Implementasi	Hasil yang Dihasilkan
9	NPC dan dialog	Menerapkan trigger interaksi dan kotak dialog	Informasi budaya dapat disampaikan melalui interaksi pemain dengan NPC
10	Antarmuka	Mengimplementasikan menu, panel pengaturan, dan UI permainan	Informasi serta kontrol permainan dapat diakses melalui antarmuka yang tersedia

Berdasarkan Tabel 1, seluruh komponen utama pada tahap produksi telah berhasil diimplementasikan. Komponen tersebut meliputi aset karakter, lingkungan permainan, menu utama, sistem pergerakan, kamera, NPC, dialog, *mini-game*, serta antarmuka permainan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa komponen visual dan teknis telah terintegrasi untuk membentuk sistem permainan yang dapat dijalankan.

2. Implementasi Karakter, NPC, dan Sistem Interaksi

Karakter utama, Zea, diimplementasikan dengan kemampuan bergerak ke arah kiri, kanan, atas, dan bawah. Animasi karakter terdiri atas kondisi *idle* dan *walk* yang diaktifkan berdasarkan input pergerakan pemain. Komponen *collider* diterapkan pada karakter, objek, dan batas lingkungan untuk mencegah pemain melewati area yang tidak dapat diakses. Sistem kamera juga diatur agar mengikuti posisi karakter selama pemain menjelajahi lingkungan permainan.

Karakter NPC diterapkan dalam dua kondisi, yaitu NPC diam dan NPC yang bergerak mengikuti jalur tertentu. Interaksi antara karakter pemain dan NPC diaktifkan melalui sistem *trigger*. Kotak dialog akan muncul ketika pemain mendekati NPC dan menjalankan perintah interaksi. Dialog tersebut memuat informasi mengenai Tingkuluak, petunjuk permainan, dan arahan untuk menyelesaikan misi. Hasil implementasi karakter, NPC, sistem tabrakan, kamera, dan dialog ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Implementasi karakter pemain, NPC, sistem tabrakan, kamera, dan dialog interaktif

Berdasarkan Gambar 2, karakter pemain telah dapat bergerak di dalam lingkungan permainan, merespons batas atau penghalang, dan berinteraksi dengan NPC. Sistem kamera mengikuti pergerakan karakter, sedangkan kotak dialog tampil ketika pemain memasuki area interaksi dan menjalankan perintah yang tersedia. Teknik *scripting* digunakan untuk menghubungkan input pemain dengan respons sistem permainan. Fungsi yang diimplementasikan meliputi pergerakan karakter, pemutaran animasi, pendeteksian tabrakan, aktivasi dialog, perpindahan *scene*, interaksi dengan peti pusaka, pemunculan informasi edukatif, pengelolaan mini-game, dan pencatatan Tingkuluak yang telah ditemukan. Tingkuluak yang berhasil diperoleh pemain dimasukkan ke dalam koleksi atau Album Budaya sebagai penanda progres permainan. Permainan dinyatakan selesai setelah seluruh Tingkuluak yang tersedia berhasil ditemukan dan dipelajari oleh pemain.

3. Hasil Produk Game

Produk yang dihasilkan menampilkan alur permainan mulai dari pengenalan karakter hingga penyelesaian misi. Adegan pembuka menampilkan Zea di depan rumah gadang sebagai pengenalan terhadap karakter dan lingkungan. Pemain selanjutnya diarahkan untuk menjelajahi bagian rumah gadang, berinteraksi dengan NPC, mencari peti pusaka, dan mengikuti petunjuk yang diberikan selama permainan.

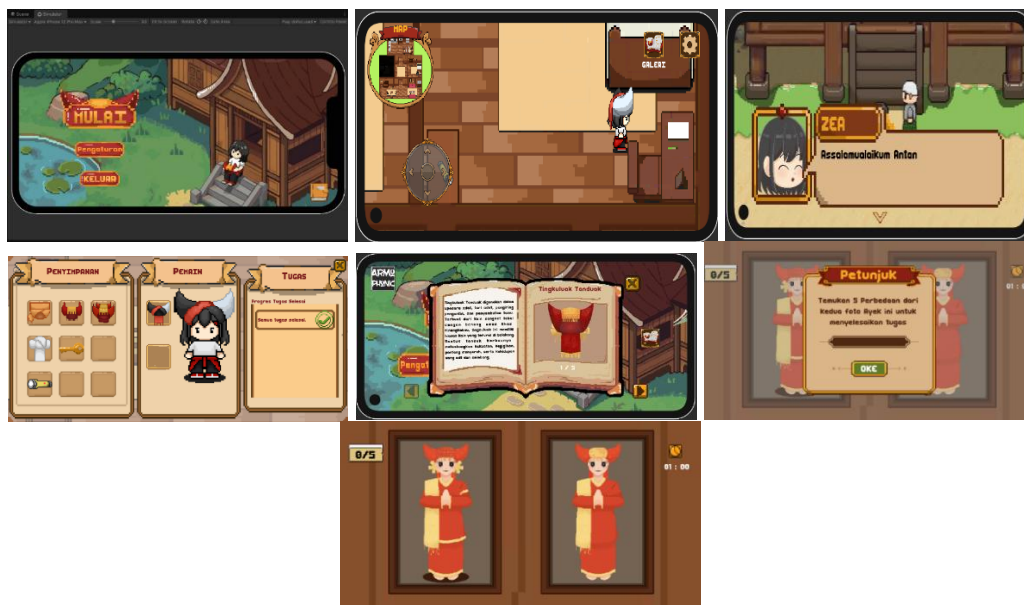
Interaksi dengan NPC Antan digunakan untuk menyampaikan cerita dan informasi mengenai Tingkuluak. Pemain kemudian menemukan Tingkuluak melalui eksplorasi dan penyelesaian tantangan. Setiap penemuan akan memunculkan informasi mengenai nama, bentuk, fungsi, atau makna Tingkuluak. Tahap akhir permainan ditandai dengan keberhasilan pemain menyelesaikan seluruh misi dan mengumpulkan semua Tingkuluak. Urutan hasil produk disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Urutan tampilan dan fungsi pada produk game

No.	Tahap Tampilan	Isi Adegan	Fungsi
1	Adegan pembuka	Zea berada di depan rumah gadang	Memperkenalkan karakter utama dan lingkungan permainan
2	Eksplorasi lingkungan	Zea bergerak di sekitar area rumah gadang	Memberikan ruang kepada pemain untuk mencari objek dan menemukan NPC
3	Dialog dengan Antan	Zea berinteraksi dengan karakter Antan atau kakek	Menyampaikan informasi budaya dan petunjuk permainan
4	Penemuan Tingkuluak	Zea menemukan salah satu jenis Tingkuluak	Menampilkan perkembangan permainan serta informasi budaya mengenai Tingkuluak
5	Mini-game	Pemain menyelesaikan puzzle atau teka-teki	Memberikan tantangan untuk membuka akses terhadap Tingkuluak

No.	Tahap Tampilan	Isi Adegan	Fungsi
6	Album budaya	Tingkuluak yang ditemukan dimasukkan ke dalam koleksi	Mencatat perkembangan permainan dan menyimpan informasi budaya yang telah diperoleh
7	Penyelesaian misi	Seluruh Tingkuluak berhasil dikumpulkan	Menandai bahwa seluruh misi telah selesai dan permainan berakhir
8	UI permainan	Tombol, informasi, dan navigasi ditampilkan pada layar	Mendukung kontrol serta membantu pemain memahami sistem permainan

Berdasarkan Tabel 2, alur produk game dimulai dari pengenalan karakter dan lingkungan, kemudian dilanjutkan dengan eksplorasi, dialog dengan Antan, penemuan Tingkuluak, penyelesaian *mini-game*, pengisian Album Budaya, dan penyelesaian seluruh misi. Antarmuka permainan digunakan pada setiap tahapan untuk membantu pemain memahami navigasi dan perkembangan permainan. Tampilan produk yang mewakili adegan pembuka, eksplorasi, dialog, penemuan Tingkuluak, penyelesaian misi, antarmuka, dan *mini-game* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Rangkaian tampilan produk game edukasi Tingkuluak

Sumber: Data Penulis

Berdasarkan Gambar 3, produk game telah menampilkan rangkaian adegan yang sesuai dengan alur permainan. Setiap tampilan menghubungkan kegiatan eksplorasi dengan penyampaian informasi budaya, sehingga pemain tidak hanya menyelesaikan misi, tetapi juga memperoleh pengetahuan mengenai Tingkuluak.

4. Hasil Evaluasi Produk

Evaluasi awal terhadap produk dilakukan pada aspek visual, teknis, dan penyampaian informasi. Gaya visual *pixel art* telah diterapkan pada karakter, lingkungan, Tingkuluak, dan elemen antarmuka. Warna yang digunakan disesuaikan dengan suasana budaya Minangkabau dan kebutuhan identifikasi objek interaktif. Hasil evaluasi juga mencatat bahwa jumlah variasi beberapa aset masih terbatas dan tingkat detail pada lingkungan belum merata.

Fitur teknis yang berhasil dijalankan meliputi eksplorasi area, pergerakan karakter, interaksi dengan objek, dialog dengan NPC, mini-game, perpindahan *scene*, dan pencatatan koleksi Tingkuluak. Sejumlah kondisi teknis masih ditemukan pada tahap evaluasi awal, yaitu kestabilan animasi karakter yang belum konsisten, respons kontrol yang memerlukan penyesuaian, dan perpindahan antarscene yang belum selalu berlangsung secara mulus. Penyampaian informasi budaya telah diterapkan melalui dialog, objek, eksplorasi, dan sistem pencarian Tingkuluak. Beberapa bagian informasi masih ditampilkan secara langsung melalui teks dialog.

5. Hasil Alpha Testing

Alpha testing dilakukan melalui evaluasi kualitatif bersama Heru Martio Wellyandi selaku pendiri Piapi Animation Studio dan praktisi yang memiliki pengalaman dalam pengembangan kekayaan intelektual game. Pengujian dilakukan untuk memeriksa alur permainan, tampilan visual, kenyamanan bermain, identitas pengembang, dan penggunaan audio. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alur permainan dan pesan utama dapat dijalankan dan disampaikan melalui sistem game. Lima catatan perbaikan ditemukan selama proses pengujian sebagaimana disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil alpha testing oleh ahli

Aspek & Temuan Evaluasi	Catatan dan Rekomendasi Ahli
Kamera user terlalu dekat sehingga pandangan pemain terlalu sempit	Buat ukuran kamera lebih besar sehingga pandangan pemain lebih luas
Bagian luar gameplay masih terlihat default Unity	Bagian luar rumah gadang dikasih bagian gelap buat ngebatasi interaksi nya di dalam aja
Objek yang playable kurang terlihat saat game di jalankan	Tambahkan penanda terdapatnya tingkuluak nya biar user tau kemana harus nyari tingkuluaknya
Belum ada profile untuk pengembang game	Penambahan logo armophonic pas buka game
Game masih terlalu sunyi dan kurang sfx tiap interaksi di dalam game	Tambah sfx dan Musik yang digunakan kalau bisa tipe 8 bit yang bernuansa minang

Berdasarkan Tabel 3, perbaikan yang diperlukan meliputi perluasan jangkauan kamera, penambahan batas visual lingkungan, peningkatan keterbacaan objek Tingkuluak,

pencantuman identitas pengembang, serta penambahan musik dan efek suara. Temuan tersebut menunjukkan bahwa kekurangan produk lebih banyak berkaitan dengan kenyamanan visual, kejelasan navigasi, dan kelengkapan audiovisual, bukan pada kegagalan fungsi utama permainan. Catatan ahli selanjutnya digunakan sebagai dasar koreksi sebelum produk diuji kepada pengguna akhir. Temuan *alpha testing* memperlihatkan bahwa perbaikan masih diperlukan pada ukuran kamera, penanda objek, pembatas lingkungan, identitas pengembang, dan audio. Catatan tersebut digunakan sebagai data koreksi sebelum produk diuji kepada pengguna akhir.

6. Hasil Beta Testing

Beta testing melibatkan lima responden berusia 11–18 tahun yang terdiri atas tiga laki-laki atau 60% dan dua perempuan atau 40%. Pengujian dilakukan setelah responden memainkan game dan mengisi kuesioner melalui Google Form. Penilaian menggunakan skala 1–5 pada tujuh aspek, yaitu daya tarik visual, kejelasan cerita dan *gameplay*, keterpahaman informasi Tingkuluak, kenyamanan animasi karakter, dukungan audio, daya tarik permainan, dan kelayakan sebagai media edukasi budaya.

Tiga responden memberikan skor 5 dan dua responden memberikan skor 4 pada aspek visual, alur permainan, informasi Tingkuluak, dan audio. Aspek kenyamanan animasi memperoleh satu skor 3, dua skor 4, dan dua skor 5. Daya tarik permainan memperoleh empat skor 5 dan satu skor 4, sedangkan kelayakan game sebagai media edukasi memperoleh skor 5 dari seluruh responden. Distribusi hasil penilaian disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil beta testing pengguna

Aspek Pengujian	Hasil
Aspek Pengujian Hasil Visual film dan game menarik	60% responden memberikan nilai 5 dan 40% memberikan nilai 4.
Alur cerita film dan gameplay mudah dipahami	60% responden memberikan nilai 5 dan 40% memberikan nilai 4.
Informasi mengenai Tingkuluak mudah dipahami	60% responden memberikan nilai 5 dan 40% memberikan nilai 4
Animasi karakter nyaman dilihat	20% responden memberikan nilai 3, 40% memberikan nilai 4, dan 40% memberikan nilai 5.
Audio, musik, dan efek suara mendukung permainan	60% responden memberikan nilai 5 dan 40% memberikan nilai 4.
Film dan game menarik untuk ditonton dan dimainkan	80% responden memberikan nilai 5 dan 20% memberikan nilai 4.
Game layak dijadikan media edukasi budaya Minangkabau	Seluruh responden (100%) memberikan nilai 5

Berdasarkan Tabel 4, seluruh aspek memperoleh penilaian positif dengan nilai rata-rata di atas 4,00. Aspek kelayakan game sebagai media edukasi budaya Minangkabau memperoleh nilai rata-rata tertinggi, yaitu 5,00. Daya tarik permainan memperoleh nilai rata-rata 4,80. Aspek visual, alur permainan, keterpahaman informasi Tingkuluak, dan dukungan audio masing-masing memperoleh nilai rata-rata 4,60. Nilai rata-rata terendah terdapat pada aspek kenyamanan animasi karakter, yaitu 4,20. Total skor yang diperoleh dari tujuh aspek pengujian adalah 162 dari skor maksimum 175. Nilai rata-rata keseluruhan mencapai 4,63 dari skala 5. Aspek kelayakan sebagai media edukasi memperoleh nilai rata-rata tertinggi, yaitu 5,00, sedangkan kenyamanan animasi karakter memperoleh nilai rata-rata terendah, yaitu 4,20.

Umpan balik terbuka menunjukkan bahwa mini-game puzzle, visual bernuansa Minangkabau, pemilihan warna, pencahayaan, dan perubahan tampilan karakter sesuai Tingkuluak yang diperoleh merupakan bagian yang paling banyak disebut oleh responden. Rekomendasi pengguna mencakup peningkatan keluwesan gerakan, penyempurnaan ekspresi karakter, perluasan alur cerita, dan penambahan variasi misi. Seluruh responden menyatakan tidak menemukan bug atau kendala teknis yang mengganggu selama memainkan game.

Beberapa hasil tidak sepenuhnya mengikuti pola penilaian positif pada aspek lainnya. Satu responden memberikan skor 3 pada kenyamanan animasi karakter, sedangkan enam aspek lain tidak memperoleh skor di bawah 4. Temuan tersebut sejalan dengan catatan evaluasi produk yang masih menemukan gerakan animasi kurang stabil dan respons kontrol yang perlu disempurnakan.

Pengujian alfa juga menemukan lima kekurangan meskipun seluruh responden pada pengujian beta menyatakan tidak mengalami bug yang mengganggu permainan. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa masalah yang ditemukan ahli lebih banyak berkaitan dengan kenyamanan visual, keluasan kamera, identitas objek, audio, dan kualitas penyajian, bukan kegagalan fungsi utama game.

Rentang usia responden beta adalah 11–18 tahun, sedangkan target utama produk ditetapkan pada usia 10–15 tahun. Data pengujian tidak merinci jumlah responden yang berusia di atas 15 tahun. Kondisi tersebut dicatat sebagai karakteristik sampel pengujian karena sebagian rentang usia responden melampaui sasaran pengguna yang ditetapkan pada tahap perancangan.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tahap produksi berhasil mengubah rancangan konseptual game menjadi prototipe yang dapat dimainkan melalui integrasi aset visual, penyusunan *scene*, pengembangan animasi, dan penerapan teknik *scripting* pada Unity Engine. Teknik *scripting* tidak hanya berfungsi sebagai bagian pemrograman, tetapi menjadi penghubung antara karakter, objek budaya, antarmuka, dialog, mini-game, dan progres permainan. Fungsi pergerakan karakter, tabrakan objek, interaksi dengan NPC, perpindahan *scene*, pemunculan informasi edukatif, serta pencatatan koleksi Tingkuluak dapat dijalankan sebagai satu sistem permainan. Temuan ini menjawab tujuan penelitian, yaitu mendeskripsikan implementasi tahap produksi pada pengembangan game edukasi Tingkuluak berbasis Unity menggunakan teknik *scripting*.

Keberhasilan integrasi tersebut memperlihatkan bahwa fase produksi memiliki kedudukan penting dalam proses pengembangan game. Rancangan visual dan konsep permainan yang telah disusun pada tahap praproduksi tidak akan menghasilkan pengalaman bermain apabila belum diterjemahkan ke dalam aturan dan fungsi teknis. Aleem et al. (2016) menjelaskan bahwa pengembangan game merupakan proses multidisipliner yang mempertemukan kegiatan desain, seni visual, audio, pemrograman, dan pengujian perangkat lunak. Teknik rekayasa perangkat lunak diperlukan agar produk memiliki fleksibilitas, keterpeliharaan, dan struktur pengembangan yang lebih baik. Hasil penelitian ini sejalan dengan pandangan tersebut karena penerapan GDLC membantu memisahkan kegiatan perancangan, produksi, dan pengujian sehingga setiap komponen game dapat dikembangkan secara lebih terarah.

Pemanfaatan Unity Engine turut mendukung proses integrasi aset dan pengembangan mekanisme permainan. Seluruh aset karakter, latar rumah gadang, objek Tingkuluak, *tileset*, dan elemen antarmuka dapat ditempatkan serta diatur melalui sistem *scene*, *sorting layer*, *collider*, dan komponen animasi. Temuan ini sejalan dengan penelitian Nauval et al. (2021) yang menggunakan Unity Engine untuk mengembangkan game edukasi berbasis Android sebagai media pembelajaran budaya Indonesia. Hasil yang diperoleh juga berdekatan dengan penelitian Prayudha & Chotijah (2024), yang menerapkan Unity pada pengembangan game edukasi 2D berbasis perangkat bergerak. Perbedaan penelitian ini terletak pada titik perhatian yang lebih khusus terhadap penerapan *scripting* pada fase produksi serta pengintegrasian materi

Tingkuluak sebagai warisan budaya Minangkabau ke dalam mekanisme eksplorasi, dialog, koleksi, dan mini-game.

Penerapan visual 2D *pixel art* menghasilkan identitas tampilan yang konsisten pada karakter, objek, lingkungan, dan antarmuka permainan. Hasil pengujian pengguna menunjukkan bahwa aspek visual memperoleh nilai rata-rata 4,60 dari skala 5. Pemilihan bentuk yang sederhana memudahkan objek dan karakter dikenali, sedangkan penggunaan warna dan latar rumah gadang memperkuat suasana budaya Minangkabau. Penerapan tersebut sejalan dengan kajian Zufri et al. (2022) mengenai penggunaan *pixel art* pada desain karakter game. Gaya visual ini memungkinkan karakter ditampilkan melalui penyederhanaan bentuk tanpa sepenuhnya kehilangan ciri yang membangun identitasnya. Kesederhanaan visual tersebut juga mendukung pengembangan aset yang lebih ringan untuk game 2D. Meskipun demikian, hasil evaluasi menunjukkan bahwa variasi aset dan detail lingkungan masih perlu ditambah agar tampilan permainan terasa lebih hidup serta tidak berulang.

Penyampaian informasi mengenai Tingkuluak dilakukan melalui dialog dengan NPC, eksplorasi rumah gadang, penemuan objek, mini-game, dan Album Budaya. Cara tersebut menempatkan pemain sebagai pelaku yang mencari dan memperoleh informasi melalui aktivitas permainan, bukan hanya sebagai penerima penjelasan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa keterpahaman informasi Tingkuluak memperoleh nilai rata-rata 4,60, sedangkan seluruh responden memberikan skor 5 pada kelayakan game sebagai media edukasi budaya. Temuan ini mendukung pandangan Othlinghaus-Wulhorst & Hoppe (2020) bahwa permainan serius dapat menghadirkan pembelajaran situasional melalui interaksi, dialog, dan kesempatan mencoba strategi dalam lingkungan virtual. Pengalaman belajar menjadi lebih dekat dengan aktivitas pemain ketika informasi disampaikan melalui tindakan yang berkaitan dengan tujuan permainan.

Potensi game sebagai media pengenalan budaya juga sejalan dengan kajian Mortara et al. (2014), yang menempatkan *serious game* sebagai salah satu sarana untuk mempelajari warisan budaya melalui pengalaman yang menarik. Penggunaan lingkungan, karakter, narasi, dan tantangan dapat mempertemukan muatan budaya dengan aktivitas bermain. Penelitian ini memperlihatkan penerapan prinsip tersebut pada konteks lokal melalui pengenalan Tingkuluak sebagai bagian dari identitas perempuan Minangkabau. Informasi mengenai bentuk, fungsi, dan nilai budaya tidak ditempatkan sebagai materi yang berdiri sendiri, tetapi dihubungkan dengan perjalanan karakter Zea dalam menemukan lima jenis Tingkuluak. Kontribusi

penelitian ini terletak pada upaya menerjemahkan objek budaya lokal ke dalam sistem permainan digital yang dapat diakses oleh generasi muda.

Keterhubungan antara materi budaya dan mekanisme permainan menjadi unsur penting dalam menilai kualitas edukatif produk. van der Linden et al. (2024) menunjukkan bahwa game edukasi dapat mendukung pembelajaran ketika tujuan permainan terintegrasi dengan tujuan belajar. Prinsip tersebut terlihat pada game *Tingkuluak* melalui aktivitas pencarian, dialog, penyelesaian puzzle, dan pengumpulan koleksi budaya. Pemain perlu mengikuti alur permainan untuk memperoleh informasi mengenai *Tingkuluak* sehingga unsur edukasi tidak sepenuhnya dipisahkan dari aktivitas bermain. Meskipun demikian, beberapa informasi masih disampaikan secara langsung melalui teks dialog. Penyajian seperti ini memudahkan pemahaman, tetapi dapat mengurangi kesempatan pemain untuk membangun pengetahuan melalui pengamatan, pilihan, dan konsekuensi tindakan. Pengembangan berikutnya perlu menempatkan informasi budaya secara lebih alami melalui teka-teki visual, percakapan bercabang, dan situasi permainan yang menuntut pemain menggunakan pengetahuan yang telah diperoleh.

Temuan *alpha testing* menunjukkan bahwa fungsi utama game telah berjalan, tetapi aspek kenyamanan bermain masih memerlukan penyempurnaan. Kamera yang terlalu dekat mempersempit pandangan pemain, objek interaktif belum memiliki penanda yang cukup jelas, bagian luar area permainan masih menampilkan tampilan bawaan Unity, dan penggunaan efek suara belum merata. Catatan tersebut berkaitan dengan prinsip *playability* yang dikemukakan Desurvire & Wiberg (2009), terutama mengenai kejelasan informasi, konsistensi sistem, umpan balik, kontrol pemain, dan kemudahan mengenali tujuan permainan. Penambahan penanda pada objek *Tingkuluak*, perluasan cakupan kamera, pembatas visual area, dan efek suara pada setiap interaksi dapat membantu pemain memahami tindakan yang perlu dilakukan. Uji ahli pada tahap produksi menjadi penting karena produk yang dapat dijalankan secara teknis belum tentu memberikan pengalaman bermain yang nyaman dan mudah dipahami.

Hasil *beta testing* memperoleh nilai rata-rata keseluruhan sebesar 4,63 dari skala 5. Daya tarik game memperoleh rata-rata 4,80, sedangkan kelayakan sebagai media edukasi budaya memperoleh nilai tertinggi sebesar 5,00. Hasil tersebut memperlihatkan bahwa responden dapat menerima perpaduan antara unsur permainan, visual Minangkabau, dan informasi *Tingkuluak*. Mini-game puzzle, perubahan tampilan karakter berdasarkan *Tingkuluak* yang ditemukan, serta suasana visual rumah gadang menjadi bagian yang mendapat respons positif.

Nilai tersebut perlu ditafsirkan secara hati-hati karena penilaian pengguna menggambarkan penerimaan dan pengalaman awal, bukan secara langsung membuktikan peningkatan pengetahuan budaya. Penelitian ini belum menggunakan tes awal dan tes akhir untuk membandingkan pemahaman pengguna sebelum dan setelah memainkan game.

Aspek animasi karakter memperoleh nilai rata-rata terendah, yaitu 4,20, dan menjadi satu-satunya aspek yang memperoleh skor 3 dari seorang responden. Temuan ini sejalan dengan evaluasi teknis yang mencatat bahwa gerakan karakter belum sepenuhnya stabil dan ekspresi karakter masih terbatas. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa penerimaan positif terhadap produk tidak menghilangkan kebutuhan untuk memperbaiki detail teknis. Penyempurnaan transisi animasi, penambahan variasi ekspresi, pengaturan durasi setiap *frame*, dan peningkatan respons kontrol dapat menghasilkan gerakan yang lebih alami. Perluasan cerita dan penambahan variasi misi juga diperlukan karena alur yang terlalu singkat berpotensi menimbulkan pengulangan dan mengurangi keterlibatan pemain setelah seluruh Tingkuluak berhasil ditemukan.

Kontribusi praktis penelitian ini terlihat pada tersedianya model pengembangan media edukasi budaya yang menggabungkan dokumentasi budaya, desain visual 2D, dan teknik pemrograman game. Produk dapat dimanfaatkan sebagai media pendamping dalam kegiatan pengenalan budaya Minangkabau di sekolah, pameran, museum, sanggar budaya, maupun kegiatan literasi digital. Pengembang game lokal juga dapat menggunakan pendekatan serupa untuk mengangkat objek budaya lain melalui eksplorasi, dialog, koleksi, dan tantangan interaktif. Kontribusi metodologis penelitian terletak pada dokumentasi tahap produksi secara lebih rinci, khususnya mengenai peran *scripting* dalam menghubungkan aset budaya dengan sistem permainan. Hal ini membedakan penelitian dari pengembangan game yang hanya menampilkan hasil akhir tanpa menjelaskan proses integrasi teknisnya.

Penelitian ini memiliki keterbatasan pada jumlah responden *beta testing* yang hanya terdiri atas lima orang sehingga hasil penilaian belum dapat digeneralisasikan kepada seluruh kelompok pengguna. Rentang usia responden 11–18 tahun juga belum sepenuhnya sesuai dengan target utama produk, yaitu pengguna berusia 10–15 tahun. Pengujian belum melibatkan desain eksperimen, kelompok pembanding, atau pengukuran perubahan pengetahuan sebelum dan setelah bermain. Evaluasi produk masih berfokus pada penerimaan pengguna, fungsi teknis, dan pengalaman bermain awal. Penelitian selanjutnya perlu melibatkan jumlah responden yang lebih besar dan sesuai dengan rentang usia sasaran, menggunakan *pretest* dan

posttest, serta menguji efektivitas game terhadap pemahaman, ingatan, dan sikap apresiatif terhadap budaya Minangkabau. Pengujian pada berbagai perangkat Android, pengukuran performa, evaluasi aksesibilitas, serta pelibatan lebih dari satu ahli budaya dan ahli game juga diperlukan untuk memperkuat kualitas teknis dan ketepatan materi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, implementasi tahap produksi pada pengembangan game edukasi *Tingkuluak: Pusaka Perempuan Minang dalam Sebelai Kain* telah berhasil dilaksanakan secara terstruktur melalui metode *Game Development Life Cycle* (GDLC). Tahap produksi mampu mengintegrasikan aset visual 2D *pixel art*, mekanik permainan, antarmuka, animasi, dialog, mini-game, dan sistem interaksi melalui teknik *scripting* pada Unity Engine. Fitur utama berupa eksplorasi lingkungan, interaksi dengan NPC dan objek budaya, pencarian Tingkuluak, penyelesaian mini-game, serta pencatatan progres dalam Album Budaya dapat dijalankan sesuai rancangan. Hasil pengujian pengguna juga menunjukkan tingkat penerimaan yang positif dengan nilai rata-rata keseluruhan 4,63 dari skala 5, sedangkan aspek kelayakan game sebagai media edukasi budaya memperoleh nilai 5,00. Temuan tersebut menunjukkan bahwa game yang dikembangkan mampu menyajikan informasi mengenai Tingkuluak melalui pengalaman bermain yang interaktif, menarik, dan mudah dipahami.

Penelitian ini memberikan kontribusi praktis dan metodologis dalam pengembangan media edukasi budaya berbasis game, terutama melalui penjelasan mengenai peran teknik *scripting* dalam menghubungkan aset visual, materi budaya, dan mekanisme permainan. Produk yang dihasilkan dapat menjadi alternatif media pengenalan budaya Minangkabau bagi generasi muda sekaligus menjadi acuan bagi pengembangan game bertema budaya lokal lainnya. Pengembangan berikutnya disarankan untuk meningkatkan keluwesan animasi, respons kontrol, transisi antarscene, variasi aset, ekspresi karakter, alur cerita, dan jumlah misi. Penelitian selanjutnya juga perlu melibatkan responden yang lebih banyak dan sesuai dengan rentang usia sasaran, menggunakan pengukuran *pretest* dan *posttest*, serta menguji efektivitas game terhadap peningkatan pengetahuan, daya ingat, dan sikap apresiatif pengguna terhadap budaya Minangkabau.

DAFTAR PUSTAKA

- Aleem, S., Capretz, L. F., & Ahmed, F. (2016). Game development software engineering process life cycle: A systematic review. *Journal of Software Engineering Research and Development*, 4, Article 6. <https://doi.org/10.1186/s40411-016-0032-7>
- Andito, T. (2023). Pixel art style character design for “Panji Tales” game from characters depicted in Javanese temples bas relief. *Journal of Aesthetics, Design, and Art Management*, 3(2), 104–112. <https://doi.org/10.58982/jadam.v3i2.528>
- Camuñas-García, D., Cáceres-Reche, M. P., & Cambil-Hernández, M. E. (2023). Maximizing engagement with cultural heritage through video games. *Sustainability*, 15(3), Article 2350. <https://doi.org/10.3390/su15032350>
- DaCosta, B., & Kinsell, C. (2023). Serious games in cultural heritage: A review of practices and considerations in the design of location-based games. *Education Sciences*, 13(1), Article 47. <https://doi.org/10.3390/educsci13010047>
- Desurvire, H., & Wiberg, C. (2009). Game usability heuristics (PLAY) for evaluating and designing better games: The next iteration. In A. A. Ozok & P. Zaphiris (Eds.), *Online communities and social computing* (pp. 557–566). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-02774-1_60
- Gintere, I. (2019). A new digital art game: The art of the future. *SOCIETY. INTEGRATION. EDUCATION. Proceedings of the International Scientific Conference*, 4, 346–360. <https://doi.org/10.17770/sie2019vol4.3674>
- Kamila, L. N., Bahar, S., Wijayanti, D. T., Nurazizah, N., Satria, C. T., Fadhilah, M. R., & Alfaruq, F. A. (2024). Pakaian Adat Bundo Kandang: Simbol Identitas dan Warisan Budaya Minangkabau. *ALFIHRIS: Jurnal Inspirasi Pendidikan*, 3(1), 14–28. <https://doi.org/10.59246/alfihris.v3i1.1136>
- Lim, S. (2025). Analisa Pengaruh Penggunaan Gaya Visual dalam Permainan Edukatif terhadap Anak Usia 12–15 Tahun. *Jurnal Vicidi*, 15(2), 193–205. <https://doi.org/10.37715/vicidi.v15i2.6208>
- Mortara, M., Catalano, C. E., Bellotti, F., Fiucci, G., Houry-Panchetti, M., & Petridis, P. (2014). Learning cultural heritage by serious games. *Journal of Cultural Heritage*, 15(3), 318–325. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2013.04.004>
- Nauval, M., Ruslianto, I., & Rahmayuda, S. (2021). Rancang Bangun Game Edukasi Berbasis Android sebagai Media Pembelajaran Budaya Indonesia Menggunakan Unity Engine. *Coding: Jurnal Komputer dan Aplikasi*, 9(3), 491–500. <https://doi.org/10.26418/coding.v9i03.49393>
- Othlinghaus-Wulhorst, J., & Hoppe, H. U. (2020). A technical and conceptual framework for serious role-playing games in the area of social skill training. *Frontiers in Computer Science*, 2, Article 28. <https://doi.org/10.3389/fcomp.2020.00028>
- Pradana, S. (2025). Efektivitas Penggunaan Video Animasi sebagai Media Pembelajaran Interaktif di Sekolah Dasar. *Jurnal Transformasi Pendidikan Dasar*, 1(1), 33–39. <https://synergizejournal.org/index.php/JTPD/article/view/48>
- Prayudha, I. T., & Chotijah, U. (2024). Pengembangan Game Edukasi 2D Mata Pelajaran IPA Menggunakan Unity Berbasis Mobile. *Jurnal Teknik Informatika dan Komputer*, 3(2), 46–52. <https://doi.org/10.22236/jutikom.v3i2.15933>
- Ramadan, R., & Widayani, Y. (2013). Game development life cycle guidelines. In *2013 International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems (ICACSIS)* (pp. 95–100). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICACSIS.2013.6761558>
- Susanti, I. T., Sari, E. N., Merkuri, A., & Wahyudi, A. (2024). Penggunaan Media Video Animasi Interaktif guna Meningkatkan Minat Belajar Siswa SD. *Jurnal Pembelajaran dan*

- Pengajaran Pendidikan Dasar*, 7(2), 121–128.
<https://doi.org/10.33369/dikdas.v7i2.37366>
- Utami, L., & Pebriyeni, E. (2022). Studi Bentuk, Fungsi, dan Makna Tingkuluak Sarlan di Kenagarian Koto Anau, Lembang Jaya, Kabupaten Solok. *Serupa: The Journal of Art Education*, 11(3), 200–206. <https://doi.org/10.24036/stjae.v11i3.116985>
- van der Linden, A., Meulenbroeks, R. F. G., & van Joolingen, W. R. (2024). Learning Newtonian mechanics with an intrinsically integrated educational game. *Journal of Computer Assisted Learning*, 40(4), 1500–1510. <https://doi.org/10.1111/jcal.12966>
- Yohanes, D. N., & Rochmawati, N. (2022). Implementasi Algoritma Collision Detection dan A* (A Star) pada Non-Player Character Game *World of New Normal*. *Journal of Informatics and Computer Science*, 3(3), 322–333. <https://doi.org/10.26740/jinacs.v3n03.p322-333>
- Zufri, T., Hilman, D., & Frans, O. (2022). Research on the application of pixel art in game character design. *Journal of Games, Game Art, and Gamification*, 7(1), 27–31. <https://doi.org/10.21512/jggag.v7i1.8565>