



JURNAL

Pendidikan Sejarah Indonesia

Online ISSN: 2622-1837

PENGEMBANGAN MUSEUM VIRTUAL PRAAKSARA INDONESIA SEBAGAI MEDIA PEMBELAJARAN MAHASISWA PRODI PENDIDIKAN SEJARAH FKIP UNTAN

Muhammad Iqbal Robbani*^a, Ika Rahmatika Chalimi^b, Edwin Mirzachaerulsyah^c

iqbalrobbani100@gmail.com(*)

^aUniversitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak, 78124, Indonesia.

^bUniversitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak, 78124, Indonesia.

^cUniversitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak, 78124, Indonesia.

Article history:

Received 22 September 2024; Revised 20 October 2024; Accepted 21 November 2024; Published 3 Desember 2024

Abstract: *This research aims to develop the Indonesian Prehistoric Virtual Museum as a learning medium for students of the History Education Study Program at FKIP UNTAN. Geographical barriers are one of the reasons why the development of this virtual museum is necessary. This study employs a research and development method that adapts from the Allesi and Trollip model, consisting of the stages of Product Planning, Product Design, Product Development, Product Validation, and Product Testing. Based on the analysis of needs, students require an interactive platform that facilitates access to various types of Indonesian prehistoric collections. Adjustments to the design according to user needs resulted in a virtual museum design that includes features such as: Multiplayer, 3D Object Display, Voice Chat, Text Chat, Character Customization, Profile Customization, Graphic Settings, Audio Settings, Audio Description, Third Person POV, First Person POV, Quiz, and Puzzle. Feasibility testing was conducted through expert validation and group trials with positive results: Media Expert 81%, Content Expert 80 percent, Small Group Test 82 percent, and Large Group Test 81 percent. Based on the results of expert validation and group trials, this museum meets the feasibility requirements as a medium that facilitates access and has features aligned with user needs.*

Keywords: *development; Indonesian Prehistoric Virtual Museum; learning media*

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan Museum Virtual Praaksara Indonesia sebagai media pembelajaran untuk mahasiswa Prodi Pendidikan Sejarah FKIP UNTAN. Hambatan geografis menjadi salah satu alasan pengembangan museum virtual ini perlu dilakukan. Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan yang mengadaptasi dari model *Allesi and Trollip*, yang terdiri dari tahapan Perencanaan Produk, Desain Produk, Pengembangan Produk, Validasi Produk, Uji coba Produk. Berdasarkan hasil analisis kebutuhan mahasiswa membutuhkan platform interaktif yang memudahkan akses ke berbagai jenis koleksi praaksara Indonesia. Penyesuaian desain terhadap kebutuhan

pengguna memperoleh desain museum virtual yang memiliki fitur: *Multiplayer, 3D Object Display, Voice Chat, Text Chat, Character Customization, Profile Customization, Graphic Settings, Audio Settings, Audio Description, Third Person POV, First Person POV, Quiz, dan puzzle*. Uji kelayakan dilakukan melalui validasi ahli dan uji coba kelompok dengan hasil positif: Ahli Media 81 persen, Ahli Materi 80 persen, Uji Kelompok Kecil 82 persen, dan Uji Kelompok Besar 81 persen. Berdasarkan hasil validasi ahli dan uji coba kelompok museum ini memenuhi kelayakan sebagai media yang memudahkan akses dan memiliki fitur-fitur sesuai dengan kebutuhan pengguna.

Kata kunci: pengembangan; Museum Virtual Praaksara Indonesia; media pembelajaran

PENDAHULUAN

Museum adalah lembaga yang berfungsi melindungi, mengembangkan, memanfaatkan koleksi, dan mengomunikasikannya kepada masyarakat (Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 66, 2015). Sebagai lembaga resmi yang mengelola dan menyampaikan informasi koleksi kepada masyarakat, belum banyak museum di Indonesia yang menggunakan teknologi virtual untuk menjangkau audiens yang lebih luas. Hal tersebut disebabkan karena kurangnya SDM museum yang memiliki keahlian dalam pengembangan dan pemanfaatan teknologi virtual. Kondisi geografi dan mahalnya biaya transportasi udara di Indonesia, menyebabkan masyarakat dari kalangan menengah kebawah tidak dapat merasakan pengalaman belajar langsung di museum. Penggunaan teknologi virtual reality dapat mengatasi tantangan aksesibilitas dan dapat memperkaya pengalaman belajar melalui lingkungan virtual yang interaktif (Al Hakim et al., 2022).

Kendala akses langsung ke museum di Indonesia juga dirasakan oleh mahasiswa Prodi Pendidikan Sejarah FKIP UNTAN, terutama akses terhadap koleksi peninggalan zaman praaksara yang hingga saat ini masih sedikit dijumpai di Kalimantan Barat. Kendala finansial menjadi salah satu persoalan bagi Museum Provinsi Kalimantan Barat untuk menghadirkan koleksi fosil dan artefak yang ada di Indonesia. Dalam hal ini, peranan museum yang memiliki koleksi tersebut harus mampu menyediakan akses kepada kalangan masyarakat yang ingin memperelajari sejarah praaksara Indonesia. Beberapa museum telah mengembangkan virtual tour 360, seperti Virtual Tour Museum Manusia Purba Sangiran, namun belum memiliki fitur kolaboratif dan gamifikasi. Fitur tersebut penting dimiliki untuk merangsang pembelajaran yang aktif, sesuai dengan paradigma pendidikan tinggi yang bergeser untuk mendorong pembelajaran aktif dan metodologi pengajaran responsif (Effendi & Wahidy, 2019).

Pada saat yang sama, pemanfaatan teknologi digital seperti grafika 3D dan virtual reality mampu menghasilkan sebuah produk museum virtual. Museum virtual yang dimaksud bukanlah museum yang hanya menampilkan olahan gambar dari kamera atau rekaya visual, namun museum virtual yang menghadirkan lingkungan virtual yang dapat menghadirkan bentuk koleksi 3D, dapat di

ekplorasi, memiliki fitur interaktif dan kolaboratif. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan museum virtual dengan memanfaatkan teknologi Unreal Engine 5 untuk menciptakan lingkungan virtual yang real dan penggunaan teknologi Blender 3D untuk mereplika koleksi berdasarkan skala yang konkret. Dengan pengembangan museum virtual yang interaktif dan menarik, penyebaran informasi akan lebih meluas dan mudah diterima oleh masyarakat, serta memberikan pengalaman belajar dengan teknologi canggih (Kersten et al., 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan museum virtual praaksara Indonesia sebagai media pembelajaran untuk mahasiswa Prodi Pendidikan Sejarah FKIP UNTAN. Melalui penelitian ini, proses pengembangan museum virtual menggunakan teknologi canggih memerlukan prosedur yang tepat dan pengetahuan dasar terhadap teknologi yang digunakan. Selaras dengan urgensi kebutuhan belajar mahasiswa, museum virtual yang dikembangkan pada penelitian ini memiliki beberapa fitur *multiplayer*, *3D displays*, *voice chat*, *text chat*, *character customization*, *profile customization*, *graphic settings*, *audio settings*, *audio decription*, *third person POV*, *first person POV*, *quiz* dan *puzzle*. Pengalaman yang diperoleh selama menggunakan media pembelajaran dapat berpengaruh terhadap proses pembelajaran, sehingga memerlukan perencanaan yang matang dengan mempersiapkan media yang sesuai dengan gaya belajar pengguna media tersebut (Shelli et al., 2023).

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan yang berbasis pada model *Alessi and Trollip*. Metode ini sangat cocok digunakan dalam pengembangan perangkat lunak pendidikan seperti museum virtual, karena mengintegrasikan tahapan yang sistematis dalam desain, pengembangan, dan evaluasi produk. Menurut Alessi dan Trollip (2001), metode ini terdiri dari tiga tahapan besar: Perencanaan, desain, dan pengembangan, yang semuanya saling berkaitan satu sama lain untuk menghasilkan produk yang efektif.

1. Prosedur Pengembangan

Perencanaan

Perencanaan dimulai dari menentukan cakupan penelitian, dengan studi pendahuluan peneliti memperoleh data awal dan mulai menentukan cakupan penelitian. Selanjutnya melakukan analisis terhadap karakteristik mahasiswa Prodi Pendidikan Sejarah FKIP UNTAN sebagai target pengguna, upaya ini dilakukan untuk menyesuaikan museum virtual dengan kebutuhan, pemahaman teknologi dan gaya belajar mahasiswa. Menetapkan permasalahan, dengan mewawancarai mahasiswa untuk mengetahui permasalahan yang sedang dihadapi. Selanjutnya pengumpulan sumber daya seperti software dan perangkat keras yang memadai sesuai kebutuhan pengembangan.

Desain

Desain dimulai dari merancang konsep konten awal yang mencakup jenis artefak, deskripsi sejarah, dan narasi pembelajaran interaktif, dengan asumsi mahasiswa dapat berinteraksi dengan objek-objek praaksara. Selanjutnya, storyboard disusun untuk menggambarkan alur pengalaman pengguna, memperlihatkan sketsa interaksi yang dapat dilakukan saat menjelajahi setiap area museum. Pengumpulan materi pendukung, seperti gambar artefak, deskripsi teks, dan elemen multimedia, disiapkan berdasarkan riset sejarah untuk memperkaya konten museum. Setelah itu, prototipe awal museum dikembangkan, menampilkan elemen dasar seperti beberapa artefak dan lingkungan virtual, yang dilengkapi fitur utama seperti main menu, level lobby dan level museum.

Pengembangan

Pengembangan dimulai dengan membuat desain objek koleksi seperti replika artefak praaksara, dibuat secara detail menggunakan aplikasi Blender 3D dengan memperhatikan ukuran, bentuk, dan warna yang sesuai referensi historis. Selanjutnya, mendesain bangunan museum virtual menggunakan aplikasi Blender 3D yang mengacu pada desain bangunan natural museum of american history. Selain itu, etalase dan ruang display museum juga di desain menggunakan aplikasi blender, bangunan dan etalase didesain secara modular dengan mengembangkan satu bagian yang dapat disusun kembali. Setelah mendesain objek dan bangunan, produksi audio berupa narasi penjelasan artefak menggunakan aplikasi clipchamp dilakukan untuk memberikan pengalaman yang lebih mendalam, serta menambahkan musik latar yang dapat menambah kesan realistis dalam interaksi virtual. Setelah itu, penyatuan objek koleksi, bangunan, dan audio dilakukan pada tahap akhir produksi, dimana seluruh komponen dimasukkan ke dalam prototipe museum virtual, diikuti dengan penyempurnaan grafis dan antarmuka pengguna. Selanjutnya, validasi dilakukan oleh ahli materi dan ahli media standar kelimuan dan pedagogis terpenuhi, uji coba kelompok kecil dan besar juga dilakukan guna mendapatkan umpan balik terkait interaktivitas, navigasi dan efektivitas museum virtual.

2. Teknik Pengumpulan dan Analisis Data

Pada penelitian ini, teknik pengumpulan data dilakukan melalui kuesioner, wawancara, dan observasi. Kuesioner digunakan untuk mengumpulkan data kuantitatif dari validasi ahli materi dan ahli media serta uji coba yang melibatkan kelompok kecil dan besar mahasiswa, data tersebut akan digunakan untuk mengukur persepsi responden terhadap berbagai aspek museum virtual. Wawancara dilakukan untuk mendapatkan data kualitatif terkait pengalaman dan masukan dari mahasiswa, sementara observasi dilakukan untuk melihat potensi atau masalah yang dihadapi mahasiswa prodi pendidikan sejarah FKIP UNTAN. Selanjutnya, data yang diperoleh dari hasil wawancara dan observasi dianalisis menggunakan teknik analisis komparatif kualitatif, dimana temuan dari berbagai responden dibandingkan

dan dikategorikan untuk menemukan pola dan kesamaan dalam tanggapan. Sedangkan data yang diperoleh dari kuesioner dianalisis menggunakan teknik analisis statistik deskriptif untuk mencari Indeks Tingkat Capaian Responden (TCR) (Sugiyono, 2020). TCR memberikan gambaran sejauh mana museum virtual memenuhi kriteria yang diharapkan, dengan mengacu pada interval penilaian yang ditentukan pada skala likert 1-4 yang dapat dilihat pada tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Interval Penilaian Data Kuantitatif

No	Interval Penilaian	Kriteria
1	81.26 - 100	Sangat Layak
2	62.51 - 81.25	Layak
3	43.76 - 62.51	Tidak Layak
4	25 - 43.75	Sangat Tidak Layak

Sumber: Data pribadi peneliti, 2024

Tabel 2. Rumus Perhitungan Tingkat Capaian Responden (TCR)

$$TCR = \sum_{i=1}^{n=1} (T_i \times SL_i) = 24 \text{ dst} \quad \text{Indeks TCR} = \frac{81}{100} \times 100\% = 81\%$$

Sumber: Data pribadi peneliti, 2024

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Studi Pendahuluan

Berdasarkan hasil wawancara, diperoleh data bahwa mahasiswa prodi pendidikan sejarah memiliki gaya belajar visual dan memiliki pengetahuan yang cukup terhadap penggunaan teknologi. Adanya keinginan untuk mengunjungi museum praaksara secara langsung dan hambatan transportasi menjadi alasan utama pengembangan museum virtual dapat menjembatani antara kendala dan harapan mahasiswa yang ingin merasakan pengalaman belajar langsung di museum praaksara Indonesia. Hasil observasi terhadap lingkungan belajar, menunjukkan potensi seperti tersedianya jaringan internet yang dapat dimanfaatkan untuk mengakses museum virtual secara daring, walaupun demikian akses internet tidak dapat dirasakan secara merata saat mahasiswa tidak berada di lingkungan kampus, sehingga perlu adanya fitur untuk mengatasi hal tersebut di museum virtual.

Hasil Pengembangan Prototipe

1. Perencanaan Produk
 - Menentukan Cakupan

Fokus utama penelitian ini adalah mengembangkan Museum Virtual Praaksara Indonesia sebagai media pembelajaran interaktif yang dirancang untuk mahasiswa Program Studi Pendidikan Sejarah. Mahasiswa berperan sebagai subjek penelitian untuk mengidentifikasi kebutuhan terhadap museum virtual. Sebagai sampel adalah mahasiswa yang telah mengambil dan mempelajari mata kuliah museologi dan praaksara Indonesia.

Mengidentifikasi Karakteristik Pembelajar

Berdasarkan hasil wawancara, ditemukan bahwa mahasiswa memiliki keinginan untuk belajar langsung di Museum. Nury Hidayah, mahasiswa Prodi Pendidikan Sejarah FKIP UNTAN, menuturkan bahwa mereka kesulitan secara langsung ke museum yang memiliki koleksi peninggalan zaman praaksara. Narasi kunjungan langsung ke museum, mengidentifikasikan bahwa mahasiswa memiliki karakter pembelajar kinestetik, eksploratif dan cenderung pada visualisasi materi.

Menetapkan Permasalahan

Berdasarkan hasil wawancara bersama mahasiswa Prodi Pendidikan Sejarah FKIP UNTAN, ditemukan bahwa mahasiswa memiliki hambatan finansial untuk berkunjung ke museum di luar Kalimantan Barat. Keterbatasan akses menjadi fokus permasalahan yang akan diselesaikan dengan pengembangan museum virtual praaksara Indonesia.

Menentukan Sumber Daya

a) Sumber Daya Teknologi

Perangkat lunak yang digunakan diantaranya *Unreal Engine* dan *Blender 3D* yang dapat dipadukan untuk menghasilkan produk museum virtual yang berkualitas. Sedangkan perangkat keras yang digunakan yakni Laptop Legion 5 Pro yang memiliki spesifikasi Prosesor Intel Core i7 11800H @2.30GHz, RAM 32GB DDR 4, dan Kartu Grafis NVIDIA RTX 3050 4GB GDDR6 VRAM. Serta *pen-tablet* untuk mendesain objek 3D koleksi museum virtual.

b) Sumber Daya Konten

Data sejarah, informasi artefak, gambar, dan referensi ilmiah dari zaman praaksara Indonesia menjadi sumber utama pada pengembangan konten Museum Virtual Praaksara Indonesia. Museum Virtual ini memuat berbagai jenis koleksi dari periode Mesozoikum dan Neozoikum, serta beberapa tambahan jenis koleksi diluar dari peninggalan artefak dan fosil di Indonesia, seperti fosil hewan praaksara Mosasaurus hingga Utah Raptor.

2. Desain Produk

Mengembangkan Ide Konten Awal

Lingkungan virtual menjadi ide awal pada pengembangan museum virtual, dengan teknologi *Unreal Engine* interaktivitas dan fleksibilitas konten dapat diwujudkan. Komponen gamifikasi dapat direalisasikan dengan teknologi tersebut, kuis interaktif dan *puzzle* menjadi elemen gamifikasi pada Museum Virtual Praaksara Indonesia. Fasilitas *third party* seperti *steam community overlay* dapat digunakan sebagai medium komunikasi dan ruang diskusi *online*, fitur *text* dan *voice chat* dapat digunakan untuk berdiskusi dengan sesama pengguna di museum virtual praaksara Indonesia.

Membuat *Storyboard*

Storyboard pada pengembangan Museum Virtual Praaksara Indonesia sebagai media pembelajaran mahasiswa Prodi Pendidikan Sejarah merupakan visualisasi alur pengalaman pengguna di dalam lingkungan virtual. Berikut adalah bentuk dan elemen-elemen utama *storyboard* tersebut:

a) *Main Menu*

Main menu berfungsi sebagai pintu akses awal menuju lobby dan museum virtual. Terdapat tombol interaksi seperti, tombol *create room* untuk membuat sesi dan masuk ke lobby, tombol *join room* untuk masuk ke sesi yang tersedia, tombol *profile settings* untuk mengatur avatar dan nama, tombol *general settings* untuk mengatur preferensi grafis dan audio, dan tombol *quit menu* untuk keluar dari aplikasi museum virtual.

b) *Lobby*

Lobby merupakan level setelah pengguna membuat atau masuk ke sebuah sesi. Terdapat beberapa navigasi yang dapat berinteraksi dengan pengguna seperti fitur Lobby Menu, *Character customization*, dan *Steam Community Overlay*. Pada lobby menu, pengguna dapat melihat daftar pengguna yang masuk ke dalam lobby. Fitur *character customization* dapat digunakan untuk mengatur preferensi karakter 3D pengguna. *Steam community overlay* dapat digunakan sebagai media komunikasi secara realtime di ruang lobby.

c) *Museum Virtual*

Museum merupakan level utama setelah level main menu dan lobby, rancangan sistem pada level museum virtual dirancang untuk memfasilitasi interaksi pengguna dengan koleksi museum secara dinamis. Museum ini dilengkapi dengan fitur menu yang meliputi menu *puzzle* sebagai bentuk gamifikasi edukatif, *general settings* untuk mengatur preferensi pengguna, serta tampilan waktu dan profil pengguna. Fitur *display* koleksi dan deskripsi koleksi menjadi menu utama dimana pengguna dapat melihat dan mempelajari bentuk koleksi museum secara 3D.

Menyiapkan Materi

Penyusunan materi merupakan langkah kunci yang membutuhkan informasi dari sumber-sumber yang kredibel. Materi yang dikumpulkan mencakup berbagai artefak, fosil, dan penjelasan ilmiah yang mewakili perkembangan zaman praaksara di Indonesia. Pengumpulan data yang dilakukan melalui berbagai sumber ilmiah seperti Britannica, jurnal arkeologi, serta hasil temuan fosil.

Menyiapkan Prototipe

Prototipe dibuat menggunakan *software Unreal Engine*, dengan menggunakan template *Third Person*. Template *third person* memiliki fitur *playable character* dimana kamera dapat ditempatkan di belakang dan di atas karakter 3D. Pembuatan museum virtual menggunakan fitur *blueprint*, yakni fitur skrip visual yang memungkinkan untuk membuat logika permainan tanpa menuliskan baris kode. Berikut logika dan *flow* yang dibuat pada pengembangan museum virtual menggunakan *Unreal Engine* berdasarkan levelnya

a) *Level Booting*

Logic: Pada saat museum virtual dibuka, *level booting* bertanggung jawab untuk memuat semua aset penting dan mempersiapkan environment museum virtual. Selanjutnya *splash screen* dengan logo Prodi Pendidikan Sejarah FKIP UNTAN dan museum virtual praaksara Indonesia, *loading bar* juga ditampilkan untuk menunjukkan progres inisialisasi aset dan sistem. Setelah inisialisasi selesai transisi otomatis menuju *level Main Menu*. *Flow*: Proses cara kerja *level booting* diantaranya: (1) *Load Aset* (sistem memuat semua aset seperti model 3D, audio, dan antarmuka pengguna), (2) *Splash Screen*: Menampilkan logo museum virtual, (3) *Check aset*: Jika semua aset sudah dimuat, maka lanjut ke *level transition*.

b) *Level Transition*

Logic: Level ini berfungsi sebagai jembatan antar level, dan memastikan transisi yang halus saat perpindahan antara *menu*, *lobby*, dan *museum*. Pengguna dapat melihat animasi transisi atau *loading screen*. *Flow*: Proses cara kerja *level transition* diantaranya: (1) *Start Transition Animasion*: menampilkan *loading screen/animasi*, (2) *LoadNext Level*: Memuat level berikutnya (*main menu*, *lobby* atau *museum*), (3) *Pass Configuration*: Data yang relevan seperti pengaturan *user* dan sesi dioper ke level berikutnya.

c) *Level Main Menu*

Logic: *Main menu* dapat digunakan pengguna untuk mengakses fitur-fitur dasar seperti pembuatan atau bergabung dengan sesi *multiplayer* dan pengaturan

personalisasi. Pada *main menu* terdapat tombol *create session*, *join session*, *profile settings*, *general settings*. *Flow*: Proses cara kerja level *main menu* diantaranya: (1) *User Input*: menunggu *input* dari pengguna (*Create Session*, *Join Sesion*, *Profile Settings*, atau *General Settings*), (2) *Handle Input*: Sistem menangani *input* sesuai dengan pilihan pengguna, (3) *transition to Lobby*: Jika sesi berhasil dibuat atau diikuti, pengguna akan dipindahkan ke *Level lobby*.

d) Level Lobby

Logic: Pada level ini pengguna akan berada dalam area yang disebut *Lobby*, tempat mereka dapat melihat pemain lain yang juga bergabung dalam sesi yang sama. Pada level ini pengguna dapat melihat daftar pemain, memulai obrolan, memodifikasi tampilan karakter, dan setelah semua pengguna siap, sesi dimulai dan pengguna berpindah ke level museum. *Flow*: Cara kerja sistem di level *lobby* diantaranya: (1) *Lobby Initialization*: sistem menyiapkan tampilan *lobby* dan menampilkan pemain lain yang berada dalam sesi, (2) *Character customization Interaction*: Pengguna bisa menyesuaikan tampilan karakter sebelum masuk ke museum, (3) *Ready check*: jika semua pemain siap, sesi akan dilanjutkan ke *Level Museum*.

e) Level Museum

Logic: Level *Museum* berfungsi sebagai dunia utama dimana pengguna dapat menjelajahi bangunan museum yang berisi berbagai koleksi artefak praaksara. *Flow*: Cara kerja sistem di level museum diantaranya: (1) *Enter Museum*: setelah semua pemain siap di *lobby*, sistem memindahkan pengguna ke level museum, (2) *Explore Museum*: pengguna menjelajahi museum, melihat koleksi artefak, dan mengikuti aktivitas seperti kuis dan *puzzle*, (3) *Interaction with collection*: sistem mendeteksi jika pengguna mendekati koleksi, menampilkan penjelasan, dan menawarkan aktivitas terkait (*puzzle* dan *quiz*).

Pengembangan Produk

a) Membuat Desain Objek Koleksi

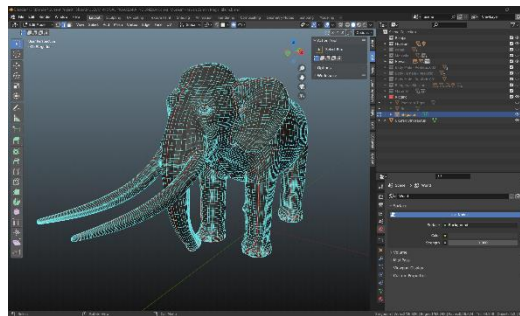
Rangkaian kerja pada pembuatan desain objek koleksi dibagi pada tiga tahap. Objek-objek yang dibuat meliputi fosil hewan praaksara, bangunan praaksara, peralatan praaksara, dan fosil manusia praaksara di Indonesia. Objek tersebut dibuat menggunakan aplikasi *Blender 3D*.

(1) Tahap Pengumpulan Referensi

Pada tahap ini proses pengumpulan referensi gambar atau video terkait fosil hewan, bangunan, dan peralatan praaksara dari berbagai sumber kredibel seperti jurnal arkeologi, museum, dan situs-situs penelitian.

(2) Tahap Pemodelan 3D

Pada tahap ini proses pembuatan model menggunakan aplikasi *blender 3d* dari setiap objek fosil hewan, manusia, peralatan, bangunan praaksara. Sebagai contoh pemodelan fosil hewan praaksara dapat dilihat pada gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Proses Retopology Stegodon.
(sumber: Dokumentasi pribadi peneliti, 2024)

Proses pemodelan dimulai dari tahap *blocking* objek dengan membuat bentuk dasar objek, tahap *sculpting* dengan membuat *detailing* pada objek, tahap *retopology* dengan membuat objek dalam bentuk *mesh* yang lebih sederhana, tahap *unwrapping* dan *texturing* dengan membuka permukaan objek dengan fitur *seam* dan menambahkan *texture* pada objek.

(3) Tahap Integrasi dan Optimasi di Unreal Engine

Model 3d yang telah selesai diproses di Blender diexport dalam format yang kompatibel seperti FBX. Pastikan semua komposisi seperti skala, rotasi dan posisi objek sudah benar. Setelah itu model diimport ke *unreal engine*. Pada *unreal engine* objek yang telah diexport diberikan *collision box* agar objek memiliki batasan dengan karakter pengguna. Penempatan objek koleksi selanjutnya disesuaikan dengan bentuk bangunan museum virtual.

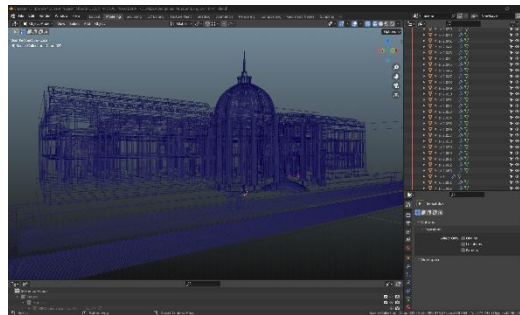
b) Membuat Desain Bangunan Museum

(1) Tahap Pengumpulan Referensi

Pada tahap ini proses pengumpulan referensi gambar atau video terkait bangunan museum dari berbagai referensi bangunan museum yang ada di dunia. Referensi desain bangunan museum pada akhirnya menggunakan desain bangunan *American Museum of Natural History* karena memiliki kesamaan visi yakni menampilkan koleksi objek praaksara.

(2) Tahap Pemodelan 3D

Pada tahap ini proses pembuatan model bangunan museum menggunakan aplikasi *blender 3D*, bangunan museum dibuat secara modular agar proses pengembangan menjadi efisien. Bagian museum dibuat menjadi berbagai bagian seperti bagian dinding, pilar, pintu, jendela, rak *display*, atap, lampu, hingga lantai. Sebagai contoh model bangunan museum dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Desain bangunan museum virtual.
(sumber: Dokumentasi pribadi peneliti, 2024)

Gambar tersebut merupakan bangunan museum yang di ambil menggunakan *toggle x-ray* di *blender 3D*, sehingga menampilkan rangka dasar bangunan museum. proses pembuatan model bangunan dimulai langsung di tahap *retopology* dengan membuat bangunan museum dari referensi desain bangunan museum, tahap *unwrapping* dan *texturing* dengan membuka permukaan dengan fitur *seam* dan menambahkan *texture* pada objek bangunan museum.

(3) Tahap Integrasi dan Optimasi di *Unreal Engine*

Pada tahap ini prosesnya hampir sama dengan tahap integrasi dan optimalisasi objek koleksi. Namun pada desain bangunan museum keseluruhan bangunan museum tidak diimpor ke *unreal engine*, bagian *modular* museum seperti: dinding, pintu, jendela, atap, lantai, rak *display* yang diimpor ke *unreal engine*. Maka pada tahap pemodelan perlu dipastikan bangunan museum dapat disusun ulang di *unreal engine*.

c) Memproduksi Audio

(1) Tahap Pengumpulan Meteri dan Pembuatan Naskah Audio

Pengumpulan informasi mengenai objek koleksi fosil hewan, peralatan, dan fosil manusia praaksara. informasi ini harus berasal dari sumber kredibel seperti jurnal ilmiah, buku sejarah, situs resmi seperti *britannica* atau museum praaksara.

Setelah informasi terkumpul penulisan naskah audio dijelaskan secara singkat dan edukatif, dengan bahasa yang mudah dipahami.

(2) Tahap Produksi Audio

Naskah audio yang telah disiapkan, dimasukkan dan direkam menggunakan fitur *text to speech* di *microsoft clipchamp*. Gunakan *voice over* yang sesuai dengan bahasa dan memiliki suara yang jelas. Setelah rekaman dilakukan, pengeditan dilanjutkan di aplikasi *davinci resolve* dengan mengekstrak audio dari video rekaman suara dari aplikasi *clipchamp*, kemudian impor audio tersebut kedalam format WAV.

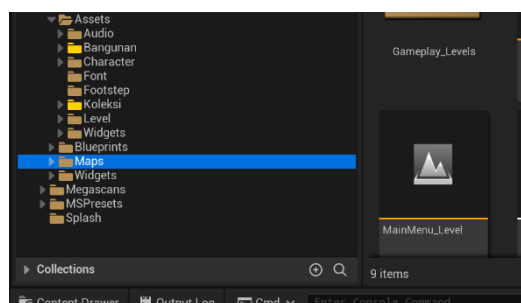
(3) Tahap Integrasi dan Optimasi di *Unreal Engine*

Audio yang telah diimpor dari *davinci resolve* kemudian diberi label sesuai objek koleksi. Format WAV dipilih karena kompatibel dan dapat integrasikan ke *unreal engine*, untuk selanjutnya dibuat *cue* agar dapat disesuaikan dengan kebutuhan museum virtual.

d) Menyatukan Objek Koleksi, Bangunan, dan Audio ke Prototipe

(1) Tahap Persiapan Proyek di *Unreal Engine*

Proyek prototipe yang telah dibuat menggunakan template *Third Person* dipersiapkan dengan pengorganisasian folder dan aset. Strukturisasi folder diperlukan agar pada proses integrasi dan penyusunan menjadi lebih mudah. Seperti bangunan museum diimpor dalam format *FBX* di masukan pada folder *Asset Building* dan audio penjelasan koleksi yang diimpor dalam format *WAV* dimasukkan dalam folder *Asset Audio*.

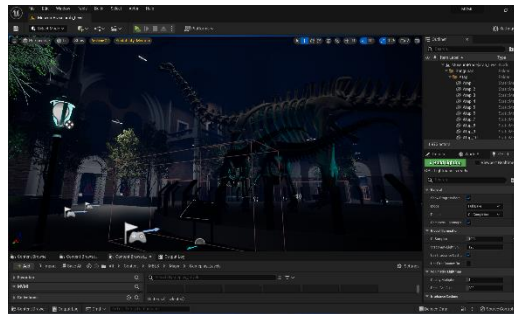


Gambar 3. Strukturisasi folder di *unreal engine*.
(sumber: Dokumentasi pribadi peneliti, 2024)

Gambar 3 merupakan proses persiapan pada proyek museum virtual dengan pengorganisasian folder di *Unreal Engine*. Terdapat folder *Assets*, *Blueprint*, *Maps* dan *Widget*.

(2) Tahap Penyatuan Objek Koleksi ke Museum Virtual

Setelah persiapan proyek telah dilakukan di Unreal Engine, objek koleksi, bangunan, audio diimpor ke unreal engine sesuai dengan folder yang telah disiapkan. Tempatkan objek sesuai dengan ruang atau area pameran yang di tentukan dalam bangun museum, pastikan posisi dan skala objek sesuai dengan tata letak pameran agar mudah diakses oleh karakter pengguna.

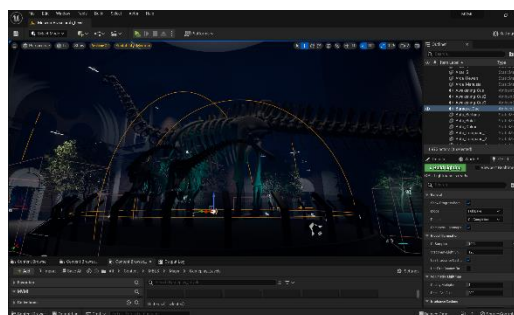


Gambar 4. Penggunaan *Trigger Box* pada *Object Tablet Informasi*.
(sumber: Dokumentasi pribadi peneliti, 2024)

Gambar 4 menunjukkan penggunaan *trigger box* yang ada disekitar objek, dengan menggunakan *blueprints* interaksi antara karakter pengguna dengan objek koleksi dapat terjadi. Interaksi seperti menampilkan deskripsi objek dan audio penjelasan, hingga *quiz* yang tersedia di bangunan lobi museum virtual.

(3) Tahap Optimalisasi Prototipe

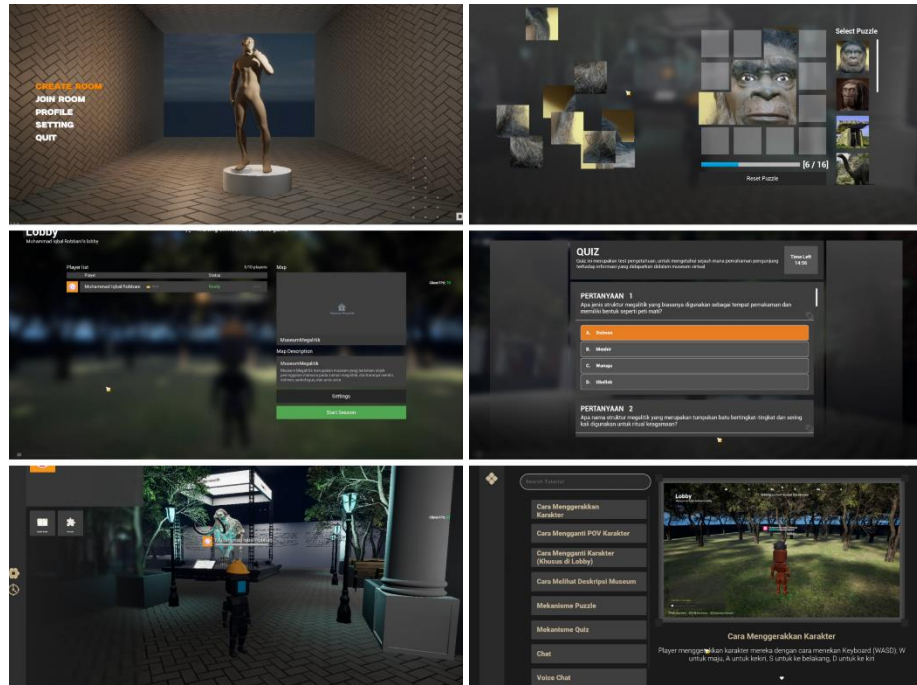
Setelah penyatuan objek koleksi, audio penjelasan, dan bangunan museum, perlu dilakukan optimalisasi dengan menguji prototipe melalui metode *blackbox*. Hal ini dilakukan untuk memastikan setiap fungsi yang ada di *user interface* dapat berjalan dengan baik di museum virtual. Optimalisasi seperti mengurangi resolusi *texture* dengan mengatur *level of detail* (LOD) pada objek 3D perlu dilakukan agar meningkatkan performa museum virtual.



Gambar 5. Optimalisasi audio pada ruang pameran di aplikasi *unreal engine*.
(sumber: Dokumentasi pribadi peneliti, 2024)

Gambar 5 merupakan optimalisasi audio dengan memberikan *audio attenuation* agar audio dapat terdengar dengan radius tertentu. Selain itu optimalisasi pencahayaan menggunakan *lighting bake* untuk mengurangi beban

pencahayaan *real-time* pada sistem, sehingga prototipe museum berjalan lebih lancar. Gambar 6 dibawah merupakan *final prototipe* ini.



Gambar 6. Gambar Main Menu, Lobby, Bangunan Museum Virtual (Kiri) dan Puzzle, Quiz, dan Guidebooks (Kanan)
(sumber: Dokumentasi pribadi peneliti, 2024)

e) Melakukan Validasi dan Revisi

Setelah prototipe selesai dikembangkan, tahap pengujian oleh ahli media dilakukan untuk menilai kelayakan museum virtual dari standar pedagogi sebagai media pembelajaran. Penilaian oleh ahli media mencakup tiga aspek; *usability*, interaktivitas, dan estetika visual, masing masing aspek memiliki indikator dan jumlah soal yang berbeda. Aspek *usability* memiliki indikator keterbacaan dan navigasi dengan 10 soal penilaian, aspek interaktivitas memiliki indikator responsif dan fitur interaktif dengan 10 soal penilaian, aspek estetika visual memiliki indikator konsistensi visual dan estetika umum dengan 5 soal penilaian.

Tabel 3. Data Kuantitatif Validasi Ahli Media

Validasi Ahli Media					
N	Item	SL_1	T_1	TCR	%
1	25	4	6	24	29.63
		3	19	57	70.37
		2	0	0	0

	1	0	0	0
Total		25	81	100
Y			100	
Indeks TCR			81	
Kriteria			Layak	

Sumber: Data pribadi peneliti, 2024

Tabel 4. Keterangan Simbol Pada Tabel 3

TCR	: Tingkat Capaian Responden	n	: Jumlah Responden
T_i	: Frekuensi Jawaban Responden	Y	: Skor tertinggi likert
SL_i	: Skor Likert		

Sumber: Data pribadi peneliti, 2024

Tabel 5. Rumus Perhitungan Pada Tabel 3

$$TCR = \sum_{i=1}^{n=1} (T_i \times SL_i) = 24 \text{ dst} \quad \text{Indeks TCR} = \frac{81}{100} \times 100\% = 81\%$$

Sumber: Data pribadi peneliti, 2024

Berdasarkan tabel 3, hasil dari validasi ahli media menunjukkan indeks Tingkat Capaian Responden (TCR) dengan nilai 81. Hasil tersebut jika mengacu pada skala interval penilaian masuk pada kriteria layak. Namun terdapat revisi pada penambahan objek koleksi seperti menhir dan peralatan manusia praaksara. Selanjutnya validasi dilakukan oleh ahli materi untuk menilai kelayakan museum virtual dari standar keilmuan sebagai media pembelajaran. Penilaian oleh ahli materi mencakup tiga aspek; isi konten, relevansi konten, dan keterpaduan konten, masing-masing aspek memiliki indikator dan jumlah soal yang berbeda. Aspek isi konten memiliki indikator ketepatan fakta sejarah dan kedalaman materi dengan 10 soal penilaian, aspek relevansi konten memiliki indikator keterkaitan materi dan kesesuaian materi dengan 10 soal penilaian, aspek estetika visual memiliki indikator konsistensi tema dan integrasi multimedia dengan 5 soal penilaian.

Tabel 6. Data Kuantitatif Validasi Ahli Materi

Validasi Ahli Materi					
N	Item	SL_1	T_1	TCR	%
1	25	4	5	20	25
		3	20	60	75

	2	0	0	0
	1	0	0	0
Total		25	80	100
Y			100	
Indeks TCR			80	
Kriteria			Layak	

Sumber: Data pribadi peneliti, 2024

Tabel 7. Keterangan Simbol Pada Tabel 6

TCR	: Tingkat Capaian Responden	n	: Jumlah Responden
T_i	: Frekuensi Jawaban Responden	Y	: Skor tertinggi likert
SL_i	: Skor Likert		

Sumber: Data pribadi peneliti, 2024

Tabel 8. Rumus Perhitungan Pada Tabel 6

$$TCR = \sum_{i=1}^{n=1} (T_i \times SL_i) = 20 \text{ dst} \quad \text{Indeks TCR} = \frac{80}{100} \times 100\% = 80\%$$

Sumber: Data pribadi peneliti, 2024

Berdasarkan tabel 6, hasil dari validasi ahli materi menunjukkan indeks Tingkat Capaian Responden (TCR) dengan nilai 80. Hasil tersebut jika mengacu pada skala interval penilaian masuk pada kriteria layak. Namun terdapat revisi pada materi pada koleksi waruga dan sarkofagus.

f) Melakukan Uji Coba dan Revisi

Setelah divalidasi, uji coba kelompok kecil dilakukan untuk memperoleh *feedback* dari pengguna yakni mahasiswa Prodi Pendidikan Sejarah FKIP UNTAN. Penilaian uji coba kelompok kecil mencakup tiga aspek: *user interface*, *information* dan *usability*, masing-masing aspek memiliki indikator dan jumlah soal yang berbeda. Aspek *user interface* memiliki indikator kualitas grafis, kualitas audio, dan kualitas animasi dengan 15 soal penilaian, aspek *information* memiliki indikator isi dan tata bahasa dengan 5 soal penilaian, dan aspek *usability* memiliki indikator kemudahan penggunaan dengan 5 soal penilaian.

Tabel 9. Data Kuantitatif Uji Coba Kelompok Kecil

Uji Coba Kelompok Kecil					
N	Item	SL_1	T_1	TCR	%
5	25	4	43	172	42
		3	73	219	54
		2	9	18	4
		1	0	0	0
Total			125	409	100
Y				500	
Indeks TCR				82	
Kriteria				Sangat Layak	

Sumber: Data pribadi peneliti, 2024

Tabel 10. Keterangan Simbol Pada Tabel 9

TCR	: Tingkat Capaian Responden	n	: Jumlah Responden
T_i	: Frekuensi Jawaban Responden	Y	: Skor tertinggi likert
SL_i	: Skor Likert		

Sumber: Data pribadi peneliti, 2024

Tabel 11. Rumus Perhitungan Pada Tabel 9

$$TCR = \sum_{i=1}^{n=5} (T_i \times SL_i) = 172 \text{ dst} \quad \text{Indeks TCR} = \frac{409}{500} \times 100\% = 82\%$$

Sumber: Data pribadi peneliti, 2024

Berdasarkan tabel 9, hasil dari uji coba kelompok kecil menunjukkan indeks Tingkat Capaian Responden (TCR) dengan nilai 82. Hasil tersebut jika mengacu pada skala interval penilaian masuk pada kriteria sangat layak. Namun terdapat revisi dengan menambahkan *guide menu* di level museum. Selanjutnya uji coba kelompok besar dilakukan untuk memperoleh feedback dari pengguna yakni mahasiswa Prodi Pendidikan Sejarah FKIP UNTAN. Penilaian uji coba kelompok besar memiliki format penilaian yang sama dengan uji coba kelompok kecil. Hasil dari uji coba kelompok besar dapat menjadi *benchmarking* kelayakan museum virtual dalam skala besar.

Tabel 12. Data Kuantitatif Uji Coba Kelompok Besar

Uji Coba Kelompok Besar					
N	Item	SL_1	T_1	TCR	%
30	25	4	243	972	40
		3	465	1395	57
		2	23	46	2
		1	19	19	1
Total			750	2432	100
Y				3000	
Indeks TCR				81	
Kriteria				Layak	

Sumber: Data pribadi peneliti, 2024

Tabel 13. Keterangan Simbol Pada Tabel 12

TCR	: Tingkat Capaian Responden	n	: Jumlah Responden
T_i	: Frekuensi Jawaban Responden	Y	: Skor tertinggi likert
SL_i	: Skor Likert		

Sumber: Data pribadi peneliti, 2024

Tabel 14. Rumus Perhitungan Pada Tabel 12

$$TCR = \sum_{i=30}^{n=30} (T_i \times SL_i) = 2432 \quad \text{dst} \quad \text{Indeks TCR} = \frac{2432}{3000} \times 100\% = 81\%$$

Sumber: Data pribadi peneliti, 2024

Berdasarkan tabel 12, hasil dari uji coba kelompok besar menunjukkan indeks Tingkat Capaian Responden (TCR) dengan nilai 82. Hasil tersebut jika mengacu pada skala interval penilaian masuk pada kriteria layak. Namun terdapat revisi dengan mengoptimalkan *texture size* pada setiap objek museum.

SIMPULAN

Berdasarkan studi pendahuluan, dapat disimpulkan bahwa analisis kebutuhan sangat penting dilakukan untuk mengetahui karakteristik pembelajar, dengan mengetahui gaya belajar dan pemahaman terhadap teknologi pengembangan media pembelajaran dapat tepat sasaran. Mahasiswa Prodi Pendidikan Sejarah FKIP UNTAN memiliki keinginan untuk belajar langsung ke

museum praaksara, sehingga visualisasi konten melalui museum virtual sesuai dengan gaya belajar mahasiswa dengan karakter pembelajar eksploratif, kinestetik, dan audio-visual.

Pemilihan metode pengembangan model *Allesi and Trollip* terbukti efektif dan memiliki prosedur yang sesuai dengan pengembangan museum virtual menggunakan Unreal Engine dan Blender 3D. Teknologi *unreal engine* terbukti dapat merealisasikan *storyboard* alur pengalaman dengan fitur *blueprint* pembuatan logika sistem tidak perlu menulis barisan kode dalam bahasa pemrograman. Teknologi *blender 3D* juga terbukti dapat merealisasikan replika objek koleksi dalam bentuk 3D dengan detail yang tinggi dan realistis. Tentunya teknologi tersebut memerlukan sebuah perangkat keras yang mumpuni untuk menjalankan dua aplikasi tersebut, dan memerlukan waktu yang cukup lama untuk mengembangkan museum virtual ini.

Hasil penilaian dari ahli menunjukkan bahwa museum virtual praaksara Indonesia memenuhi standar keilmuan dan pedagogis sebagai media pembelajaran. Museum virtual ini mampu menghadirkan lingkungan virtual yang realistis dan memiliki berbagai fitur interaktif dan kolaboratif, disertai dengan gamifikasi *puzzle* dan *quiz* membuatnya lebih menarik untuk digunakan. Sementara, hasil dari uji coba kelompok yang melibatkan mahasiswa memperoleh hasil positif, dengan hasil penilaian visualisasi objek 3D yang baik, materi yang relevan, dan memiliki desain antarmuka yang familiar. Hasil tersebut menegaskan museum virtual Praaksara Indonesia layak dan berpotensi untuk dikembangkan sebagai media pembelajaran.

DAFTAR RUJUKAN

- Al Hakim, G. F., Juardi, Di., & Heryana, N. (2022). Pemanfaatan teknologi virtual reality untuk pengenalan museum virtual karawang menggunakan metode multimedia development life cycle. *Jurnal Pendidikan Dan Konseling (JPDK)*, 4(4), 4618–4624.
- Alessi, S. M., & Trollip, S. R. (2001). *Multimedia for Learning: Methods and Development*. Allyn and Bacon. <https://books.google.co.id/books?id=mmruAAAAMAAJ>
- Effendi, D., & Wahidy, D. A. (2019). PEMANFAATAN TEKNOLOGI DALAM PROSES PEMBELAJARAN MENUJU PEMBELAJARAN ABAD 21.
- Kersten, T. P., Tschirschwitz, F., & Deggim, S. (2017). Development of a virtual museum including a 4D presentation of building history in virtual reality. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 42(2W3), 361–367. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W3-361-2017>
- Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 66. (2015). *Peraturan Pemerintah (PP) Republik Indonesia Nomor 66 Tahun 2015 Tentang Museum*. <https://peraturan.bpk.go.id/Home/Details/5642>

- Shelli, S., Firmansyah, A., Putri, A., Rustiyarso, R., & Firmansyah, H. (2023). Penggunaan Film Dokumenter Sejarah Belangkaet Sebagai Media Pembelajaran Sejarah di Kelas XI IPS 2 SMAN 1 Simpang Hilir. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 9(10).
<https://doi.org/10.5281/zenodo.7988839>
- Sugiyono. (2020). *Metode Penelitian & Pengembangan (Research and Development/ R&D)* (S. Y. Suryandari, Ed.; 3rd ed.). Alfabeta.