

Perancangan Ruang Virtual Museum Batik menggunakan Metode GDLC berbasis Virtual Reality

Ahmad Faiz^{*1}, Hardianto Wibowo¹, Agus Eko Minarno¹

Universitas Muhammadiyah Malang

ahmdfaiz@webmail.umm.ac.id^{*1}, ardi@umm.ac.id¹, aguseko@umm.ac.id¹

Abstrak

Studi ini bertujuan dalam menciptakan ruang virtual museum batik yang diterima masyarakat untuk melestarikan batik sebagai warisan budaya Indonesia yaitu pada Museum Batik Sonobudoyo di Yogyakarta. Penelitian ini menggunakan metode GDLC dengan enam tahapan (*Initiation, Pre-production, Production, Testing, Beta, Release*) dan melibatkan verifikasi serta validasi oleh pengembang, penjamin kualitas, dan stakeholder untuk setiap tahap, serta random sampling untuk memilih sampel dari pengunjung Museum Batik Sonobudoyo Yogyakarta dengan data dikumpulkan melalui observasi, wawancara, dan kuesioner. Pengujian ruang virtual museum batik menggunakan metode *blackbox* menunjukkan bahwa fungsionalitasnya baik dan sesuai dengan input, dengan pengujian *alpha* melibatkan pengembang dan *quality assurance*. Setelah lulus pengujian *alpha*, dilakukan pengujian *beta* dengan melibatkan 33 pengunjung booth stand *metaverse* di Museum Batik Sonobudoyo Yogyakarta, yang menghasilkan penilaian rata-rata 86,1%, dengan nilai tertinggi 93,9% untuk gambar yang menarik. Kuesioner menunjukkan bahwa teks, gambar, audio, animasi, dan controller dalam ruang virtual mendapatkan penilaian positif, mendukung interaksi yang nyaman dan efektif, serta meningkatkan minat terhadap budaya batik.

Kata Kunci: Batik, GDLC, Museum, Ruang Virtual

Abstract

This study aims to create a batik museum virtual space that is accepted by the public to preserve batik as an Indonesian cultural heritage, namely at Sonobudoyo Batik Museum in Yogyakarta. This study uses the GDLC method with six stages (*Initiation, Pre-production, Production, Testing, Beta, Release*) and involves verification and validation by developers, quality assurance, and stakeholders for each stage, as well as random sampling to select a sample of visitors to the Sonobudoyo Batik Museum Yogyakarta with data collected through observation, interviews, and questionnaires. Testing the virtual space of the batik museum using the *blackbox* method shows that the functionality is good and in accordance with the input, with alpha testing involving developers and quality assurance. After passing alpha testing, beta testing was carried out involving 33 visitors to the *metaverse* booth stand at Sonobudoyo Batik Museum Yogyakarta, which resulted in an average rating of 86.1%, with the highest score of 93.9% for attractive images. The questionnaire showed that the text, images, audio, animation, and controller in the virtual space received positive ratings, supporting comfortable and effective interaction, and increasing interest in batik culture.

Keywords: Batik, GDLC, Museum, Virtual Space

1. Pendahuluan

Batik merupakan warisan budaya Indonesia yang telah diakui oleh dunia melalui UNESCO (*United Nation Educational Scientific and Cultural Organization*), pada 2 Oktober 2009. Keterkaitan erat masyarakat Indonesia dengan batik telah menjadikannya sebagai simbol nasionalisme yang sering digunakan dalam acara penting dan formal [1]. Pada awalnya, budaya batik hanya dikenal di lingkungan keraton Jawa, tetapi kini telah tersebar luas di berbagai wilayah Indonesia [2]. Batik bukan sekadar kain bermotif, tetapi juga mencerminkan kearifan lokal dan kekayaan budaya yang diwariskan secara turun-temurun. Untuk menjaga keberlanjutan dan menghormati nilai-nilai tersebut, museum batik menjadi sarana pelestarian yang utama [3]. Meskipun demikian, museum batik konvensional memiliki beberapa kelemahan, diantaranya

adalah karena presentasi batik yang ada telah dianggap kuno dan monoton, sehingga menyebabkan orang cenderung lebih memilih mengunjungi mal atau destinasi pariwisata alternatif [3]. Oleh karena itu, pemanfaatan teknologi digital dapat menjadi solusi untuk meningkatkan daya tarik museum batik.

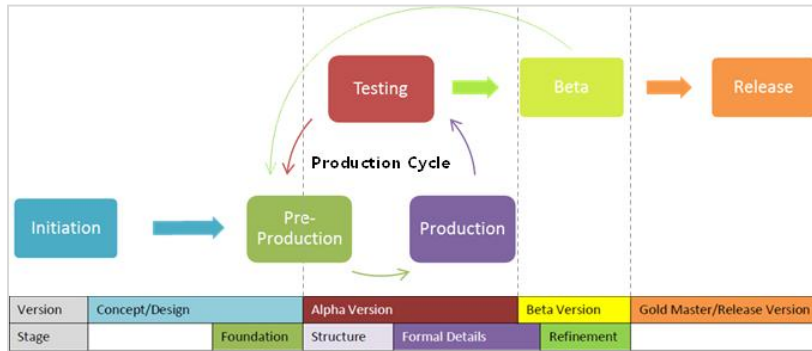
Dalam upaya pelestarian batik, dimensi baru yang menarik dan efektif dapat diwujudkan oleh penggunaan teknologi ruang virtual atau yang dikenal sebagai Virtual Environment (VE). Imersifitas dari pengalaman pengguna dapat ditingkatkan dengan pemanfaatan VE [4]. Perangkat Virtual Reality (VR), sebagai teknologi yang memungkinkan interaksi mendalam dengan ruang virtual, membuka peluang untuk dihidirkannya pengalaman langsung dan imersif terhadap keunikan dari motif batik. Penggunaan VR dianggap memiliki potensi untuk mendukung pelestarian dan pengarsipan batik serta akses yang mudah dan fleksibel terhadap berbagai motif [5]. Dengan VR, pengguna dimungkinkan untuk merasakan pengalaman yang berbeda dan interaktif sehingga tercipta koneksi emosional yang kuat terhadap warisan budaya.

Dalam konteks pengembangan permainan, *game* yang baik dan menarik dapat diwujudkan dengan penggunaan GDLC (*Game Development Life Cycle*) yang menerapkan pendekatan iteratif yang terdiri dari 6 fase pengembangan, diantaranya yaitu *initiation*, *pre-production*, *production*, *testing*, *beta* dan *release* [6]. Penerapan GDLC menjadi krusial untuk menjamin kualitas optimal dalam sebuah permainan, yang seharusnya memperhatikan elemen-elemen seperti kesenangan, fungsionalitas, keseimbangan, kelengkapan internal, dan aksesibilitas [7]. Selain GDLC, terdapat sebuah metode pengembangan yang umum digunakan yakni SDLC (*Software Development Life Cycle*). SDLC merupakan metodologi yang digunakan dalam rekayasa perangkat lunak untuk merancang, mengembangkan, dan memelihara perangkat lunak berkualitas tinggi [8]. Meskipun *game* termasuk dalam kategori perangkat lunak, penerapan SDLC dianggap kurang cocok untuk pengembangan *game* karena *game* bukanlah produk rekayasa perangkat lunak murni, juga bukan hanya sekadar desain level, aspek artistik, pemrograman, dan unsur multi-disiplin [7]. Oleh karena itu, GDLC memberikan pendekatan yang lebih fokus dan disesuaikan dengan kebutuhan khas dalam pengembangan game.

Penerapan GDLC dalam pengembangan game sangat penting untuk memastikan kualitas dan keberhasilan permainan. Dengan enam fase yang mencakup inialisasi hingga rilis, GDLC memungkinkan pengelolaan sistematis dan identifikasi dini terhadap potensi masalah. Pendekatan iteratif memungkinkan penyesuaian berkelanjutan, fokus pada kesenangan, fungsionalitas, keseimbangan, kelengkapan internal, dan aksesibilitas. Meskipun SDLC umumnya digunakan dalam rekayasa perangkat lunak, karakteristik unik dalam pengembangan game membuat GDLC menjadi pilihan yang lebih sesuai untuk memastikan pengalaman yang memuaskan bagi pemain dan keberhasilan dalam industri yang terus berkembang. Oleh karena itu, metode GDLC digunakan oleh peneliti dalam merancang ruang virtual museum batik dalam penelitian ini untuk memperoleh hasil rancangan yang baik dan layak untuk bisa dipublikasikan secara meluas dan dapat digunakan oleh berbagai kalangan masyarakat di Indonesia. Maka tujuan dari studi ini yakni untuk menciptakan sebuah ruang virtual museum batik yang dapat diterima oleh masyarakat guna melestarikan budaya batik sebagai warisan budaya Indonesia.

2. Metode Penelitian

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan metode pengembangan GDLC (*Game Development Life Cycle*) yang memiliki 6 tahapan pengembangan [7], 1) *Initiation*; 2) *Pre-production*; 3) *Production*; 4) *Testing*; 5) *Beta*; dan 6) *Release*. Dalam metode GDLC, setiap tahap memerlukan verifikasi dan validasi oleh pengembang, penjamin kualitas, dan pemangku kepentingan sebelum melanjutkan ke tahap berikutnya. Iterasi terjadi pada tahap *pre-production*, *production*, dan pengujian alpha, dengan pengujian beta dimulai setelah pengujian alpha selesai. Perpindahan antar tahap pengembangan pada penelitian ini didasarkan pada proses verifikasi dan validasi oleh tim pengembang, penjamin kualitas, dan *stakeholder*. Penelitian ini menggunakan *random sampling* untuk memilih sampel dari populasi pengunjung Museum Batik Sonobudoyo Yogyakarta, dengan data dikumpulkan melalui observasi, wawancara, dan kuesioner.



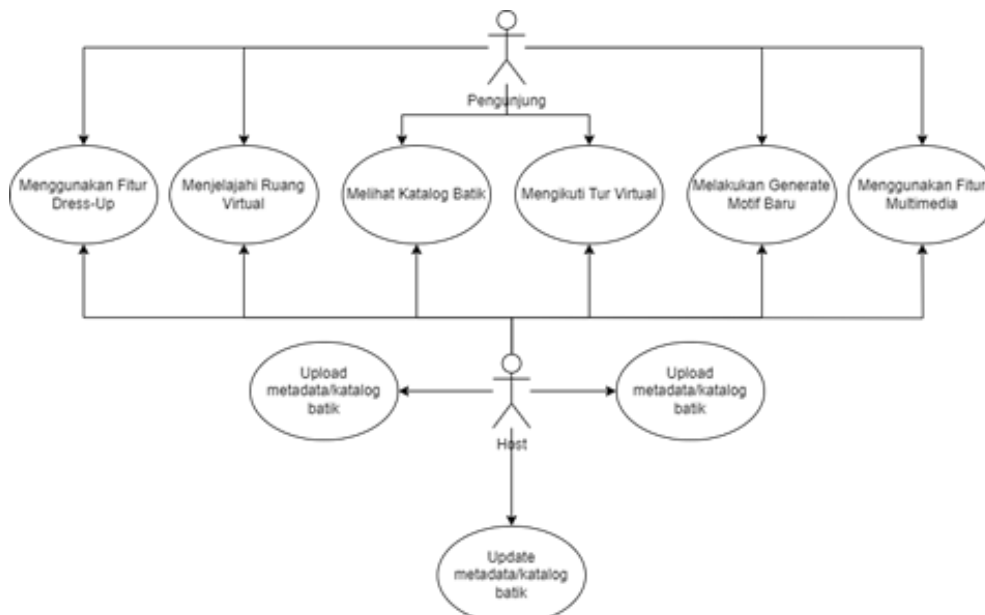
Gambar 1. Game Development Life Cycle

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

3.1 Tahap Inisiasi (Initiation)

Peneliti menentukan konsep dan kebutuhan ruang virtual berdasarkan wawancara dengan stakeholder, kemudian menyusun dokumen kebutuhan dan konsep ruang virtual. Analisis non-fungsional dilakukan untuk memastikan ruang virtual memenuhi kebutuhan perangkat lunak, termasuk dukungan untuk berbagai platform, spesifikasi teknis minimal, dan perangkat VR yang kompatibel. Ruang virtual ini dikembangkan menggunakan Unity, dengan bantuan framework Spatial, serta optimasi model dan tekstur dilakukan menggunakan Blender 3D dan Adobe Photoshop. Analisis fungsional mengidentifikasi kebutuhan perangkat lunak untuk ruang virtual batik, berdasarkan wawancara dengan stakeholder. Hasil analisis menunjukkan bahwa ruang virtual harus menyediakan katalog batik nitik lengkap dengan metadata, menawarkan tur virtual terpandu, menampilkan fitur multimedia seperti video dan audio, serta memungkinkan pengguna untuk mencoba dan menggabungkan motif batik untuk menciptakan motif baru.

Konsep ruang virtual museum batik ini berfokus pada menciptakan pengalaman metaverse imersif yang memungkinkan pengguna untuk menjelajahi dan memahami warisan budaya Batik dalam lingkungan digital. Dokumen konsep yang disusun mencakup pendahuluan tentang tujuan ruang virtual, deskripsi yang menekankan pada penyajian 3D pola Batik dan proses pembuatannya, serta mekanisme utama yang melibatkan berjalan, berlari, dan melompat dalam ruang virtual. Fitur utama mencakup katalog Batik, metadata, edukasi budaya, dan interaksi sosial, dengan platform yang ditargetkan adalah Virtual Reality dan genre Sandbox, ditujukan untuk penggemar budaya, siswa, pendidik, dan komunitas seni. Maka berdasarkan hal tersebut, analisis kebutuhan menghasilkan *usecase diagram* seperti pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Usecase Diagram Ruang Virtual Museum Batik

3.2 Tahap Persiapan (*Pre-Production*)

3.2.1 Konsep dan Gambaran Umum

Pada tahap *pre-production*, dokumen desain ruang virtual museum batik disusun berdasarkan dokumen kebutuhan dan konsep yang telah disetujui. Konsep ruang virtual ini adalah metaverse bergenre *sandbox* yang memungkinkan interaksi global tanpa alur cerita tertentu. Ruang virtual ini menyajikan batik dengan cara modern, didesain menyerupai museum, dan dapat diakses melalui web desktop, mobile, atau VR. Batik nitik, yang dipilih karena ciri khasnya dan kurang dikenal, ditampilkan dengan informasi detail untuk meningkatkan pengetahuan masyarakat. Ruang virtual ini bertujuan untuk memperkenalkan batik nitik secara lebih luas dan memberikan informasi tambahan kepada pengunjung.

3.2.2 Desain

UMM Metaverse Batik adalah ruang virtual yang menampilkan batik nitik khas Yogyakarta, memungkinkan pengguna untuk mengeksplorasi dan berinteraksi dengan detail dan informasi batik. Dengan genre *sandbox*, ruang ini mengikuti prinsip-prinsip game, memberikan kebebasan kepada pengguna untuk menjelajahi dan berinteraksi secara non-linear [9].



Gambar 3. Main Menu

a. Kumpulan Fitur

Main menu adalah halaman awal yang dilihat pengguna saat memasuki ruang virtual museum batik dan mencakup beberapa elemen utama: 1) Tombol Mulai, memasuki halaman utama ruang virtual atau menutup halaman main menu; 2) Tombol *Mute/Unmute Backsound*, mengaktifkan atau menonaktifkan *backsound*; 3) Tombol Pertanyaan, menampilkan panduan singkat; 4) *Background Image*, Gambar latar halaman main menu; dan 5) *Header*, menampilkan judul ruang virtual. Ruang virtual ini juga menyediakan *backsound* untuk menambah kesan yang dapat mengurangi kejenuhan pengguna ketika mengeksplorasi ruang virtual.

b. Spatial Components

Pada komponen spasial terdapat *Empty Frame* yang akan diisi oleh motif batik dan informasinya. Selain itu juga terdapat *seat hotspot* untuk menentukan spot duduk bagi pengguna untuk melakukan aksi duduk.



Gambar 4. (a) *Seat Hotspot*; (b) *Model Bangku*

Sementara itu juga terdapat *point of interest* dimana komponen ini digunakan untuk menentukan suatu area yang dapat berfungsi sebagai petunjuk atau hint mengenai komponen-komponen yang ada di dalam ruang virtual museum batik. Berikut ini penerapan *point of interest* pada ruang virtual museum batik.



Gambar 4. Penerapan Point of Interest

Fitur *Custom Avatar* memungkinkan pengguna mengganti karakter mereka dengan avatar yang tersedia di ruang virtual. *Mannequin Batik Dressed* memungkinkan pengguna melihat dan berinteraksi dengan dress batik pada mannequin untuk melihat penerapan motif batik nitik. Selain itu, cermin tersedia untuk pengguna melihat tampilan avatar mereka.



(a)

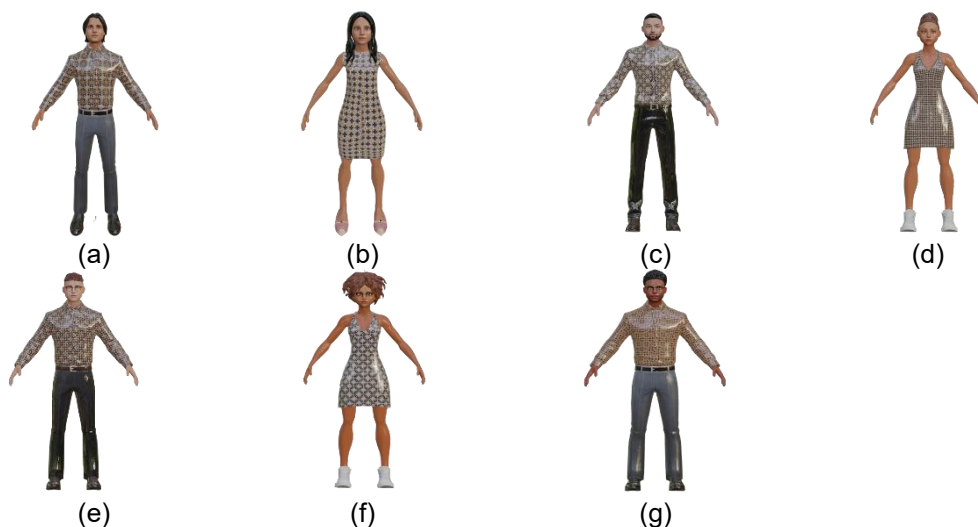


(b)

Gambar 5. (a) Cermin; (b) Tampilan Cermin pada Ruang Virtual

1. Ruang Lingkup

Jumlah batik nitik yang ditampilkan pada ruang virtual museum batik ini adalah sebanyak 60 jenis batik nitik dengan motif dan filosofi yang berbeda [10]. Sementara jumlah avatar khusus yang dapat digunakan oleh pengguna berjumlah tujuh avatar terdiri dari empat avatar berjenis pria dan tiga avatar berjenis wanita yang menggunakan pakaian motif batik nitik yang berbeda.



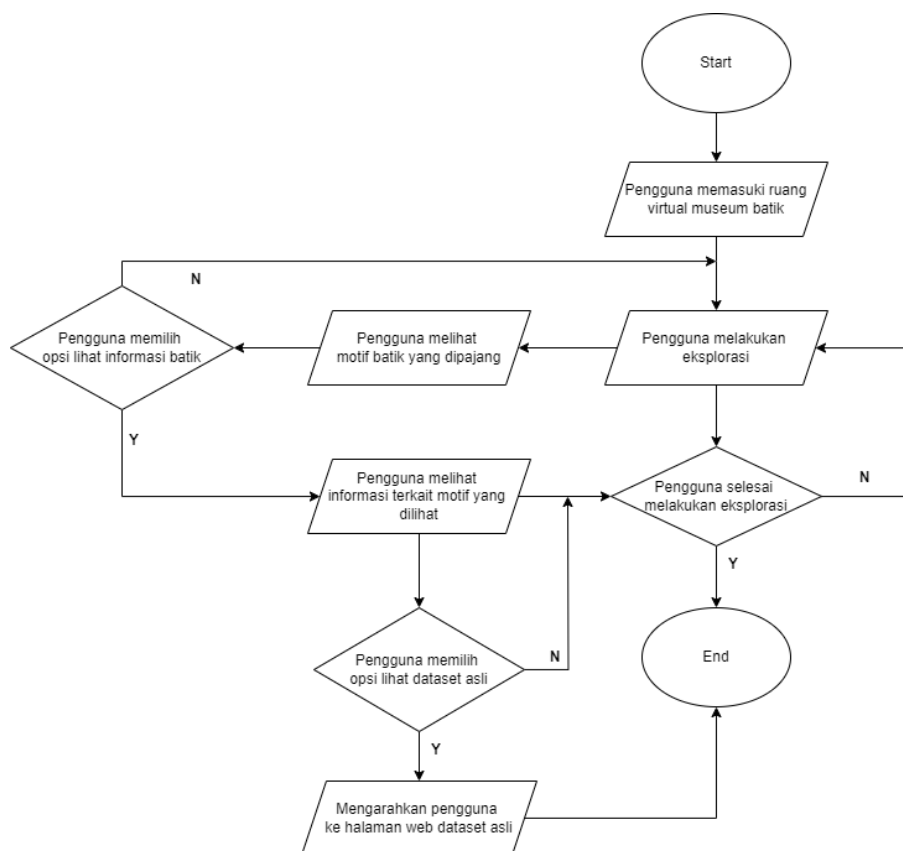
Gambar 7. Avatar Khusus (a) Motif Sekar Kemuning; (b) Motif Sekar Pacar; (c) Motif Sekar Kepel; (d) Motif Sekar Gambir; (e) Motif Cinde Wili; (f) Motif Worawari Rumpuk; (g) Motif Sekar Pijetan

Jumlah patung peraga untuk mencoba motif batik sebagai corak dalam dress adalah satu buah.



Gambar 8. Patung Peraga Dress Motif Batik

Gambar 9 berikut dapat dijelaskan skenario pengguna dalam menggunakan virtual museum batik pada flowchart di bawah.



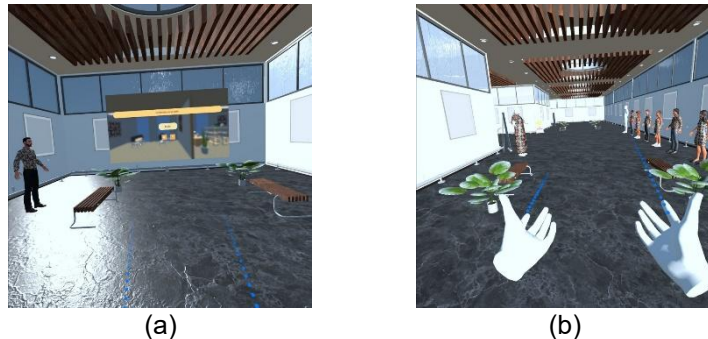
Gambar 9. Flowchart Skenario

3.2.3 Gameplay dan Mechanics

Gameplay dapat didefinisikan sebagai pengalaman interaktif dan dinamis yang dimiliki oleh para pemain saat bermain game, meliputi fungsionalitas, kegunaan, dan elemen-elemen intrinsik dari game itu sendiri [11]. Ruang virtual ini dirancang seperti permainan game, memungkinkan pengguna mengeksplorasi dengan perangkat Virtual Reality menggunakan kontroler untuk berjalan, berlari, dan melompat. Pengguna juga dapat mengakses informasi detail tentang filosofi dan sejarah motif batik melalui perangkat mobile atau desktop browser. *Mechanics* adalah berbagai tindakan, perilaku, dan mekanisme kontrol yang diberikan kepada pemain dalam konteks *game* [12]. Dalam ruang virtual ini, pengguna dapat berjalan, berlari, dan melompat untuk menjelajahi dan berpindah antar lokasi dengan cepat.

3.2.4 Prototype

Pada tahap ini, peneliti mengimplementasikan komponen utama dari dokumen konsep, kebutuhan, dan desain untuk membuat prototype ruang virtual yang dapat dimainkan. Fokusnya adalah menerapkan desain dan konsep yang telah disetujui, dengan fitur-fitur utama ruang virtual akan dikembangkan lebih lanjut pada tahap pengerjaan (*production*).



Gambar 11. (a) Tampilan Main Menu pada Ruang Virtual; (b) Tampilan Ruang Virtual (1)

3.3 Tahap Pengerjaan (Production)

3.3.1 Pengumpulan Asset

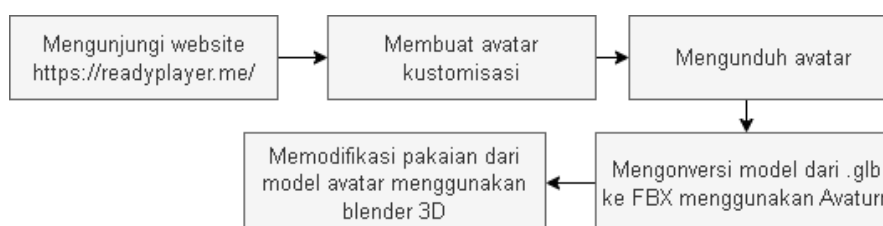
Dalam konteks ruang virtual, *asset* merupakan bahan-bahan yang digunakan dalam menyusun dan membentuk desain ruang virtual. Berikut ini merupakan asset yang digunakan dalam membangun ruang virtual.

Tabel 1. Daftar Asset

Bangunan Dasar	https://assetstore.unity.com/packages/3d/environments/showroom-environment-gallery-108722
Avatar	https://readyplayer.me/
Avatar Peraga	https://assetstore.unity.com/packages/tools/physics/obi-cloth-81333
Musik Latar	https://www.youtube.com/watch?v=QLk9uwDDO44&t=67s
Dataset Batik	[10]

3.3.2 Modifikasi Asset

Pada bagian ini peneliti melakukan tahapan-tahapan sebagai berikut. Hal ini dilakukan di keseluruhan hingga berjumlah tujuh avatar terdiri dari pria dan wanita.



Gambar 12. Alur Modifikasi Asset

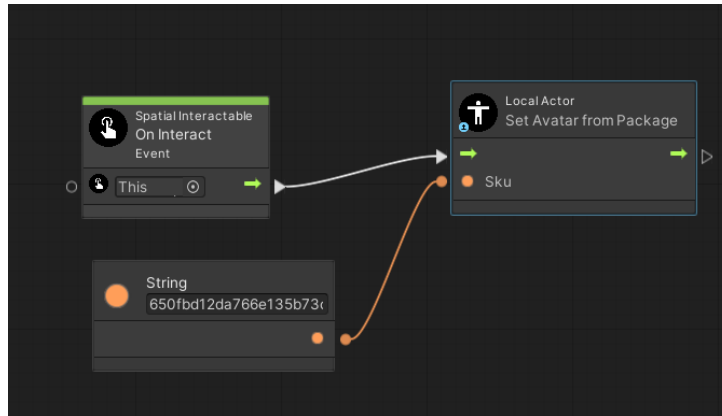
3.3.3 Visual Scripting

Visual scripting, menurut situs resmi Unity, memungkinkan pembuatan game atau aplikasi tanpa menulis kode dengan menggunakan grafik berbasis node. Ini memungkinkan baik programmer maupun non-programmer membangun logika atau prototipe dengan menghubungkan elemen grafis seperti fungsi, operator, dan variabel melalui node. Dalam ruang virtual ini, visual scripting digunakan untuk memungkinkan pengguna mengganti avatar dan berinteraksi dengan patung peraga untuk mengubah motif batik yang dikenakan.

a. Set Local Avatar

Visual scripting menggunakan tiga komponen utama yakni 1) Spatial Interactable - On Interact Event, mendeteksi input pengguna saat berinteraksi dengan objek dan mengeksekusi

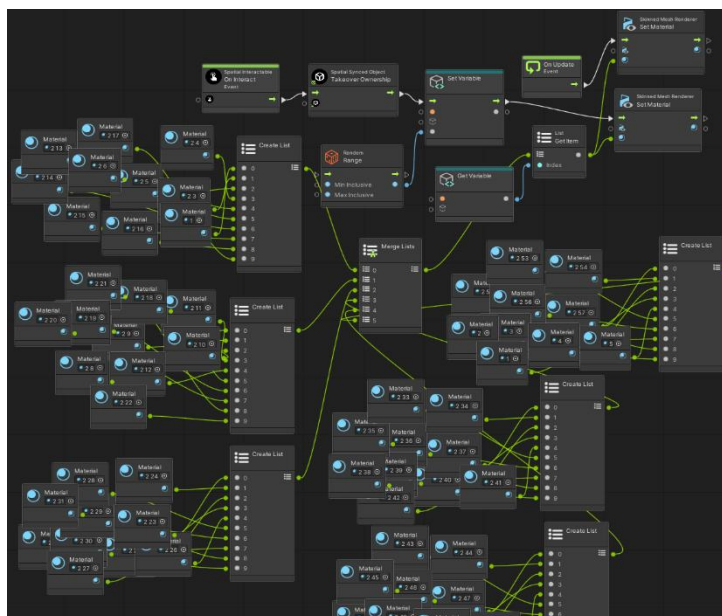
node berikutnya sesuai output node; 2) Local Actor - Set Avatar from Package, mengatur avatar pengguna berdasarkan SKU avatar, dengan dua jalur input—satu dari aksi sebelumnya dan satu dari node String, serta 3) String, menyimpan nilai tipe data String secara manual, seperti SKU avatar yang dipublish, untuk digunakan dalam pengaturan avatar kustom.



Gambar 6. Set Local Avatar

b. Random Generate Motif

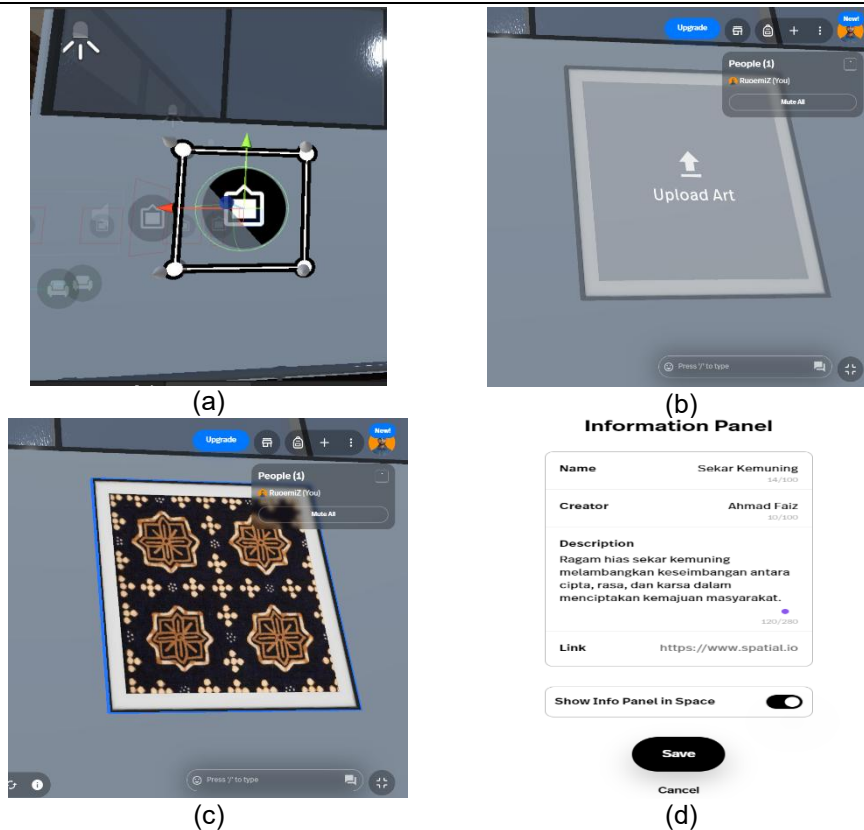
Visual scripting dalam ruang virtual digunakan untuk menghasilkan motif batik pada dress mannequin secara acak dengan komponen utama yaitu 1) *Spatial Synced Object*, menyinkronkan perubahan motif antar pengguna sehingga semua orang dapat melihat perubahan; 2) *Set Variable*, mengatur nilai variabel ``currentindex`` yang menentukan urutan motif pada dress mannequin; 3) *Get Variable*, mengambil nilai dari variabel ``currentindex`` untuk menentukan motif yang diterapkan; 4) *Set Material*, mengatur motif batik pada dress mannequin; 4) *Array List*, menyimpan 60 motif batik nitik untuk dipilih secara acak; 5) *Update*, memperbarui motif batik setiap frame dan melibatkan; 6) *Spatial Synced Object* untuk memastikan perubahan terlihat oleh semua pengguna.



Gambar 7. Random Generate Motif

3.3.4 Display Batik

Pada tahap ini, peneliti menyiapkan *empty frame* sebagai wadah penempatan batik pada ruang virtual. Selain itu, pada tahap ini juga peneliti memasukkan nama batik dan detail batik berdasarkan dataset batik pada tahap *pre-production*.



Gambar 8. (a) Empty Frame pada Unity; (b) Empty Frame pada Spatial; (c) Frame Batik; (d) Information Panel Batik

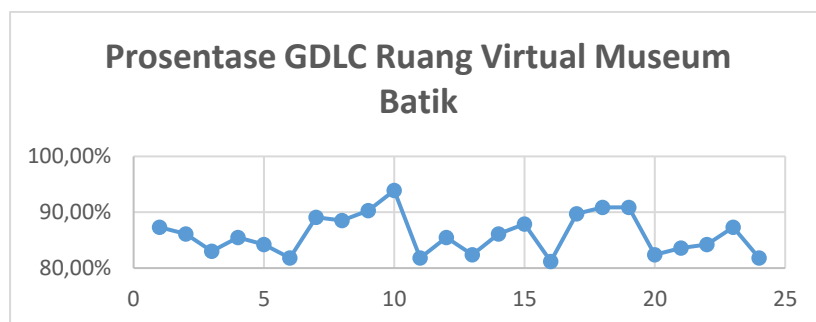
3.4 Pengujian

3.4.1 Pengujian Alpha

Pengujian pada tahap ini menggunakan metode blackbox untuk menguji keberhasilan fungsionalitas pada ruang virtual. Peserta uji pengujian *alpha* melibatkan tiga orang pengembang, dan satu orang *quality assurance*. Berdasarkan hasil pengujian *blackbox* yang telah dilakukan menunjukkan bahwa fungsionalitas yang disediakan pada ruang virtual museum batik dapat berfungsi dengan baik dan sesuai dengan input.

3.4.2 Pengujian Beta

Setelah pengujian alpha dinyatakan lolos, tahap selanjutnya adalah pengujian beta yang melibatkan pihak eksternal, yaitu pengunjung booth stand metaverse di Museum Batik Sonobudoyo Yogyakarta. Berdasarkan hasil lembar kuesioner yang telah dibagikan, dilakukan rekapitulasi untuk menganalisis ruang virtual museum batik yang telah diisi oleh 33 responden pengguna virtual space. Berikut grafik hasil pengujian beta untuk setiap pertanyaan berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan.



Gambar 16. Grafik Prosentase Game Edukasi

Dari hasil pengujian beta menunjukkan ruang virtual museum batik memperoleh prosentase rata-rata sebesar 86,1%. Nilai prosentase tertinggi sebesar 93,9% untuk penilaian pertanyaan kesepuluh mengenai gambar-gambar yang tersedia mampu memberikan kesan menarik dalam lingkungan virtual space. Hasil kuesioner menunjukkan bahwa teks, gambar, audio, animasi, dan controller dalam virtual space batik mendapatkan penilaian positif dari responden. Teks dianggap mudah dipahami dan relevan, gambar dinilai berkualitas tinggi dan memberikan kesan nyata, audio sesuai dengan atmosfer dan meningkatkan pengalaman, animasi memperkuat visualisasi dan tidak berlebihan, serta controller mudah digunakan dan sangat responsif. Secara keseluruhan, elemen-elemen ini mendukung interaksi yang nyaman dan efektif dalam virtual space dan perancangan ruang virtual museum batik menggunakan metode GDLC dapat menjadikannya mudah dipahami dan juga dapat meningkatkan minat masyarakat terhadap budaya batik.

4. Kesimpulan

Peneliti berhasil merancang ruang virtual museum batik berbasis VR dengan menggunakan metode *Game Development Life Cycle* (GDLC) dan menyimpulkan bahwa hasilnya memenuhi standar fungsionalitas dan kelayakan yang tinggi. Pengujian fungsional melalui blackbox testing menunjukkan bahwa semua fitur dalam ruang virtual berfungsi dengan baik tanpa ada kegagalan. Selain itu, hasil pengujian kelayakan memberikan skor 86,1%, yang dikategorikan sebagai "Sangat Baik Sekali," menandakan bahwa ruang virtual ini sangat layak untuk digunakan. Meskipun demikian, peneliti menyarankan penambahan unsur gamifikasi untuk meningkatkan interaktivitas serta menyarankan penggunaan metode yang lebih tepat, seperti *Multimedia Development Life Cycle*, untuk penyempurnaan desain multimedia di masa depan.

Referensi

- [1] M. J. Hidayat and N. Ulfa, "Redesain stasiun kerja untuk pembuatan kain batik tulis," *Prod. J. Desain Prod. (Pengetahuan dan Peranc. Produk)*, vol. 6, no. 1, pp. 9–14, Feb. 2023, doi: 10.24821/productum.v6i1.6465.
- [2] R. Permana, A. Bakhtiar, and N. F. Absor, "Implementation of History Learning Based on Tangerang Batik Teaching Resources (Case Study: SMAN 3 Kabupaten Tangerang)," *Sejarah, Pendidik. Dan Hum.*, vol. 7, no. 1, pp. 2541–2523, 2022, doi: 10.36526/js.v7i2.
- [3] A. D. Widodo and D. Agustin, "Kajian Penerapan Pendekatan Arsitektur Regionalisme pada Museum Batik Surakarta," *ARSITEKTURA*, vol. 21, no. 1, p. 51, May 2023, doi: 10.20961/arst.v21i1.67200.
- [4] L. C. Bazavan, H. Roibu, S. I. Cismaru, and N. G. Bizdoaca, "VR Application For Virtual Environment With Response To Users' Motion," *2023 17th Int. Conf. Eng. Mod. Electr. Syst. EMES 2023*, 2023, doi: 10.1109/EMES58375.2023.10171653.
- [5] A. Sudjatmoko, A. C. Sari, and M. Maryani, "Virtual tour-based digital batik village as a place for promotion of Bekasi city batik in the industry 4.0 era: Study on batik tiara," *J. Community Serv. Empower.*, vol. 4, no. 1, pp. 55–65, Feb. 2023, doi: 10.22219/JCSE.V4I1.24028.
- [6] S. Syarif, T. Hasanuddin, and M. Hasnawi, "Perancangan Game Puzzle Labirin menggunakan Metode Game Development Life Cycle (GDLC) berbasis Unreal Engine," *Bul. Sist. Inf. dan Teknol. Islam*, vol. 3, no. 1, pp. 34–41, 2022, doi: 10.33096/busiti.v3i1.582.
- [7] Y. Ramadan, Rido; Widyani, *Game Development Life Cycle Guidelines*. 2013 International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems, 2013. doi: 10.1109/ICACSSIS.2013.6761558.
- [8] A. Gupta, "Comparative Study of Different SDLC Models," *Int. J. Res. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 9, no. 11, pp. 73–80, Nov. 2021, doi: 10.22214/ijraset.2021.38736.
- [9] P. Pooja and V. Bhatnagar, "Game Analogy for Intelligent Recommender System," *Proc. - IEEE 2020 2nd Int. Conf. Adv. Comput. Commun. Control Networking, ICACCCN 2020*, pp. 709–714, 2020, doi: 10.1109/ICACCCN51052.2020.9362916.
- [10] A. E. Minarno, H. A. Nugroho, and I. Soesanti, "Batik Nitik 960 - Mendeley Data," Mendeley.
- [11] J. Paavilainen, "Defining playability of games," *Acad. MindTrek 2020*, pp. 55–64, 2020, doi: 10.1145/3377290.3377309.
- [12] R. Hunicke, M. Leblanc, and R. Zubek, "MDA: A formal approach to game design and game research," *AAAI Work. - Tech. Rep.*, vol. WS-04-04, pp. 1–5, 2004.