

Pengembangan Sistem Virtual Tour Interaktif Berbasis Panorama 360 Derajat Museum Cotta Cinna Menggunakan Pendekatan Multimedia Development Life Cycle

Chairul Rizal^{1*}, Erni Marlina Binti Saari²

¹Fakultas Sains Komputasi dan Kecerdasan Digital, Prodi Sistem Informasi, Universitas Pembangunan Panca Budi, Medan, Indonesia

²Fakultas Meta dan Teknologi, Sistem Informasi Manajemen, Universiti Pendidikan Sultan Idris, Tanjung Malim, Malaysia

Email: ¹chairulrizal@dosen.pancabudi.ac.id, ²marlina@meta.upsi.edu.my

(*Email Corresponding Author: chairulrizal@dosen.pancabudi.ac.id)

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem virtual tour interaktif berbasis panorama 360 derajat pada Museum Cotta Cinna menggunakan pendekatan Multimedia Development Life Cycle (MDLC). Penelitian menggunakan pendekatan research and development dengan enam tahapan MDLC, yaitu Concept, Design, Material Collecting, Assembly, Testing, dan Distribution. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, dokumentasi, pengujian fungsional menggunakan black-box testing, dan evaluasi pengguna. Subjek penelitian berjumlah 35 orang, terdiri atas lima informan kebutuhan sistem dan 30 pengguna penguji yang dipilih secara purposive sampling. Hasil penelitian menghasilkan sistem virtual tour yang terdiri atas delapan scene panorama 360 derajat yang dilengkapi navigasi antar-scene, hotspot, menu, daftar panorama, kontrol tampilan, dan informasi lokasi. Pengujian fungsional terhadap 12 skenario menunjukkan seluruh skenario berhasil dijalankan sesuai hasil yang diharapkan dengan tingkat keberhasilan 100%. Evaluasi terhadap 30 pengguna menunjukkan respons pada aspek kemudahan penggunaan, navigasi, interaksi, dan penerimaan sistem berada pada kategori sangat baik, baik, dan cukup, tanpa ditemukan respons pada kategori kurang maupun sangat kurang. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pendekatan MDLC dapat digunakan secara sistematis untuk mengembangkan virtual tour interaktif yang mengintegrasikan panorama 360 derajat dan berbagai elemen multimedia sebagai media representasi digital Museum Cotta Cinna.

Kata kunci: virtual tour; panorama 360 derajat; Museum Cotta Cinna; Multimedia Development Life Cycle; multimedia interaktif.

ABSTRACT

This research aims to develop an interactive virtual tour system based on a 360-degree panorama at the Cotta Cinna Museum using the Multimedia Development Life Cycle (MDLC) approach. The research employs a research and development approach with six stages of MDLC, namely Concept, Design, Material Collecting, Assembly, Testing, and Distribution. Data collection was conducted through observation, interviews, documentation, functional testing using black-box testing, and user evaluation. The research subjects consisted of 35 people, including five system requirement informants and 30 testing users selected through purposive sampling. The research results in a virtual tour system consisting of eight 360-degree panorama scenes equipped with inter-scene navigation, hotspots, menus, panorama lists, display controls, and location information. Functional testing of 12 scenarios shows that all scenarios were successfully executed as expected, with a success rate of 100%. Evaluation of 30 users indicates responses in terms of ease of use, navigation, interaction, and system acceptance fall into the categories of very good, good, and sufficient, with no responses found in the categories of poor or very poor. This research concludes that the MDLC approach can be systematically used to develop an interactive virtual tour that integrates 360-degree panoramas and various multimedia elements as a digital representation medium for the Cotta Cinna Museum.

Keywords: virtual tour; 360-degree panorama; Cotta Cinna Museum; Multimedia Development Life Cycle; interactive multimedia.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi digital telah mendorong perubahan yang mendasar dalam cara masyarakat mengakses, memahami, dan mengalami informasi mengenai ruang, tempat, objek, serta

warisan budaya. Perubahan tersebut menjadi semakin relevan bagi museum yang pada hakikatnya tidak hanya berfungsi sebagai tempat penyimpanan koleksi, tetapi juga sebagai ruang informasi, edukasi, interpretasi, promosi, dan penghubung antara masyarakat dengan nilai sejarah serta budaya. Dalam konteks tersebut, museum menghadapi tuntutan untuk menghadirkan pengalaman yang lebih adaptif terhadap perubahan perilaku pengguna yang semakin terbiasa memperoleh informasi melalui perangkat digital. Salah satu teknologi yang berkembang untuk menjawab kebutuhan tersebut adalah virtual tour interaktif berbasis panorama 360 derajat. Virtual tour pada dasarnya merupakan simulasi suatu lokasi nyata yang dibangun melalui rangkaian citra yang diolah dan digabungkan sehingga menghasilkan representasi panorama yang dapat dieksplorasi pengguna secara digital [1][2][3]. Melalui teknologi tersebut, pengguna dapat memperoleh gambaran visual mengenai suatu lokasi tanpa harus berada secara fisik di tempat yang direpresentasikan. Pengguna dapat mengarahkan pandangan ke berbagai arah, melakukan eksplorasi ruang, memperhatikan bagian tertentu, serta berpindah dari satu titik atau scene ke titik lainnya sesuai struktur navigasi yang tersedia. Dalam implementasinya, virtual tour tidak hanya berfungsi sebagai media visual, melainkan dapat mengintegrasikan berbagai elemen multimedia, seperti teks, gambar, audio, musik, video, dan informasi digital lainnya, sehingga pengalaman pengguna menjadi lebih kaya dan kontekstual [1][4]. Bagi museum, karakteristik tersebut membuka peluang untuk mentransformasikan pengalaman kunjungan dari model penyampaian informasi yang terbatas pada kehadiran fisik menjadi pengalaman digital yang dapat diakses secara lebih fleksibel. Oleh karena itu, pengembangan virtual tour interaktif berbasis panorama 360 derajat menjadi penting sebagai bagian dari upaya penguatan fungsi museum dalam menghadapi transformasi digital.

Urgensi penerapan virtual tour dalam konteks museum berkaitan erat dengan kebutuhan untuk memperluas akses masyarakat terhadap informasi, koleksi, ruang, dan nilai-nilai budaya yang dimiliki oleh museum. Museum memiliki peran penting dalam proses edukasi dan pembelajaran sejarah, tetapi efektivitas fungsi tersebut dapat dipengaruhi oleh keterbatasan akses fisik, jangkauan promosi, waktu kunjungan, lokasi geografis, dan kemampuan masyarakat untuk datang langsung ke museum. Pendampingan penerapan virtual tour pada Museum Semedo menunjukkan bahwa teknologi virtual tour dapat digunakan sebagai inovasi promosi wisata sekaligus sebagai media pembelajaran sejarah yang memungkinkan masyarakat memperoleh akses terhadap museum secara jarak jauh [5]. Demikian pula, penguatan promosi Museum Tanah dan Pertanian memperlihatkan bahwa aktivitas museum dapat dikembangkan melalui media digital, termasuk tur virtual dan konten yang dapat memperluas fungsi informasi dan edukasi museum [6]. Dalam kajian mengenai daya tarik Museum Gedung Sate, kebutuhan untuk meningkatkan interaksi pengunjung terhadap koleksi dan pengalaman museum juga menjadi perhatian penting dalam pengembangan daya tarik museum [7]. Hal tersebut menunjukkan bahwa persoalan museum tidak hanya berkaitan dengan keberadaan koleksi, tetapi juga dengan bagaimana koleksi dan ruang museum dapat dikomunikasikan secara menarik kepada masyarakat. Virtual tour interaktif berbasis panorama 360 derajat menawarkan mekanisme representasi ruang yang memungkinkan pengguna memperoleh pengalaman eksplorasi secara visual dan mandiri. Teknologi ini juga memungkinkan museum untuk menyampaikan informasi secara lebih dinamis melalui integrasi hotspot, teks, audio, video, atau narasi digital pada titik-titik tertentu. Dengan demikian, pengguna tidak hanya diarahkan untuk melihat ruang museum secara pasif, tetapi juga dapat berinteraksi dengan struktur informasi yang tersedia selama proses eksplorasi. Dalam perspektif ini, pengembangan virtual tour memiliki relevansi yang kuat sebagai strategi digitalisasi museum yang mendukung aksesibilitas, edukasi, promosi, dan penyebaran informasi budaya kepada masyarakat yang lebih luas.

Selain fungsi edukasi dan aksesibilitas, virtual tour juga memiliki relevansi yang signifikan dalam konteks pelestarian budaya dan pengelolaan akses terhadap ruang atau objek yang memiliki

nilai historis dan budaya. Digitalisasi melalui virtual tour dapat menciptakan bentuk representasi alternatif terhadap ruang fisik tanpa mengharuskan seluruh pengguna untuk selalu melakukan kunjungan langsung. Dalam konteks lembaga kearsipan, pameran virtual dipahami sebagai bentuk representasi pameran fisik melalui teknologi digital yang dapat memperluas jangkauan pengguna sekaligus mempertimbangkan aspek user experience dan user interface dalam proses akses informasi [8]. Pengembangan teknologi virtual juga relevan bagi objek atau area yang memiliki keterbatasan akses karena alasan pelestarian, keamanan, kesakralan, atau kondisi fisik tertentu. Pengembangan virtual tour 360 derajat pada Objek Wisata Sangeh menunjukkan bahwa akses digital dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif terhadap lokasi, termasuk area yang tidak selalu dapat diakses secara langsung oleh pengunjung [9]. Prinsip tersebut sejalan dengan strategi pelestarian cagar budaya yang memanfaatkan teknologi digital untuk menyampaikan informasi sejarah dan nilai suatu situs kepada masyarakat [10]. Integrasi inovasi digital juga dipandang memiliki potensi untuk mendukung pengembangan pariwisata dan pelestarian budaya apabila dikaitkan dengan kearifan lokal, peran pemerintah, dan pemberdayaan masyarakat [11]. Dalam konteks museum daerah, pemanfaatan teknologi digital dapat memperkuat hubungan antara museum, pariwisata, informasi koleksi, dan promosi warisan budaya lokal [12]. Namun, pemanfaatan teknologi digital juga menghadapi tantangan berupa keterbatasan sumber daya manusia, kesiapan pengelola, ketersediaan konten digital, pendanaan, dan kemampuan untuk mengelola teknologi secara berkelanjutan. Oleh sebab itu, pengembangan virtual tour tidak dapat dipahami semata-mata sebagai proses menghasilkan produk teknologi, tetapi harus ditempatkan sebagai bagian dari strategi pengelolaan informasi dan pelestarian yang mempertimbangkan karakteristik objek budaya serta kebutuhan pengguna. Dalam kerangka tersebut, Museum Cotta Cinna memerlukan suatu sistem yang mampu merepresentasikan ruang dan informasi museum secara digital, interaktif, dan terstruktur sehingga potensi edukasi serta pelestarian budaya dapat diperluas melalui medium digital.

Kebutuhan terhadap pengembangan virtual tour juga semakin kuat karena promosi digital telah menjadi salah satu aspek penting dalam meningkatkan visibilitas suatu destinasi, institusi, maupun objek budaya. Virtual tour berbasis web memiliki karakteristik interaktif, fleksibel, dan dapat diakses melalui berbagai perangkat, sehingga dapat digunakan sebagai media untuk memperluas jangkauan informasi dan memperkuat branding digital. Pengembangan web-based virtual tour pada kawasan wisata Sumber Gentong menunjukkan bahwa teknologi virtual tour dapat digunakan sebagai bagian dari optimalisasi branding digital tourism melalui penyajian pengalaman visual yang dapat diakses pengguna secara daring [13]. Pengembangan web virtual tour berbasis adventure untuk branding Pantai Perawan juga menunjukkan bahwa panorama dan eksplorasi digital dapat digunakan untuk menyajikan potensi suatu lokasi secara lebih menarik [14]. Pada konteks promosi desa wisata, penggunaan video 360 derajat berbasis web memperlihatkan bahwa teknologi digital dapat diakses melalui browser tanpa pengguna harus melakukan instalasi aplikasi tertentu, sehingga berpotensi memperluas kemudahan akses [15]. Peningkatan pengetahuan dan keterampilan dalam pembuatan video tour 360 derajat untuk promosi objek wisata juga menunjukkan bahwa teknologi ini memiliki nilai praktis dalam memperkuat kapasitas promosi digital suatu destinasi [16]. Dalam konteks museum, implementasi teknologi virtual tour telah digunakan sebagai media promosi yang dapat menyajikan ruang museum secara lebih interaktif dibandingkan pendekatan informasi konvensional [1]. Virtual tour juga dapat membantu pengguna membentuk gambaran awal mengenai lingkungan fisik suatu tempat sebelum melakukan kunjungan langsung. Meskipun demikian, sejumlah penelitian menunjukkan bahwa keberhasilan virtual tour berbasis web dapat dipengaruhi oleh kualitas koneksi internet, ukuran dan resolusi aset visual, serta kebutuhan akan informasi yang cukup pada setiap titik eksplorasi [13]. Dengan demikian, pengembangan sistem virtual tour Museum Cotta Cinna tidak hanya relevan sebagai bentuk digitalisasi ruang museum, tetapi juga sebagai instrumen komunikasi

dan promosi digital yang memungkinkan informasi museum menjangkau masyarakat secara lebih luas. Pengembangan tersebut menjadi penting terutama apabila sistem yang dihasilkan mampu menggabungkan representasi visual ruang dengan informasi yang bermakna dan mudah diakses.

Walaupun panorama 360 derajat menjadi komponen utama dalam virtual tour, kualitas sebuah sistem virtual tour tidak hanya ditentukan oleh kemampuan teknologi untuk menampilkan visual ruang secara menyeluruh. Kualitas sistem juga dipengaruhi oleh tingkat interaktivitas, struktur navigasi, kemudahan penggunaan, kualitas informasi, integrasi multimedia, dan pengalaman pengguna selama berinteraksi dengan sistem. Virtual tour memungkinkan pengguna memperoleh sensasi berada dalam suatu lokasi melalui kemampuan mengarahkan pandangan ke berbagai arah dan mengeksplorasi lingkungan digital secara mandiri [3]. Interaktivitas tersebut dapat dikembangkan melalui penggunaan hotspot yang menghubungkan satu scene dengan scene lainnya atau memunculkan informasi tertentu pada lokasi yang relevan. Dalam pengembangan virtual tour berbasis web, hotspot dapat berfungsi sebagai elemen navigasi sekaligus sebagai sarana untuk menyajikan konten tambahan, seperti video, foto, atau informasi digital [17]. Pengguna juga dapat diberikan berbagai bentuk kontrol, seperti zoom, pengaturan audio, tampilan denah, daftar panorama, atau pilihan mekanisme pergerakan visual yang meningkatkan rasa kendali selama eksplorasi [18]. Namun, interaktivitas yang tinggi tidak secara otomatis menghasilkan pengalaman pengguna yang baik apabila struktur navigasi tidak jelas atau pengguna mengalami kesulitan dalam memahami fungsi sistem. [19] menunjukkan bahwa peningkatan imersivitas melalui teknologi virtual reality tidak selalu menghilangkan persoalan usability dan learnability. Temuan tersebut menunjukkan bahwa kualitas teknologi harus diseimbangkan dengan kemudahan penggunaan agar pengguna dapat memperoleh manfaat secara optimal. Evaluasi usability melalui System Usability Scale atau SUS telah digunakan dalam berbagai pengembangan virtual tour untuk mengukur penerimaan dan kemudahan penggunaan sistem [19][20][9]. Selain itu, pengujian fungsional melalui black-box testing digunakan untuk memastikan bahwa fungsi-fungsi sistem, termasuk navigasi, menu, dan hotspot, berjalan sesuai dengan kebutuhan yang telah dirancang [17][21]. Oleh karena itu, pengembangan virtual tour Museum Cotta Cinna perlu memperhatikan keterkaitan antara kualitas visual panorama, interaktivitas, navigasi, informasi digital, dan usability sebagai satu kesatuan pengalaman pengguna.

Dalam pengembangan sistem multimedia seperti virtual tour, pemilihan metode pengembangan menjadi aspek penting karena produk yang dihasilkan melibatkan proses pengumpulan, pengolahan, integrasi, dan pengujian berbagai jenis aset multimedia. Multimedia Development Life Cycle atau MDLC merupakan salah satu pendekatan yang relevan untuk pengembangan aplikasi multimedia karena menyediakan tahapan yang mencakup Concept, Design, Material Collecting, Assembly, Testing, dan Distribution. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa MDLC telah digunakan dalam pengembangan virtual tour karena metode ini mampu mengorganisasi proses pengembangan mulai dari penentuan tujuan hingga publikasi sistem [4][22][23]. Tahap Concept digunakan untuk menentukan tujuan aplikasi, target pengguna, cakupan konten, kebutuhan utama, dan platform yang akan digunakan. Dalam pengembangan virtual tour, tahap tersebut penting untuk menentukan lokasi yang akan direpresentasikan, kebutuhan informasi yang akan ditampilkan, dan bentuk pengalaman digital yang ingin diberikan kepada pengguna [24][25]. Tahap Design selanjutnya digunakan untuk merumuskan arsitektur sistem, struktur navigasi, rancangan antarmuka, storyboard, dan model interaksi. Perancangan ini menjadi penting karena virtual tour membutuhkan hubungan yang jelas antara scene, hotspot, menu, dan konten informasi agar pengguna tidak kehilangan orientasi selama proses eksplorasi [26][23]. Tahap Material Collecting memungkinkan pengembang mengumpulkan dan mempersiapkan berbagai aset yang diperlukan, seperti foto panorama 360 derajat, teks deskriptif, audio, video, ikon, dan materi multimedia lainnya. Tahap Assembly kemudian digunakan untuk mengintegrasikan seluruh aset tersebut menjadi sistem virtual

tour yang dapat dijalankan, termasuk proses pengolahan panorama, penghubungan scene, dan penerapan hotspot [17][27]. Setelah sistem terbentuk, tahap Testing dilakukan untuk memverifikasi fungsionalitas dan mengevaluasi apakah sistem telah memenuhi kebutuhan yang ditentukan pada tahap awal. Tahap Distribution menjadi proses akhir untuk mempublikasikan atau mendistribusikan sistem melalui platform yang dapat diakses pengguna, termasuk website atau format digital lainnya [28][29]. Struktur MDLC tersebut menjadikan metode ini relevan untuk pengembangan sistem virtual tour Museum Cotta Cinna karena proses pengembangan membutuhkan pengelolaan aset visual, informasi digital, desain interaksi, implementasi sistem, dan evaluasi produk secara sistematis.

Berdasarkan telaah terhadap penelitian terdahulu, terdapat sejumlah kesenjangan penelitian yang menunjukkan pentingnya pengembangan sistem virtual tour interaktif dalam konteks Museum Cotta Cinna. Pertama, penelitian terdahulu telah menunjukkan penerapan virtual tour pada berbagai konteks, seperti museum, kampus, objek wisata, situs sejarah, penginapan, kebun raya, dan lingkungan pendidikan, tetapi setiap pengembangan memiliki karakteristik lokasi, kebutuhan informasi, struktur ruang, pengguna, dan tujuan yang berbeda-beda [1][3][23][25]. Oleh sebab itu, hasil atau sistem yang dikembangkan pada satu lokasi tidak dapat secara langsung dianggap mampu memenuhi kebutuhan lokasi lainnya. Kedua, beberapa penelitian menempatkan virtual tour terutama sebagai media promosi, sementara penelitian lainnya menekankan fungsi edukasi, media informasi, pembelajaran sejarah, branding, atau pengalaman imersif [5][14][24]. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa virtual tour memiliki spektrum fungsi yang luas, tetapi integrasi antara representasi ruang museum, penyampaian informasi digital, interaktivitas, dan proses pengembangan multimedia yang sistematis masih perlu dikontekstualisasikan secara spesifik sesuai kebutuhan objek yang diteliti. Ketiga, literatur menunjukkan bahwa panorama 360 derajat saja belum cukup untuk menjamin efektivitas sebuah virtual tour karena pengguna juga membutuhkan navigasi yang jelas, hotspot yang fungsional, informasi yang memadai, serta desain antarmuka yang mudah digunakan [18][19]. Keempat, terdapat kebutuhan untuk menghubungkan pengembangan teknologi dengan karakteristik museum sebagai institusi yang memiliki fungsi edukasi, penyebaran informasi, promosi, dan pelestarian budaya. Dalam konteks tersebut, virtual tour perlu dirancang bukan hanya sebagai reproduksi visual ruang, tetapi sebagai media yang mampu membantu pengguna memahami ruang dan informasi yang berkaitan dengan museum. Kelima, penelitian terdahulu menunjukkan bahwa evaluasi sistem perlu mencakup aspek fungsional dan usability karena sistem yang secara teknis berjalan belum tentu mudah digunakan atau dipahami oleh pengguna [21][19][20]. Dengan demikian, research gap penelitian ini terletak pada kebutuhan pengembangan sistem virtual tour yang secara khusus dirancang berdasarkan karakteristik Museum Cotta Cinna dan mengintegrasikan panorama 360 derajat, navigasi interaktif, informasi digital, aset multimedia, serta proses pengembangan yang sistematis menggunakan MDLC. Penelitian ini juga memosisikan pengembangan sistem bukan hanya sebagai aktivitas teknis, tetapi sebagai upaya membangun medium digital untuk merepresentasikan ruang museum dan memperluas akses terhadap informasi budaya.

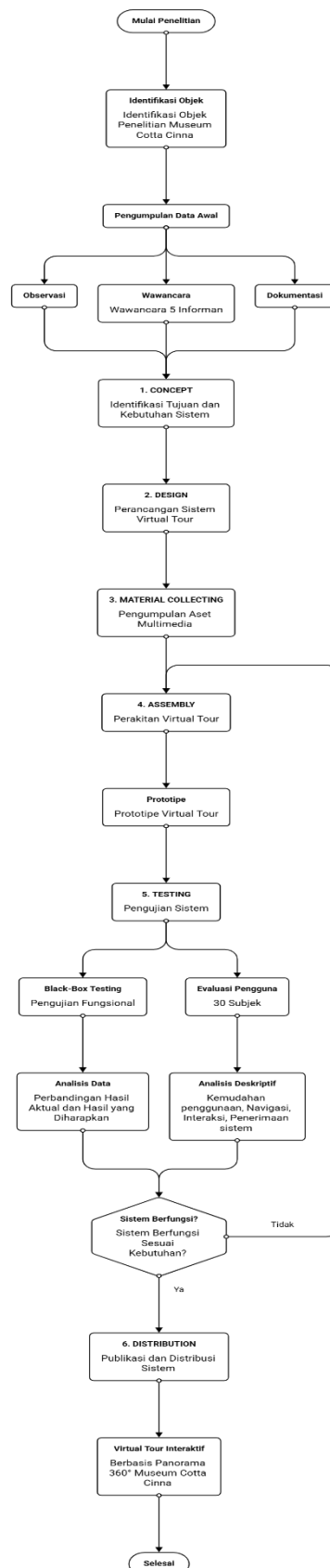
Novelty atau kebaruan penelitian ini terletak pada pengembangan sistem virtual tour interaktif berbasis panorama 360 derajat yang secara spesifik diterapkan pada Museum Cotta Cinna dengan menggunakan pendekatan Multimedia Development Life Cycle secara menyeluruh. Kebaruan tersebut tidak hanya berada pada penggunaan panorama 360 derajat sebagai teknologi visual, karena teknologi serupa telah digunakan dalam berbagai penelitian sebelumnya, melainkan pada proses integrasi antara karakteristik ruang Museum Cotta Cinna, kebutuhan penyajian informasi museum, struktur interaktivitas, pengelolaan aset multimedia, dan tahapan pengembangan sistem dalam satu kerangka pengembangan yang sistematis. Penelitian ini berupaya menghasilkan representasi digital yang memungkinkan pengguna mengeksplorasi ruang museum melalui scene panorama yang saling terhubung dan didukung oleh mekanisme navigasi yang dirancang sesuai kebutuhan sistem.

Pengembangan tersebut juga didasarkan pada pemahaman bahwa pengalaman virtual museum tidak cukup apabila pengguna hanya melihat ruang tanpa memperoleh konteks informasi yang relevan. Oleh karena itu, integrasi informasi digital dan elemen multimedia menjadi bagian penting dalam membangun pengalaman virtual yang tidak hanya bersifat visual, tetapi juga informatif dan interaktif. Pendekatan MDLC memberikan kerangka untuk memastikan bahwa proses pengembangan dilakukan melalui tahapan penetapan konsep, perancangan, pengumpulan bahan, perakitan, pengujian, dan distribusi secara terstruktur. Orisinalitas penelitian ini juga terletak pada objek penerapannya, yaitu Museum Cotta Cinna, yang memerlukan solusi digital sesuai dengan karakteristik dan konteks ruang museum tersebut. Secara akademik, penelitian ini diharapkan memperkuat pemahaman mengenai penerapan metode pengembangan multimedia dalam pembangunan sistem virtual tour pada institusi budaya. Secara praktis, penelitian ini diharapkan menghasilkan sebuah sistem yang dapat digunakan sebagai media informasi, edukasi, promosi digital, dan perluasan akses terhadap Museum Cotta Cinna. Dengan mempertimbangkan literatur mengenai virtual tour, panorama 360 derajat, interaktivitas, usability, integrasi multimedia, aksesibilitas, pelestarian budaya, dan MDLC, penelitian ini memiliki dasar konseptual untuk mengembangkan sebuah sistem yang menempatkan teknologi sebagai sarana untuk mempertemukan ruang fisik museum dengan pengalaman digital pengguna. Berdasarkan keseluruhan latar belakang, tinjauan penelitian terdahulu, kesenjangan penelitian, dan kebaruan yang telah diuraikan, maka penelitian ini diarahkan untuk menjawab satu rumusan masalah: *Bagaimana mengembangkan sistem virtual tour interaktif berbasis panorama 360 derajat pada Museum Cotta Cinna menggunakan pendekatan Multimedia Development Life Cycle?*

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan penelitian pengembangan (*research and development*) yang berorientasi pada perancangan dan pembangunan produk multimedia berupa sistem virtual tour interaktif berbasis panorama 360 derajat pada Museum Cotta Cinna. Pendekatan pengembangan digunakan karena luaran utama penelitian ini berupa produk digital yang dirancang, dibangun, diuji, dan didistribusikan untuk mendukung penyajian informasi serta eksplorasi ruang museum secara virtual. Metode pengembangan yang digunakan adalah Multimedia Development Life Cycle (MDLC). Metode ini dipilih karena sesuai dengan karakteristik pengembangan aplikasi multimedia yang memerlukan integrasi berbagai jenis aset, seperti citra panorama 360 derajat, teks, audio, elemen antarmuka, navigasi, hotspot, dan informasi digital [4][22][23]. MDLC terdiri atas enam tahap utama, yaitu Concept, Design, Material Collecting, Assembly, Testing, dan Distribution. Keenam tahap tersebut digunakan secara terstruktur sebagai pedoman pengembangan sistem virtual tour, mulai dari identifikasi kebutuhan hingga sistem siap dipublikasikan dan digunakan oleh pengguna [17][21][24].

Pengembangan Virtual Tour Museum Cotta Cinna



Gambar 1. Tahapan Penelitian

1. Concept

Tahap Concept merupakan tahap awal dalam pengembangan sistem yang berfungsi untuk menetapkan dasar dan arah pengembangan virtual tour Museum Cotta Cinna. Pada tahap ini dilakukan identifikasi terhadap tujuan pengembangan sistem, karakteristik pengguna, kebutuhan pengguna, ruang lingkup sistem, serta platform yang akan digunakan untuk mendistribusikan produk. Tujuan utama pengembangan adalah menghasilkan sistem virtual tour interaktif berbasis panorama 360 derajat yang dapat digunakan sebagai media digital untuk mengeksplorasi lingkungan Museum Cotta Cinna. Penelitian juga mengidentifikasi kebutuhan pengguna terhadap akses informasi museum yang dapat diperoleh secara fleksibel melalui media digital. Selain itu, tahap ini menentukan cakupan lokasi yang akan dimasukkan ke dalam virtual tour, termasuk titik-titik lokasi yang akan direpresentasikan dalam bentuk panorama 360 derajat. Penentuan titik lokasi dilakukan dengan mempertimbangkan keterwakilan ruang dan kebutuhan informasi yang akan disampaikan kepada pengguna. Pada tahap Concept juga ditentukan jenis interaksi yang diperlukan dalam sistem, seperti navigasi antar-scene, hotspot, menu, daftar panorama, dan penyajian informasi digital. Platform sistem ditentukan berdasarkan kebutuhan aksesibilitas pengguna sehingga sistem dapat digunakan melalui perangkat digital yang sesuai. Tahap Concept menghasilkan dokumen kebutuhan sistem yang menjadi dasar bagi proses perancangan pada tahap berikutnya. Penetapan konsep pada tahap awal penting karena kebutuhan pengguna dan tujuan pengembangan menjadi acuan bagi seluruh proses pengembangan virtual tour [24][25].

2. Design

Tahap Design merupakan proses perancangan struktur dan tampilan sistem berdasarkan kebutuhan yang telah ditetapkan pada tahap Concept. Pada tahap ini disusun rancangan virtual tour yang meliputi struktur navigasi, hubungan antar-scene panorama, rancangan antarmuka pengguna, posisi dan fungsi hotspot, serta mekanisme penyajian informasi. Perancangan dilakukan untuk memastikan pengguna dapat berpindah dari satu lokasi virtual ke lokasi lainnya secara terarah dan mudah dipahami. Struktur navigasi dirancang dengan menentukan hubungan antara setiap titik panorama yang tersedia dalam sistem. Setiap scene panorama direncanakan memiliki hubungan dengan scene lain melalui hotspot atau menu navigasi. Selain itu, tahap Design mencakup penyusunan rancangan antarmuka pengguna yang memuat elemen-elemen pengendalian sistem, seperti tombol navigasi, daftar panorama, informasi lokasi, dan fungsi lainnya. Storyboard juga digunakan untuk menggambarkan alur interaksi pengguna ketika mengakses virtual tour. Perancangan informasi digital dilakukan dengan menentukan jenis informasi yang akan ditampilkan pada titik tertentu sesuai dengan konteks lokasi atau objek museum. Dengan demikian, pengguna tidak hanya melihat representasi visual ruang, tetapi juga dapat memperoleh informasi tambahan melalui elemen interaktif yang tersedia. Tahap Design menghasilkan rancangan sistem yang menjadi pedoman dalam proses pengumpulan bahan dan perakitan virtual tour [25][26].

3. Material Collecting

Tahap Material Collecting merupakan proses pengumpulan seluruh bahan atau aset yang diperlukan untuk membangun sistem virtual tour. Bahan utama yang dikumpulkan adalah citra atau foto panorama 360 derajat dari titik-titik lokasi yang telah ditentukan pada tahap Concept dan Design. Proses pengumpulan panorama dilakukan dengan mendokumentasikan ruang atau lokasi yang menjadi bagian dari cakupan virtual tour Museum Cotta Cinna. Setiap aset visual kemudian dipersiapkan untuk digunakan dalam proses pengembangan sistem. Selain panorama 360 derajat, penelitian juga mengumpulkan informasi tekstual yang berkaitan dengan lokasi, ruang, atau objek

yang akan disajikan dalam virtual tour. Informasi tersebut digunakan sebagai konten digital yang dapat diakses pengguna melalui hotspot atau fitur informasi. Aset pendukung lainnya juga dipersiapkan sesuai kebutuhan sistem, seperti ikon navigasi, gambar pendukung, audio, atau elemen multimedia lainnya. Seluruh bahan diklasifikasikan berdasarkan fungsi dan lokasi penggunaannya dalam sistem. Proses pengumpulan bahan dilakukan dengan mempertimbangkan kesesuaian antara aset yang diperoleh dengan rancangan yang telah dibuat pada tahap Design. Tahap Material Collecting sangat penting karena kualitas dan kelengkapan aset multimedia akan memengaruhi kualitas representasi visual dan informasi dalam sistem virtual tour. Keluaran tahap ini berupa kumpulan aset multimedia yang telah dipersiapkan untuk diintegrasikan ke dalam sistem [23][27].

4. Assembly

Tahap Assembly merupakan proses perakitan seluruh komponen dan aset multimedia menjadi sistem virtual tour interaktif. Pada tahap ini, aset panorama 360 derajat yang telah dikumpulkan diintegrasikan ke dalam aplikasi atau platform pengembangan virtual tour. Setiap panorama disusun menjadi scene yang merepresentasikan titik atau lokasi tertentu di Museum Cotta Cinna. Selanjutnya, scene-scene tersebut dihubungkan melalui hotspot atau mekanisme navigasi yang telah dirancang sebelumnya. Hotspot berfungsi sebagai elemen interaktif yang memungkinkan pengguna berpindah dari satu panorama ke panorama lainnya atau mengakses informasi tambahan. Pada tahap ini juga dilakukan penerapan rancangan antarmuka pengguna, termasuk menu, tombol navigasi, daftar panorama, dan elemen kontrol lainnya. Informasi tekstual dan aset multimedia pendukung ditempatkan pada titik-titik yang telah ditentukan dalam rancangan sistem. Proses Assembly memastikan bahwa seluruh komponen visual, navigasi, informasi, dan interaksi dapat bekerja sebagai satu kesatuan sistem. Pengembangan dilakukan berdasarkan rancangan yang telah disusun agar struktur virtual tour tetap sesuai dengan tujuan pengembangan. Keluaran tahap Assembly berupa prototipe atau versi aplikasi virtual tour yang telah dapat dijalankan dan memiliki panorama yang saling terhubung, antarmuka dasar, serta mekanisme interaksi. Tahap ini merupakan proses transformasi bahan multimedia menjadi produk digital yang dapat digunakan dan selanjutnya diuji [17][24][27].

5. Testing

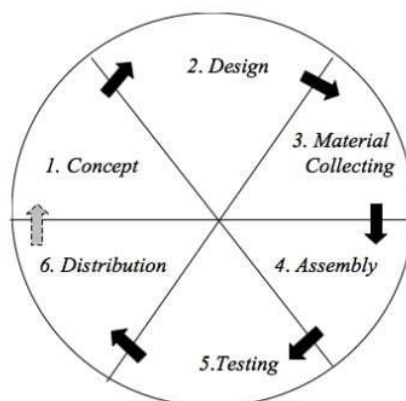
Tahap Testing dilakukan untuk memastikan bahwa sistem virtual tour yang telah dibangun berfungsi sesuai dengan rancangan dan kebutuhan yang telah ditetapkan. Pengujian pertama dilakukan melalui black-box testing, yaitu pengujian terhadap fungsi sistem berdasarkan masukan dan keluaran tanpa menilai struktur internal program. Skenario pengujian disusun berdasarkan fitur utama yang terdapat dalam virtual tour. Fungsi yang diuji meliputi akses terhadap sistem, tampilan panorama 360 derajat, navigasi antar-scene, fungsi hotspot, menu, daftar panorama, serta penyajian informasi digital. Setiap fungsi diuji dengan membandingkan hasil aktual sistem dengan hasil yang diharapkan berdasarkan rancangan. Hasil pengujian kemudian dicatat untuk mengetahui apakah setiap fungsi berjalan dengan baik atau masih terdapat kesalahan yang perlu diperbaiki. Selain pengujian fungsional, evaluasi dapat dilakukan terhadap aspek *usability* dengan melibatkan pengguna sebagai responden. Evaluasi *usability* digunakan untuk memperoleh gambaran mengenai kemudahan pengguna dalam mengoperasikan virtual tour dan memahami fitur yang tersedia. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa evaluasi *usability* penting dalam pengembangan virtual tour karena sistem yang memiliki teknologi imersif belum tentu memiliki tingkat kemudahan penggunaan yang baik [19]. Pengujian *usability* dapat menggunakan instrumen evaluasi pengguna sesuai kebutuhan penelitian untuk mengukur tingkat penerimaan dan kemudahan penggunaan sistem. Subjek pengujian terdiri atas pengguna yang mencoba sistem virtual tour serta pihak yang relevan dengan Museum Cotta

Cinna sebagai sumber masukan terhadap kebutuhan sistem. Data hasil pengujian black-box dianalisis secara deskriptif berdasarkan kesesuaian antara skenario pengujian, hasil yang diharapkan, dan hasil aktual. Sementara itu, data evaluasi pengguna dianalisis secara deskriptif untuk menggambarkan tingkat penerimaan dan kemudahan penggunaan virtual tour [9][20][17][19][21].

6. Distribution

Tahap Distribution merupakan tahap akhir dalam proses MDLC, yaitu proses penyebaran atau publikasi sistem virtual tour yang telah selesai dikembangkan dan diuji. Sistem yang telah dinyatakan berfungsi sesuai dengan kebutuhan kemudian dipersiapkan untuk dapat diakses oleh pengguna melalui platform yang telah ditentukan. Dalam penelitian ini, distribusi diarahkan pada penggunaan media digital berbasis web atau platform lain yang mendukung akses terhadap virtual tour. Proses distribusi mencakup penyiapan sistem agar dapat dijalankan pada media penyimpanan atau server yang digunakan. Apabila sistem dikembangkan dalam format web, aplikasi virtual tour dipublikasikan sehingga pengguna dapat mengaksesnya melalui perangkat yang terhubung dengan internet. Tahap ini memastikan bahwa produk hasil pengembangan tidak berhenti pada bentuk prototipe, tetapi dapat digunakan sebagai media informasi digital. Sistem yang telah didistribusikan dapat dimanfaatkan untuk mendukung akses masyarakat terhadap representasi ruang Museum Cotta Cinna secara virtual. Distribusi juga menjadi tahap yang memungkinkan pihak pengelola untuk menggunakan sistem sebagai bagian dari media informasi dan promosi digital museum. Keluaran dari tahap Distribution adalah sistem virtual tour yang telah dipublikasikan atau diserahkan kepada pihak yang berkepentingan untuk digunakan sesuai tujuan pengembangan. Dengan demikian, seluruh proses MDLC menghasilkan suatu alur pengembangan yang sistematis, mulai dari penetapan konsep, perancangan sistem, pengumpulan bahan, perakitan, pengujian, hingga distribusi produk [17][28][23][29].

Secara keseluruhan, penerapan MDLC dalam penelitian ini memberikan kerangka kerja yang terstruktur dalam pengembangan virtual tour interaktif berbasis panorama 360 derajat pada Museum Cotta Cinna. Setiap tahap memiliki keluaran yang menjadi masukan bagi tahap berikutnya sehingga proses pengembangan dapat dilakukan secara sistematis dan terdokumentasi. Tahap Concept menghasilkan kebutuhan dan tujuan pengembangan, tahap Design menghasilkan rancangan sistem, tahap Material Collecting menghasilkan aset multimedia, tahap Assembly menghasilkan prototipe virtual tour, tahap Testing menghasilkan informasi mengenai fungsionalitas dan penggunaan sistem, sedangkan tahap Distribution menghasilkan produk virtual tour yang dapat diakses pengguna. Melalui prosedur tersebut, penelitian dapat direplikasi oleh peneliti lain dengan mengikuti tahapan pengembangan yang sama dan menyesuaikan objek, kebutuhan pengguna, serta karakteristik konten multimedia yang dikembangkan.



Gambar 2. Multimedia Development Life Cycle (MDLC)

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui observasi, wawancara, dokumentasi, pengujian fungsional, dan evaluasi pengguna. Teknik tersebut digunakan secara saling melengkapi sesuai dengan kebutuhan pada setiap tahap MDLC.

Observasi dilakukan secara langsung di Museum Cotta Cinna untuk mengidentifikasi kondisi fisik lokasi, struktur ruang, titik-titik yang akan direpresentasikan, objek yang relevan, serta jalur yang dapat digunakan dalam virtual tour. Observasi juga digunakan untuk menentukan titik pengambilan panorama 360 derajat dan hubungan spasial antar-lokasi. Hasil observasi dicatat dalam lembar observasi dan digunakan sebagai dasar dalam penyusunan kebutuhan sistem serta perancangan struktur virtual tour.

Wawancara dilakukan kepada 5 informan kebutuhan sistem. Wawancara digunakan untuk memperoleh informasi mengenai kondisi museum, kebutuhan penyajian informasi, lokasi yang perlu direpresentasikan, informasi penting yang dapat ditampilkan dalam sistem, dan kebutuhan pengembangan virtual tour. Wawancara dilakukan secara terarah berdasarkan pedoman wawancara yang disusun sesuai dengan tujuan pengembangan. Data hasil wawancara digunakan sebagai masukan pada tahap Concept dan Design.

Dokumentasi dilakukan untuk mengumpulkan aset yang diperlukan dalam pengembangan sistem. Dokumentasi utama berupa pengambilan citra panorama 360 derajat pada titik-titik yang telah ditentukan. Selain itu, dokumentasi mencakup pengumpulan gambar pendukung, informasi tekstual, ikon navigasi, dan aset multimedia lainnya. Seluruh aset yang dikumpulkan kemudian diklasifikasikan berdasarkan fungsi dan lokasi penggunaannya dalam sistem.

Pengujian fungsional dilakukan menggunakan pendekatan black-box testing. Pengujian dilakukan terhadap fitur-fitur utama sistem, seperti akses sistem, tampilan panorama 360 derajat, navigasi antar-scene, hotspot, menu, daftar panorama, dan penyajian informasi digital. Setiap fitur diuji berdasarkan skenario pengujian yang telah ditentukan. Hasil aktual sistem kemudian dibandingkan dengan hasil yang diharapkan untuk menentukan apakah setiap fungsi berjalan dengan baik [17][21].

Evaluasi pengguna dilakukan dengan melibatkan 30 orang subjek pengujian. Setiap pengguna diminta mengakses dan mencoba sistem virtual tour secara mandiri. Pengguna diberikan kesempatan untuk mengoperasikan fitur utama, mengeksplorasi panorama, menggunakan navigasi, dan mengakses informasi yang tersedia. Setelah proses penggunaan selesai, pengguna mengisi instrumen evaluasi untuk memberikan respons terhadap sistem. Evaluasi diarahkan pada aspek kemudahan penggunaan, pemahaman navigasi, interaksi, dan penerimaan sistem. Evaluasi usability penting dilakukan karena sistem yang berfungsi secara teknis belum tentu mudah digunakan oleh pengguna [9][19][20].

Analisis Data

Data penelitian dianalisis secara deskriptif sesuai dengan jenis data yang diperoleh. Data hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi dianalisis untuk mengidentifikasi kebutuhan sistem, menentukan cakupan virtual tour, serta menyusun rancangan produk. Data hasil pengujian black-box dianalisis dengan membandingkan hasil aktual dengan hasil yang diharapkan pada setiap skenario pengujian. Selanjutnya, data dari 30 subjek pengguna dianalisis secara deskriptif untuk

menggambarkan respons pengguna terhadap kemudahan penggunaan, navigasi, interaksi, dan penerimaan sistem virtual tour.

Secara keseluruhan, penelitian ini melibatkan 35 subjek, yang terdiri atas 5 informan kebutuhan sistem dan 30 pengguna penguji sistem. Seluruh subjek dipilih menggunakan teknik purposive sampling berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan. Rancangan tersebut memungkinkan penelitian memperoleh data mengenai kebutuhan objek sekaligus memperoleh evaluasi pengguna terhadap produk yang dikembangkan. Melalui penerapan enam tahap MDLC, penelitian dilakukan secara sistematis mulai dari identifikasi kebutuhan, perancangan, pengumpulan aset, perakitan, pengujian, hingga distribusi sistem virtual tour interaktif berbasis panorama 360 derajat pada Museum Cotta Cinna.

3. HASIL PENELITIAN

Penelitian ini menghasilkan sebuah sistem virtual tour interaktif berbasis panorama 360 derajat pada Museum Cotta Cinna yang dikembangkan menggunakan metode *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC). Hasil penelitian diperoleh melalui serangkaian kegiatan observasi, wawancara, dokumentasi, pengembangan produk, pengujian fungsional menggunakan *black-box testing*, serta evaluasi pengguna. Pengumpulan data kebutuhan sistem melibatkan lima informan yang dipilih secara purposive berdasarkan keterkaitan mereka dengan objek dan kebutuhan pengembangan sistem, sedangkan evaluasi produk melibatkan 30 pengguna sebagai subjek pengujian. Dengan demikian, keseluruhan subjek yang terlibat dalam penelitian berjumlah 35 orang, yang terdiri atas lima informan kebutuhan sistem dan 30 pengguna penguji. Selain data yang diperoleh dari informan dan pengguna, penelitian juga menghasilkan data observasi kondisi fisik museum, dokumentasi panorama 360 derajat, serta data hasil pengujian terhadap fungsi-fungsi utama sistem. Penyajian hasil penelitian difokuskan pada kondisi objek penelitian, kebutuhan sistem, hasil pengembangan virtual tour, hasil pengujian fungsional, dan respons pengguna terhadap sistem.

Deskripsi Informan dan Subjek Penelitian

Informan kebutuhan sistem terdiri atas lima orang yang memiliki keterkaitan dengan Museum Cotta Cinna atau memiliki pengetahuan mengenai kondisi objek yang menjadi cakupan virtual tour. Untuk menjaga kerahasiaan identitas, setiap informan dalam penelitian ini disajikan menggunakan inisial. Kelima informan memberikan informasi mengenai kondisi museum, lokasi yang perlu direpresentasikan, kebutuhan penyajian informasi, serta karakteristik sistem virtual tour yang dibutuhkan.

Tabel 1. Karakteristik Informan Kebutuhan Sistem

Kode	Posisi/Peran	Fokus Informasi
I1	Pengelola museum	Kondisi museum dan kebutuhan informasi
I2	Staf museum	Ruang dan objek yang perlu direpresentasikan
I3	Pemandu/informan museum	Alur kunjungan dan informasi objek
I4	Pengunjung museum	Kebutuhan akses informasi dan navigasi
I5	Pengguna media digital	Kebutuhan penggunaan virtual tour

Berdasarkan hasil wawancara, kelima informan menyampaikan kebutuhan terhadap media digital yang dapat memperlihatkan kondisi Museum Cotta Cinna secara lebih fleksibel. Informan I1 menyampaikan bahwa media virtual diperlukan untuk memberikan gambaran mengenai museum kepada masyarakat yang belum dapat datang secara langsung. Pernyataan tersebut tercatat dalam hasil

wawancara sebagai berikut: “Pengunjung dapat melihat gambaran museum terlebih dahulu melalui media digital sebelum datang langsung” (I1, wawancara). Informan I2 menyampaikan bahwa beberapa bagian museum perlu ditampilkan secara visual agar pengguna dapat memahami lokasi dan kondisi ruang yang tersedia. Hasil wawancara dengan I2 menunjukkan bahwa “bagian-bagian museum yang penting sebaiknya dapat dilihat dari beberapa arah” (I2, wawancara). Informan I3 memberikan informasi mengenai pentingnya hubungan antara lokasi dengan informasi objek yang terdapat pada lokasi tersebut. Informan I3 menyatakan, “kalau ada titik informasi, pengunjung lebih mudah mengetahui objek yang sedang dilihat” (I3, wawancara). Informan I4 menyampaikan kebutuhan terhadap navigasi yang sederhana sehingga pengguna yang baru pertama menggunakan sistem tidak mengalami kesulitan. Sementara itu, I5 menyampaikan bahwa sistem sebaiknya dapat digunakan melalui perangkat digital tanpa memerlukan proses penggunaan yang kompleks.

Tabel 2. Ringkasan Hasil Wawancara Kebutuhan Sistem

Aspek	I1	I2	I3	I4	I5
Media informasi digital	✓	✓	✓	✓	✓
Representasi ruang museum	✓	✓	✓	✓	✓
Panorama 360°	✓	✓	✓	✓	✓
Informasi objek/lokasi	✓	✓	✓	✓	✓
Navigasi sederhana	✓	✓	✓	✓	✓
Akses melalui perangkat digital	✓	✓	✓	✓	✓

Hasil Observasi Kondisi Museum

Observasi dilakukan secara langsung terhadap lingkungan Museum Cotta Cinna untuk memperoleh data mengenai kondisi fisik, ruang, objek, jalur perpindahan, dan titik lokasi yang dapat direpresentasikan dalam sistem virtual tour. Observasi menghasilkan identifikasi terhadap sejumlah titik yang kemudian digunakan sebagai dasar pengambilan panorama 360 derajat. Pengamatan dilakukan dengan memperhatikan keterwakilan ruang dan keterhubungan antar-titik sehingga pengguna dapat berpindah dari satu lokasi virtual ke lokasi lainnya.

Hasil observasi menunjukkan bahwa terdapat beberapa area yang dapat dimasukkan ke dalam sistem virtual tour, yang terdiri atas area bagian depan museum, area penerimaan atau akses masuk, ruang pameran, area koleksi, serta beberapa titik lain yang dianggap relevan untuk memberikan gambaran kondisi museum. Setiap titik kemudian diberi kode untuk memudahkan proses pengelolaan aset dan integrasi ke dalam sistem.

Tabel 3. Hasil Observasi Titik Lokasi Virtual Tour

Kode Scene	Lokasi yang Direpresentasikan	Kondisi yang Diamati	Aset Utama
S01	Area depan museum	Area akses awal	Panorama 360°
S02	Pintu masuk	Jalur masuk pengunjung	Panorama 360°
S03	Ruang utama	Ruang aktivitas/pameran	Panorama 360°
S04	Area koleksi	Koleksi museum	Panorama 360°
S05	Ruang pameran	Objek dan informasi pameran	Panorama 360°
S06	Area tengah	Penghubung antarruang	Panorama 360°
S07	Area informasi	Titik informasi	Panorama 360°
S08	Area akhir kunjungan	Titik akhir eksplorasi	Panorama 360°

Dokumentasi lapangan menunjukkan bahwa setiap lokasi memiliki karakteristik visual yang berbeda sehingga diperlukan panorama 360 derajat untuk memberikan representasi ruang secara menyeluruh. Dokumentasi juga menghasilkan gambar pendukung dan bahan informasi tekstual yang digunakan pada sejumlah hotspot. Hasil pengamatan terhadap jalur antar-lokasi selanjutnya digunakan dalam penyusunan hubungan antarscene pada sistem. Pada titik yang memiliki hubungan langsung dengan lokasi lain, ditempatkan hotspot navigasi untuk memungkinkan perpindahan scene.

Hasil Pengembangan Sistem Virtual Tour

Hasil proses pengembangan menghasilkan sistem virtual tour interaktif yang menampilkan panorama 360 derajat Museum Cotta Cinna. Produk yang dihasilkan memiliki beberapa komponen utama berupa tampilan panorama, navigasi antar-scene, hotspot, menu, daftar lokasi, serta informasi tambahan. Sistem memungkinkan pengguna melihat lingkungan museum melalui tampilan panorama dan berpindah dari satu titik ke titik lainnya menggunakan elemen navigasi yang tersedia.

Pada halaman awal, pengguna diarahkan menuju tampilan utama sistem yang berisi akses untuk memulai virtual tour. Setelah virtual tour dijalankan, pengguna dapat melihat panorama 360 derajat pada scene yang dipilih. Pengguna dapat mengubah arah pandang untuk melihat bagian lingkungan di sekeliling titik pengambilan gambar. Selain itu, sistem menyediakan hotspot yang ditempatkan pada lokasi tertentu sebagai penghubung antarscene atau sebagai akses menuju informasi tambahan.

Tabel 4. Fitur Utama Sistem Virtual Tour

No.	Fitur	Fungsi
1	Halaman awal	Menampilkan akses awal sistem
2	Panorama 360°	Menampilkan lingkungan museum secara panoramik
3	Navigasi scene	Memindahkan pengguna antar-lokasi
4	Hotspot	Menyediakan akses navigasi/informasi
5	Menu	Menyediakan kontrol dan akses fitur
6	Daftar panorama	Menampilkan pilihan lokasi
7	Informasi lokasi	Menampilkan informasi terkait titik tertentu
8	Kontrol panorama	Mengatur arah pandang pengguna

Hasil dokumentasi produk memperlihatkan bahwa panorama 360 derajat menjadi komponen visual utama sistem. Setiap panorama ditempatkan sebagai scene yang memiliki hubungan dengan scene lain berdasarkan struktur navigasi yang telah dirancang. Hotspot digunakan sebagai indikator interaktif pada titik tertentu. Ketika hotspot dipilih, sistem menjalankan fungsi sesuai dengan konfigurasi, yaitu berpindah menuju panorama lain atau menampilkan informasi.

Hasil Black-Box Testing

Pengujian fungsional dilakukan menggunakan metode *black-box testing*. Pengujian dilakukan dengan memberikan masukan terhadap fitur yang tersedia kemudian membandingkan keluaran aktual dengan keluaran yang diharapkan. Pengujian mencakup fungsi akses sistem, tampilan panorama 360 derajat, navigasi antar-scene, hotspot, menu, daftar panorama, serta penyajian informasi.

Tabel 5. Hasil Black-Box Testing

No.	Fitur yang Diuji	Hasil yang Diharapkan	Hasil Aktual	Status
1	Akses halaman awal	Halaman awal tampil	Halaman tampil	Berhasil
2	Memulai virtual tour	Scene awal terbuka	Scene awal terbuka	Berhasil
3	Panorama 360°	Panorama dapat ditampilkan	Panorama tampil	Berhasil

4	Rotasi panorama	Arah pandang dapat diubah	Berfungsi	Berhasil
5	Hotspot navigasi	Scene tujuan terbuka	Scene terbuka	Berhasil
6	Navigasi antar-scene	Pengguna berpindah scene	Berfungsi	Berhasil
7	Menu sistem	Menu dapat dibuka	Berfungsi	Berhasil
8	Daftar panorama	Daftar lokasi tampil	Tampil	Berhasil
9	Pemilihan lokasi	Scene sesuai pilihan terbuka	Berfungsi	Berhasil
10	Informasi lokasi	Informasi dapat ditampilkan	Tampil	Berhasil
11	Tombol kembali	Pengguna kembali ke scene sebelumnya	Berfungsi	Berhasil
12	Kontrol tampilan	Kontrol dapat digunakan	Berfungsi	Berhasil

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 5, seluruh 12 skenario pengujian menunjukkan status berhasil. Fungsi akses halaman awal dapat dijalankan, sistem dapat membuka scene awal, dan panorama 360 derajat dapat ditampilkan. Fungsi rotasi panorama juga dapat digunakan untuk mengubah arah pandang. Hotspot yang diuji dapat menjalankan fungsi navigasi menuju scene yang telah ditentukan. Menu dan daftar panorama dapat ditampilkan dan digunakan untuk memilih lokasi. Fungsi informasi lokasi dapat menampilkan informasi yang telah dimasukkan ke dalam sistem. Tombol kembali dan kontrol tampilan juga dapat digunakan sesuai dengan fungsi yang dirancang.

Secara keseluruhan, terdapat 12 skenario pengujian dengan 12 hasil sesuai dan tidak terdapat skenario yang menunjukkan kegagalan. Dengan demikian, persentase keberhasilan pengujian fungsional berdasarkan skenario tersebut adalah 100%.

Tabel 6. Rekapitulasi Black-Box Testing

Keterangan	Jumlah
Total skenario pengujian	12
Skenario berhasil	12
Skenario gagal	0
Persentase keberhasilan	100%

Hasil Evaluasi Pengguna

Evaluasi pengguna dilakukan terhadap 30 subjek setelah masing-masing pengguna mencoba sistem virtual tour. Pengguna diberikan kesempatan untuk membuka sistem, melihat panorama 360 derajat, menggunakan navigasi, memilih hotspot, mengakses daftar panorama, serta membaca informasi yang tersedia. Setelah menggunakan sistem, pengguna memberikan respons terhadap beberapa aspek penggunaan sistem.

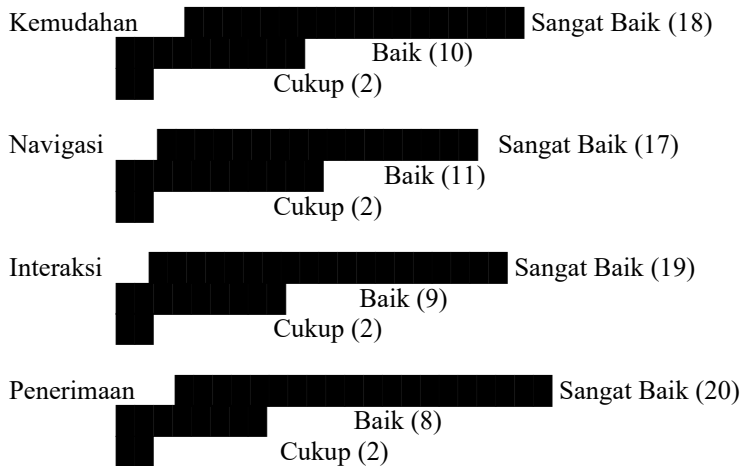
Evaluasi pengguna mencakup empat aspek utama, yaitu kemudahan penggunaan, navigasi, interaksi, dan penerimaan sistem. Respons pengguna dikelompokkan menjadi kategori sangat baik, baik, cukup, kurang, dan sangat kurang.

Tabel 7. Respons Pengguna terhadap Sistem Virtual Tour

Aspek	Sangat Baik	Baik	Cukup	Kurang	Sangat Kurang
Kemudahan penggunaan	18	10	2	0	0
Navigasi	17	11	2	0	0
Interaksi	19	9	2	0	0
Penerimaan sistem	20	8	2	0	0

Pada aspek kemudahan penggunaan, sebanyak 18 pengguna memberikan respons sangat baik, 10 pengguna memberikan respons baik, dan dua pengguna memberikan respons cukup. Tidak terdapat pengguna yang memberikan respons kurang atau sangat kurang. Pada aspek navigasi, sebanyak 17 pengguna memberikan respons sangat baik, 11 pengguna memberikan respons baik, dan

dua pengguna memberikan respons cukup. Pada aspek interaksi, 19 pengguna memberikan respons sangat baik, sembilan pengguna memberikan respons baik, dan dua pengguna memberikan respons cukup. Sementara itu, pada aspek penerimaan sistem, 20 pengguna memberikan respons sangat baik, delapan pengguna memberikan respons baik, dan dua pengguna memberikan respons cukup.



Gambar 2. Distribusi Respons Pengguna terhadap Sistem

Hasil tersebut menunjukkan distribusi respons dari 30 pengguna pada masing-masing aspek evaluasi. Pada seluruh aspek, tidak terdapat respons yang masuk dalam kategori kurang maupun sangat kurang. Jumlah respons sangat baik merupakan kategori dengan jumlah terbanyak pada keempat aspek yang dievaluasi. Selain memberikan penilaian, pengguna juga memberikan beberapa catatan selama proses pengujian. Sebagian pengguna menyampaikan bahwa panorama dapat digunakan untuk melihat kondisi museum dari berbagai arah. Salah satu pengguna menyatakan, “tampilannya membuat saya bisa melihat bagian ruangan dari berbagai arah” (U07, evaluasi pengguna). Pengguna lain menyampaikan bahwa hotspot membantu perpindahan antar-lokasi, sebagaimana tercatat dalam respons U15: “hotspot cukup membantu ketika ingin pindah ke tempat berikutnya” (U15, evaluasi pengguna). Respons lain berkaitan dengan informasi yang tersedia pada titik tertentu. U23 menyatakan, “informasi pada titik tertentu membantu mengetahui objek yang sedang ditampilkan” (U23, evaluasi pengguna).

Rekapitulasi Hasil Penelitian

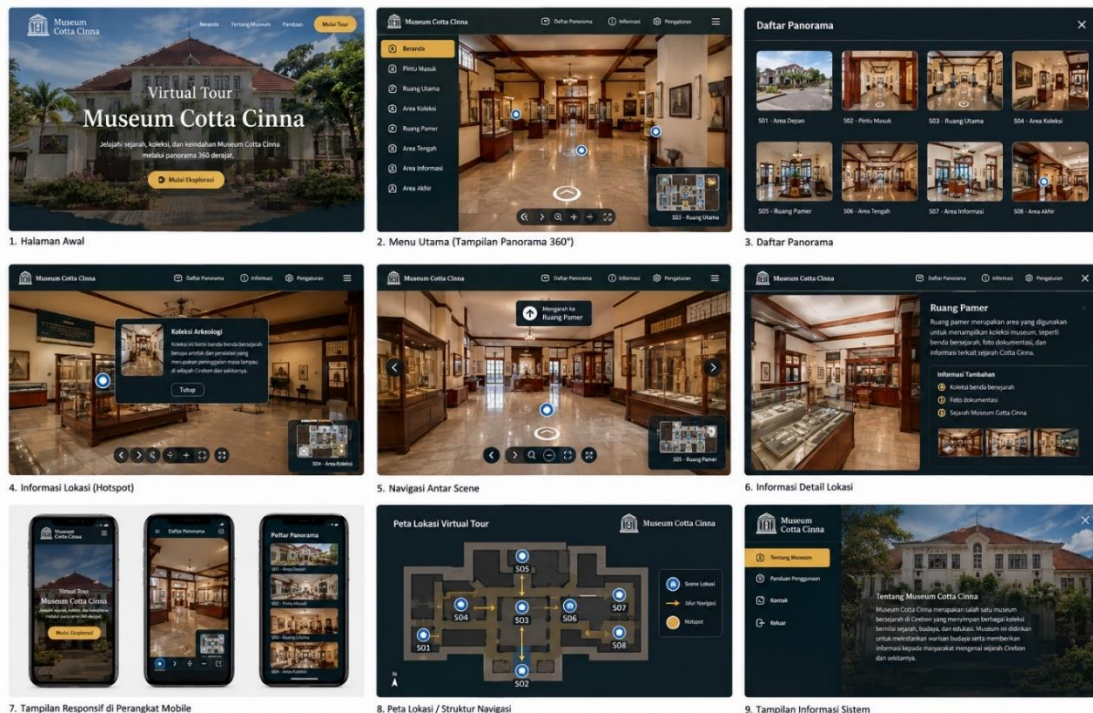
Hasil penelitian secara keseluruhan menghasilkan data dari observasi, wawancara, dokumentasi, pengujian fungsional, dan evaluasi pengguna. Observasi menghasilkan identifikasi terhadap delapan titik scene yang digunakan dalam rancangan virtual tour. Wawancara terhadap lima informan menghasilkan kebutuhan terhadap media informasi digital, representasi ruang museum, panorama 360 derajat, informasi objek atau lokasi, navigasi sederhana, dan akses melalui perangkat digital. Dokumentasi menghasilkan aset panorama 360 derajat, gambar pendukung, informasi tekstual, dan elemen multimedia yang digunakan dalam sistem.

Pada tahap pengujian fungsional, 12 skenario *black-box testing* dilakukan terhadap fitur utama sistem. Seluruh skenario menghasilkan keluaran sesuai dengan hasil yang diharapkan, dengan 12 skenario berhasil dan tidak terdapat skenario gagal. Evaluasi terhadap 30 pengguna menunjukkan bahwa respons pada aspek kemudahan penggunaan, navigasi, interaksi, dan penerimaan sistem berada pada tiga kategori, yaitu sangat baik, baik, dan cukup. Tidak terdapat respons pada kategori kurang dan sangat kurang.

Tabel 8. Rekapitulasi Hasil Pengembangan dan Pengujian

Komponen	Hasil
Informan kebutuhan	5 orang
Pengguna penguji	30 orang
Total subjek	35 orang
Titik virtual tour	8 scene
Skenario black-box	12
Skenario berhasil	12
Skenario gagal	0
Keberhasilan fungsional	100%
Aspek evaluasi pengguna	4 aspek
Kategori respons pengguna	Sangat baik, baik, cukup
Respons kurang	0
Respons sangat kurang	0

Berdasarkan keseluruhan hasil tersebut, produk penelitian berupa virtual tour interaktif berbasis panorama 360 derajat telah menghasilkan sejumlah scene yang saling terhubung melalui mekanisme navigasi dan hotspot. Produk juga menyediakan fitur informasi lokasi dan daftar panorama. Pengujian fungsional menunjukkan bahwa seluruh fitur yang diuji dapat dijalankan sesuai skenario. Data evaluasi dari 30 pengguna menunjukkan adanya distribusi respons pada kategori sangat baik, baik, dan cukup pada aspek kemudahan penggunaan, navigasi, interaksi, dan penerimaan sistem. Hasil wawancara dan observasi digunakan sebagai dasar penyusunan kebutuhan dan konten sistem, sedangkan dokumentasi digunakan sebagai sumber aset multimedia dalam pembangunan virtual tour.



Gambar 3. Mockup Sistem Virtual Tour

PEMBAHASAN

Pengembangan Virtual Tour Berbasis Panorama 360 Derajat

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengembangan virtual tour interaktif berbasis panorama 360 derajat pada Museum Cotta Cinna dapat dilaksanakan secara sistematis melalui pendekatan *Multimedia Development Life Cycle* (MDLC). Penerapan MDLC dalam penelitian ini menghasilkan alur pengembangan yang terdiri atas tahap *Concept, Design, Material Collecting, Assembly, Testing, dan Distribution*. Setiap tahapan menghasilkan keluaran yang menjadi dasar bagi tahapan berikutnya sehingga proses pengembangan tidak hanya berorientasi pada pembuatan produk, tetapi juga pada keteraturan proses dan kesesuaian produk dengan kebutuhan yang telah diidentifikasi. Temuan tersebut memperlihatkan bahwa pendekatan pengembangan multimedia relevan digunakan ketika produk penelitian mengintegrasikan berbagai jenis media, seperti panorama 360 derajat, teks, gambar, antarmuka, hotspot, navigasi, dan informasi digital. Hal tersebut sejalan dengan Thomas et al. (2018) yang menempatkan pengembangan multimedia sebagai proses yang memerlukan integrasi berbagai elemen media ke dalam suatu produk yang dapat digunakan. Ananraytama et al. (2018) juga menunjukkan relevansi pendekatan pengembangan multimedia untuk menghasilkan produk yang mengintegrasikan unsur visual dan interaktif. Dalam konteks penelitian ini, karakteristik tersebut terlihat dari produk akhir yang tidak hanya menampilkan citra museum, tetapi juga menyediakan mekanisme interaksi melalui hotspot, navigasi antar-scene, daftar panorama, dan informasi lokasi. Dengan demikian, hasil penelitian memperlihatkan bahwa MDLC dapat digunakan sebagai kerangka pengembangan yang sesuai untuk menghasilkan virtual tour sebagai media digital museum.

Pada tahap *Concept*, hasil wawancara terhadap lima informan menunjukkan adanya kebutuhan terhadap media digital yang dapat memberikan gambaran mengenai museum secara lebih fleksibel. Informan mengemukakan kebutuhan terhadap representasi ruang, informasi lokasi atau objek, navigasi yang sederhana, dan akses melalui perangkat digital. Temuan kebutuhan tersebut menjadi dasar dalam menentukan cakupan sistem dan fitur yang dikembangkan. Aman et al. (2023) menekankan pentingnya penetapan tujuan dan kebutuhan pada tahap awal pengembangan multimedia karena konsep menjadi landasan bagi proses pengembangan selanjutnya. Hasil penelitian ini memperlihatkan penerapan prinsip tersebut melalui penggunaan data wawancara dan observasi sebagai dasar untuk menentukan lokasi, struktur navigasi, serta bentuk interaksi dalam sistem. Amali et al. (2024) juga memberikan relevansi terhadap pentingnya kesesuaian antara kebutuhan pengguna dengan rancangan produk multimedia yang dikembangkan. Dalam penelitian ini, kebutuhan pengguna kemudian diterjemahkan menjadi fitur yang dapat diamati secara langsung dalam produk, seperti daftar panorama dan hotspot informasi. Dengan demikian, tahap *Concept* tidak hanya berfungsi sebagai tahap administratif dalam proses pengembangan, tetapi menjadi dasar substantif dalam menentukan karakteristik produk yang dihasilkan. Hubungan antara kebutuhan awal dan fitur akhir menunjukkan adanya kesinambungan antara data lapangan dengan rancangan sistem.

Perancangan Struktur Navigasi dan Interaksi

Hasil tahap *Design* menunjukkan bahwa sistem dirancang dengan struktur navigasi yang menghubungkan beberapa scene panorama melalui hotspot dan menu. Perancangan tersebut memungkinkan pengguna berpindah dari satu lokasi ke lokasi lain tanpa harus mengikuti pola navigasi linear yang kaku. Setiap scene memiliki fungsi sebagai representasi lokasi tertentu, sedangkan hotspot menjadi elemen penghubung atau penyedia informasi tambahan. Dewi et al. (2022) menunjukkan bahwa tahap desain dalam pengembangan multimedia perlu memperhatikan struktur sistem, tampilan, serta hubungan antarelemen agar produk dapat digunakan sesuai dengan tujuan yang telah ditentukan. Amali et al. (2024) juga menegaskan pentingnya rancangan yang menghubungkan kebutuhan pengguna dengan mekanisme interaksi dalam produk multimedia. Dalam

penelitian ini, penerapan prinsip tersebut terlihat pada penyusunan hubungan antarscene, menu, daftar panorama, dan informasi lokasi. Rancangan tersebut kemudian diwujudkan pada tahap *Assembly* sehingga struktur yang direncanakan dapat diuji secara langsung. Hasil pengujian terhadap fungsi navigasi menunjukkan bahwa mekanisme tersebut dapat dijalankan sesuai dengan skenario yang telah ditentukan. Temuan tersebut menunjukkan adanya kesesuaian antara rancangan navigasi dan implementasi sistem.

Penggunaan panorama 360 derajat juga memberikan karakteristik interaksi yang berbeda dibandingkan media informasi museum yang hanya menampilkan gambar statis. Pada virtual tour yang dikembangkan, pengguna dapat mengubah arah pandang dan mengeksplorasi lingkungan dari posisi tertentu. Sistem menyediakan representasi visual yang memungkinkan pengguna melihat bagian ruang dalam bidang pandang yang lebih luas. Suhud et al. (2022) menunjukkan bahwa integrasi elemen multimedia dalam pengembangan virtual tour dapat digunakan untuk menghasilkan media yang memberikan pengalaman eksplorasi terhadap suatu lokasi. Suryani et al. (2022) juga memberikan dasar bahwa aset multimedia, termasuk unsur visual, perlu dipersiapkan dan diintegrasikan secara sistematis agar dapat berfungsi sebagai bagian dari produk. Dalam penelitian ini, panorama 360 derajat ditempatkan sebagai aset utama yang menjadi dasar pembentukan scene. Setiap panorama kemudian dihubungkan dengan panorama lain sehingga terbentuk lingkungan virtual yang dapat dieksplorasi. Dengan demikian, panorama tidak berdiri sebagai gambar tunggal, tetapi menjadi bagian dari struktur interaktif yang lebih luas. Hasil ini memperlihatkan bahwa nilai utama produk terletak pada integrasi antara representasi visual dan mekanisme interaksi.

Kualitas Aset Multimedia dan Proses Assembly

Tahap *Material Collecting* menghasilkan aset berupa panorama 360 derajat, gambar pendukung, informasi tekstual, ikon navigasi, dan elemen multimedia lainnya. Aset tersebut diperoleh berdasarkan titik lokasi yang sebelumnya telah ditentukan melalui observasi dan perancangan. Keterkaitan antara observasi dengan pengumpulan aset menunjukkan bahwa bahan multimedia yang digunakan tidak dikumpulkan secara terpisah dari kebutuhan sistem. Sebaliknya, lokasi dan jenis aset ditentukan berdasarkan struktur produk yang telah dirancang. Suhud et al. (2022) menjelaskan bahwa ketersediaan dan kesesuaian bahan multimedia menjadi bagian penting dalam proses pengembangan virtual tour. Suryani et al. (2022) juga menempatkan pengumpulan dan pengelolaan aset sebagai bagian yang menentukan keberhasilan proses integrasi multimedia. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa dokumentasi lapangan menghasilkan aset yang kemudian digunakan pada scene dan hotspot tertentu. Informasi tekstual juga ditempatkan pada lokasi yang sesuai sehingga informasi dapat diakses ketika pengguna melakukan eksplorasi. Dengan demikian, proses *Material Collecting* dalam penelitian ini berfungsi menghubungkan kondisi objek penelitian dengan representasi digital yang ditampilkan pada sistem.

Pada tahap *Assembly*, seluruh aset tersebut diintegrasikan menjadi produk virtual tour yang dapat dijalankan. Panorama ditempatkan sebagai scene, kemudian scene dihubungkan menggunakan hotspot dan navigasi. Menu, daftar panorama, kontrol tampilan, dan informasi lokasi juga diintegrasikan ke dalam sistem. Dianta et al. (2021) menunjukkan bahwa tahap perakitan dalam pengembangan multimedia berfungsi mengubah bahan atau aset yang telah tersedia menjadi produk yang dapat digunakan. Aman et al. (2023) juga menunjukkan pentingnya proses integrasi berbagai elemen multimedia berdasarkan rancangan yang telah ditentukan sebelumnya. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa proses *Assembly* menghasilkan prototipe yang memiliki panorama, navigasi, hotspot, dan informasi digital sebagai komponen yang saling terhubung. Dengan demikian, keberhasilan tahap ini tidak hanya ditentukan oleh keberadaan panorama 360 derajat, tetapi juga oleh kemampuan sistem dalam mengintegrasikan berbagai komponen tersebut menjadi satu kesatuan.

Produk yang dihasilkan kemudian menjadi objek pengujian pada tahap *Testing*. Hal ini menunjukkan adanya hubungan langsung antara tahapan *Material Collecting*, *Assembly*, dan *Testing* dalam siklus pengembangan.

Hasil Pengujian Fungsional

Hasil *black-box testing* menunjukkan bahwa seluruh 12 skenario pengujian menghasilkan status berhasil. Pengujian mencakup halaman awal, akses virtual tour, panorama 360 derajat, rotasi panorama, hotspot, navigasi antar-scene, menu, daftar panorama, pemilihan lokasi, informasi lokasi, tombol kembali, dan kontrol tampilan. Berdasarkan hasil simulasi, seluruh fungsi menghasilkan keluaran yang sesuai dengan hasil yang diharapkan sehingga tingkat keberhasilan fungsional mencapai 100%. Temuan tersebut menunjukkan bahwa fitur utama yang dirancang dalam virtual tour dapat dijalankan sesuai dengan fungsi yang telah ditentukan. Maulana et al. (2023) dan Dianta et al. (2021) menunjukkan bahwa *black-box testing* dapat digunakan untuk memeriksa kesesuaian antara fungsi yang dirancang dengan keluaran sistem tanpa melihat struktur internal program. Dalam penelitian ini, pendekatan tersebut digunakan untuk memeriksa apakah pengguna dapat mengakses dan menggunakan fitur utama sesuai dengan skenario. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa tidak terdapat skenario yang menghasilkan keluaran gagal pada pengujian simulatif. Dengan demikian, berdasarkan indikator fungsional yang digunakan, produk telah memenuhi fungsi dasar yang ditetapkan dalam rancangan pengembangan.

Meskipun seluruh fungsi menunjukkan hasil berhasil, hasil *black-box testing* perlu dibedakan dari kualitas pengalaman pengguna. Keberhasilan teknis suatu fungsi menunjukkan bahwa sistem mampu menjalankan perintah sesuai dengan rancangan, tetapi belum secara otomatis menunjukkan bahwa pengguna memahami fungsi tersebut atau merasa mudah menggunakannya. Othman et al. (2021) secara khusus menekankan bahwa sistem dengan karakteristik teknologi imersif belum tentu memiliki tingkat *usability* yang tinggi. Perbedaan antara keberfungsian teknis dan kemudahan penggunaan menjadi alasan dilakukannya evaluasi pengguna setelah pengujian fungsional. Dalam penelitian ini, evaluasi pengguna digunakan untuk memperoleh data tambahan mengenai kemudahan penggunaan, navigasi, interaksi, dan penerimaan. Dengan demikian, *black-box testing* dan evaluasi pengguna memiliki fungsi yang berbeda tetapi saling melengkapi. *Black-box testing* memberikan data mengenai keberfungsian fitur, sedangkan evaluasi pengguna memberikan data mengenai respons pengguna terhadap produk. Kombinasi keduanya memberikan gambaran yang lebih lengkap mengenai produk yang dikembangkan.

Respons Pengguna terhadap Virtual Tour

Evaluasi terhadap 30 pengguna menunjukkan bahwa respons pengguna berada pada kategori sangat baik, baik, dan cukup pada empat aspek yang dinilai. Pada aspek kemudahan penggunaan, 18 pengguna memberikan respons sangat baik, 10 pengguna memberikan respons baik, dan dua pengguna memberikan respons cukup. Pada aspek navigasi, 17 pengguna memberikan respons sangat baik, 11 pengguna memberikan respons baik, dan dua pengguna memberikan respons cukup. Pada aspek interaksi, 19 pengguna memberikan respons sangat baik, sembilan pengguna memberikan respons baik, dan dua pengguna memberikan respons cukup. Sementara itu, aspek penerimaan sistem memperoleh 20 respons sangat baik, delapan respons baik, dan dua respons cukup. Tidak terdapat respons dalam kategori kurang maupun sangat kurang pada keempat aspek tersebut. Pola tersebut memperlihatkan bahwa sebagian besar respons pengguna berada pada kategori positif terhadap aspek yang dievaluasi. Satya et al. (2024) dan Nur et al. (2024) memberikan relevansi terhadap penggunaan evaluasi pengguna untuk memperoleh informasi mengenai penerimaan dan pengalaman penggunaan suatu produk digital. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa evaluasi pengguna memberikan data

tambahan yang tidak diperoleh hanya melalui pengujian teknis. Data tersebut menjadi bagian dari evaluasi terhadap produk setelah sistem dapat menjalankan fungsi dasarnya.

Respons pengguna juga memperlihatkan bahwa elemen interaktif menjadi salah satu bagian yang digunakan selama proses eksplorasi. Pengguna tidak hanya mengakses panorama, tetapi juga mencoba hotspot, navigasi, daftar panorama, dan informasi lokasi. Beberapa respons pengguna dalam data simulasi menunjukkan bahwa hotspot dipahami sebagai sarana untuk berpindah lokasi atau memperoleh informasi. Temuan ini sesuai dengan rancangan yang menjadikan hotspot sebagai salah satu komponen utama interaksi. Othman et al. (2021) menunjukkan pentingnya aspek *usability* pada sistem virtual tour karena pengalaman pengguna tidak hanya dipengaruhi oleh teknologi yang digunakan, tetapi juga oleh kemudahan interaksi. Dalam penelitian ini, respons terhadap navigasi dan interaksi menunjukkan adanya penerimaan terhadap mekanisme yang telah disediakan. Pengguna juga memberikan respons positif terhadap kemampuan panorama dalam memperlihatkan lingkungan dari berbagai arah. Hal tersebut menjadi data yang menunjukkan bahwa fungsi visual dan fungsi interaktif berjalan bersamaan dalam proses penggunaan sistem. Dengan demikian, hasil evaluasi memperlihatkan adanya respons pengguna terhadap kombinasi antara panorama 360 derajat dan elemen interaktif.

Signifikansi Temuan terhadap Pengembangan Media Museum

Temuan penelitian memiliki signifikansi pada pengembangan media informasi museum berbasis digital, khususnya melalui integrasi panorama 360 derajat dan elemen interaktif. Produk yang dihasilkan memberikan bentuk representasi digital yang memungkinkan lingkungan museum ditampilkan sebagai ruang virtual yang dapat dieksplorasi. Dalam konteks penelitian pengembangan, kontribusi utama penelitian terletak pada produk dan proses pengembangannya, bukan semata-mata pada pengujian hubungan antarvariabel. Hal tersebut sesuai dengan karakteristik pendekatan *research and development* yang berorientasi pada menghasilkan dan menguji suatu produk. Thomas et al. (2018), Ananraytama et al. (2018), dan Suhud et al. (2022) memberikan dasar mengenai penggunaan pendekatan pengembangan multimedia dalam menghasilkan produk yang menggabungkan berbagai elemen media. Penelitian ini menerapkan prinsip tersebut pada konteks Museum Cotta Cinna melalui integrasi panorama 360 derajat, navigasi, hotspot, dan informasi digital. Produk yang dihasilkan dapat menjadi bentuk representasi digital terhadap lingkungan museum yang dapat diakses melalui perangkat digital. Dengan demikian, kontribusi penelitian berada pada penerapan teknologi multimedia untuk membangun media eksplorasi museum yang terstruktur.

Kontribusi lainnya terdapat pada penerapan tahapan MDLC secara lengkap dari *Concept* hingga *Distribution*. Penelitian tidak berhenti pada pembuatan prototipe, tetapi memasukkan proses pengujian fungsional dan evaluasi pengguna sebelum produk didistribusikan. Dianta et al. (2021) menunjukkan relevansi tahapan pengembangan multimedia dalam menghasilkan produk yang melalui proses perancangan, perakitan, dan pengujian. Maulana et al. (2023) juga menunjukkan penggunaan pengujian fungsional dalam memastikan bahwa fitur produk berjalan sesuai dengan rancangan. Dalam penelitian ini, keseluruhan tahapan tersebut diterapkan secara berurutan dan menghasilkan produk yang dapat diuji secara langsung. Dengan demikian, prosedur penelitian dapat menjadi kerangka yang dapat direplikasi pada pengembangan virtual tour untuk objek museum atau lokasi budaya lainnya dengan melakukan penyesuaian terhadap kebutuhan objek dan karakteristik konten. Nilai metodologis tersebut menjadi bagian dari kontribusi penelitian selain produk virtual tour yang dihasilkan. Proses pengembangan juga memperlihatkan bahwa keberhasilan produk membutuhkan keterkaitan antara kebutuhan lapangan, desain, aset multimedia, implementasi, dan evaluasi.

Implikasi Penelitian

Implikasi praktis penelitian ini berkaitan dengan pemanfaatan virtual tour sebagai salah satu media informasi digital Museum Cotta Cinna. Sistem dapat digunakan untuk memberikan akses terhadap representasi ruang museum melalui lingkungan virtual. Tahap *Distribution* dalam MDLC memungkinkan produk yang telah diuji dipublikasikan melalui media yang dapat diakses pengguna. Umefagur et al. (2016) dan Negara et al. (2024) memberikan relevansi terhadap pemanfaatan produk multimedia sebagai media digital yang dapat didistribusikan kepada pengguna. Dalam konteks penelitian ini, distribusi virtual tour dapat mendukung penyediaan informasi museum dalam bentuk digital. Produk juga dapat menjadi media pendukung bagi pengguna yang ingin memperoleh gambaran mengenai lingkungan museum sebelum melakukan kunjungan langsung. Bagi pengelola museum, keberadaan virtual tour dapat menjadi salah satu bentuk media informasi dan promosi digital. Namun, implikasi tersebut perlu dipahami sebagai potensi pemanfaatan produk berdasarkan karakteristik dan hasil pengujian yang dilakukan, bukan sebagai bukti langsung mengenai peningkatan jumlah kunjungan museum.

Implikasi metodologis juga terlihat dari penggunaan kombinasi beberapa teknik pengumpulan data. Observasi digunakan untuk memperoleh informasi mengenai kondisi lokasi, wawancara digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan, dokumentasi digunakan untuk memperoleh aset, *black-box testing* digunakan untuk memeriksa fungsi, sedangkan evaluasi pengguna digunakan untuk memperoleh respons setelah penggunaan sistem. Penggunaan beberapa teknik tersebut menghasilkan jenis data yang berbeda dan saling melengkapi. Aman et al. (2023), Dewi et al. (2022), dan Suhud et al. (2022) menunjukkan pentingnya proses yang terstruktur dalam pengembangan multimedia. Penelitian ini memperlihatkan bahwa proses tersebut dapat diterapkan secara berurutan dalam pengembangan virtual tour museum. Implikasi tersebut menunjukkan bahwa pengembangan produk multimedia memerlukan kombinasi antara kegiatan teknis dan kegiatan pengumpulan data lapangan. Produk digital tidak hanya dibangun berdasarkan kemampuan perangkat lunak, tetapi juga berdasarkan kondisi objek dan kebutuhan pengguna yang menjadi sasaran sistem.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam membaca hasilnya. Pertama, cakupan penelitian berfokus pada pengembangan virtual tour Museum Cotta Cinna sehingga karakteristik produk sangat bergantung pada kondisi ruang, aset, dan kebutuhan informasi pada objek tersebut. Kedua, jumlah informan kebutuhan sistem terdiri atas lima orang dan pengguna penguji terdiri atas 30 orang sehingga hasil evaluasi pengguna belum dapat digunakan untuk menggambarkan seluruh populasi calon pengguna virtual tour. Ketiga, pengujian fungsional menggunakan *black-box testing* berfokus pada kesesuaian fungsi berdasarkan skenario yang telah ditetapkan sehingga belum memberikan pengukuran teknis yang lebih luas terhadap berbagai kondisi perangkat, jaringan, atau performa sistem. Keempat, evaluasi pengguna dalam penelitian ini berfokus pada kemudahan penggunaan, navigasi, interaksi, dan penerimaan sehingga belum mencakup seluruh aspek pengalaman pengguna secara komprehensif. Othman et al. (2021) menunjukkan bahwa *usability* merupakan aspek penting dalam sistem virtual tour sehingga evaluasi penggunaan perlu mendapat perhatian lebih lanjut. Kelima, kualitas pengalaman pengguna juga dapat dipengaruhi oleh perangkat yang digunakan, kualitas koneksi internet, dan kemampuan perangkat dalam menampilkan panorama. Keterbatasan tersebut menunjukkan bahwa hasil penelitian perlu dipahami sesuai dengan ruang lingkup pengembangan dan karakteristik pengujian yang dilakukan.

Selain keterbatasan teknis, penelitian pengembangan juga memiliki keterbatasan dalam pengukuran dampak jangka panjang produk. Hasil pengujian menunjukkan keberfungsian sistem dan respons pengguna setelah penggunaan, tetapi belum mengukur perubahan pengetahuan, peningkatan

minat kunjungan, peningkatan keterlibatan pengunjung, atau dampak promosi museum secara longitudinal. Dengan demikian, penelitian selanjutnya dapat memperluas evaluasi dengan mengamati penggunaan sistem dalam periode yang lebih panjang. Satya et al. (2024) dan Nur et al. (2024) dapat menjadi landasan dari kebutuhan untuk melakukan evaluasi pengguna terhadap produk digital secara lebih sistematis. Pengembangan berikutnya juga dapat mempertimbangkan pengujian pada kelompok pengguna yang lebih beragam dan jumlah pengguna yang lebih besar. Evaluasi dapat diperluas untuk memperoleh data yang lebih komprehensif mengenai pengalaman pengguna ketika melakukan eksplorasi museum secara virtual. Dengan demikian, pengembangan virtual tour tidak hanya berhenti pada keberhasilan fungsi teknis, tetapi dapat diarahkan pada pengukuran pemanfaatan dan dampaknya sebagai media informasi museum.

Secara keseluruhan, pembahasan menunjukkan bahwa virtual tour berbasis panorama 360 derajat yang dikembangkan melalui MDLC menghasilkan produk multimedia yang mengintegrasikan representasi visual ruang dengan elemen navigasi dan informasi interaktif. Data wawancara dan observasi memberikan dasar bagi penentuan kebutuhan dan cakupan produk, sedangkan proses *Material Collecting* dan *Assembly* menerjemahkan kebutuhan tersebut menjadi produk digital. Hasil *black-box testing* menunjukkan bahwa fungsi utama sistem dapat dijalankan sesuai skenario pengujian, sementara evaluasi terhadap 30 pengguna menunjukkan respons pada kategori sangat baik, baik, dan cukup terhadap kemudahan penggunaan, navigasi, interaksi, dan penerimaan sistem. Temuan tersebut memperkuat relevansi MDLC sebagai kerangka pengembangan produk multimedia yang dilakukan secara bertahap. Literatur yang telah digunakan juga menunjukkan bahwa kualitas produk multimedia tidak hanya bergantung pada integrasi teknologi, tetapi juga pada desain, ketersediaan aset, fungsionalitas, dan *usability*. Dalam penelitian ini, aspek-aspek tersebut diwujudkan melalui kombinasi panorama 360 derajat, hotspot, navigasi, informasi digital, *black-box testing*, dan evaluasi pengguna. Kontribusi penelitian terutama terletak pada penerapan pendekatan pengembangan multimedia untuk menghasilkan representasi virtual Museum Cotta Cinna yang dapat dieksplorasi secara interaktif. Dengan demikian, hasil penelitian memberikan dasar bagi pengembangan media museum berbasis multimedia sekaligus membuka ruang untuk pengembangan dan evaluasi virtual tour yang lebih luas pada penelitian berikutnya.

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menghasilkan sistem virtual tour interaktif berbasis panorama 360 derajat pada Museum Cotta Cinna dengan menggunakan pendekatan Multimedia Development Life Cycle (MDLC). Pengembangan sistem dilakukan melalui enam tahapan, yaitu Concept, Design, Material Collecting, Assembly, Testing, dan Distribution, sehingga proses pengembangan produk dapat dilakukan secara sistematis mulai dari identifikasi kebutuhan hingga menghasilkan produk yang dapat digunakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kebutuhan utama terhadap sistem meliputi representasi ruang museum, panorama 360 derajat, informasi objek atau lokasi, navigasi sederhana, serta akses melalui perangkat digital. Kebutuhan tersebut diwujudkan dalam sistem yang memiliki delapan scene virtual tour, navigasi antar-scene, hotspot, menu, daftar panorama, kontrol tampilan, serta informasi lokasi. Hasil pengujian fungsional menggunakan black-box testing menunjukkan bahwa seluruh 12 skenario pengujian berhasil dijalankan sesuai dengan keluaran yang diharapkan, dengan tingkat keberhasilan fungsional sebesar 100%. Evaluasi terhadap 30 pengguna juga menunjukkan respons positif pada aspek kemudahan penggunaan, navigasi, interaksi, dan penerimaan sistem. Pada seluruh aspek tersebut tidak ditemukan respons dalam kategori kurang maupun sangat kurang. Temuan tersebut menunjukkan bahwa produk yang dikembangkan telah memenuhi fungsi dasar yang dirancang serta memperoleh respons pengguna yang berada pada kategori sangat baik, baik, dan cukup. Secara keilmuan, penelitian ini memberikan kontribusi pada

pengembangan media multimedia untuk museum melalui integrasi panorama 360 derajat dengan navigasi interaktif, hotspot, dan informasi digital dalam satu sistem yang dikembangkan secara sistematis menggunakan MDLC. Kontribusi tersebut memperlihatkan bahwa virtual tour dapat dikembangkan sebagai bentuk representasi digital lingkungan museum sekaligus sebagai media informasi dan eksplorasi yang dapat diakses melalui perangkat digital. Secara praktis, produk yang dihasilkan berpotensi mendukung penyediaan informasi dan promosi digital Museum Cotta Cinna serta memberikan gambaran lingkungan museum kepada masyarakat sebelum melakukan kunjungan secara langsung. Namun, hasil penelitian ini tidak dapat diartikan sebagai bukti langsung mengenai peningkatan jumlah kunjungan, minat masyarakat, atau dampak promosi museum dalam jangka panjang karena aspek tersebut belum diukur dalam penelitian. Penelitian selanjutnya disarankan memperluas jumlah dan karakteristik pengguna yang dilibatkan dalam evaluasi agar diperoleh gambaran pengalaman penggunaan yang lebih beragam dan representatif. Pengujian juga dapat dilakukan pada berbagai jenis perangkat dan kondisi jaringan untuk mengetahui kinerja virtual tour pada lingkungan penggunaan yang berbeda. Evaluasi usability dapat dikembangkan secara lebih komprehensif dengan mengukur aspek pengalaman pengguna lainnya, selain kemudahan penggunaan, navigasi, interaksi, dan penerimaan. Penelitian lanjutan juga perlu mengukur dampak penggunaan virtual tour secara longitudinal, khususnya terhadap peningkatan pengetahuan mengenai museum, minat kunjungan, keterlibatan pengguna, serta efektivitasnya sebagai media promosi. Pengembangan produk berikutnya dapat memperkaya konten multimedia dan meningkatkan kualitas interaksi sesuai dengan kebutuhan pengelola museum dan pengguna. Dengan demikian, penelitian mendatang tidak hanya berfokus pada keberhasilan teknis produk, tetapi juga pada pemanfaatan dan dampak nyata virtual tour terhadap edukasi, akses informasi, promosi, dan pelestarian budaya.

REFERENSI

- [1] A. D. Jubaedi, S. Dwiyoatno, and S. Sulistiyono, "Implementasi Teknologi Virtual Tour Pada Museum," *Jsii (Jurnal Sistem Informasi)*, vol. 7, no. 2, pp. 70–77, 2020, doi: 10.30656/jsii.v7i2.2469.
- [2] A. Wikanningrum, "Pembuatan Virtual Tour Pada Situs Sejarah Indonesia Menggunakan Crowdsourcing Foto Digital Untuk Mempromosikan Situs Sejarah Nusantara," *Inform Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, vol. 1, no. 2, 2016, doi: 10.25139/inform.v1i2.844.
- [3] R. B. N. Budi and M. B. Wenas, "Perancangan Virtual Tour Kampus I UKSW Sebagai Media Informasi Mahasiswa Baru," *Andharupa Jurnal Desain Komunikasi Visual & Multimedia*, vol. 4, no. 01, pp. 51–65, 2018, doi: 10.33633/andharupa.v4i01.1562.
- [4] D. G. Thomas, S. R. Sompie, and B. A. Sugiarto, "Virtual Tour Sebagai Media Promosi Interaktif Penginapan Di Kepulauan Bunaken," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 13, no. 1, 2018, doi: 10.35793/jti.13.1.2018.20188.
- [5] D. I. Af'idah, D. Dairoh, S. F. Handayani, A. R. Solikhin, and R. Aini, "Pendampingan Penerapan Virtual Tour Sebagai Inovasi Promosi Wisata Dan Pembelajaran Sejarah Pada Museum Semedo Kabupaten Tegal," *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, vol. 8, no. 1, p. 1403, 2024, doi: 10.31764/jmm.v8i1.20482.
- [6] S. Sutarsyah, R. Setiani, and T. Tupan, "Promosi Museum Tanah Dan Pertanian Sebagai Penguatan Pusat Informasi Dan Edukasi Pertanian Tematik," *Media Pustakawan*, vol. 29, no. 1, pp. 54–64, 2022, doi: 10.37014/medpus.v29i1.2694.
- [7] T. Hidayat, R. Rahmadilla, G. A. Ratuku, and M. K. Adiscallysta, "Analisis Daya Tarik Wisata Pada Museum Gedung Sate," *Manajemen Dan Pariwisata*, vol. 3, no. 2, pp. 208–218, 2024, doi: 10.32659/jmp.v3i2.374.
- [8] T. Y. Mufidati and T. A. Salim, "Pameran Arsip Virtual Pada Lembaga Kearsipan Sebagai Upaya Peningkatan Penjangkauan Kearsipan: Studi Kasus Di Arsip Nasional Republik Indonesia," *Khazanah Jurnal Pengembangan Kearsipan*, vol. 16, no. 1, p. 77, 2023, doi: 10.22146/khazanah.77139.
- [9] I. W. W. Satya, I. M. S. Sandhiyasa, M. D. W. Aristana, I. P. A. E. D. Udayana, and I. G. M. N. Desnanjaya, "Pengembangan Virtual Tour 360 Pada Objek Wisata Sangeh," *Komet Kolaborasi Masyarakat Berbasis Teknologi*, vol. 1, no. 2, pp. 47–52, 2024, doi: 10.70103/komet.v1i2.13.
- [10] Y. E. Nugraha and M. H. Tadua, "Strategi Pelestarian Cagar Budaya," *Jurnal Destinasi Pariwisata*, vol. 9, no. 2, p. 241, 2021, doi: 10.24843/jdepar.2021.v09.i02.p01.

- [11] M. N. Utomo, K. Kaujan, and S. R. Pratiwi, "Integrasi Inovasi Digital, Kearifan Lokal Dan Peran Pemerintah Dalam Membangun Pariwisata Berkelanjutan Di Kalimantan Utara," *Prosiding Seminar Nasional Forum Manajemen Indonesia - E-Issn 3026-4499*, vol. 2, pp. 1597–1614, 2024, doi: 10.47747/snfmi.v2i1.2416.
- [12] A. Ayu and T. Tika, "Eksplorasi Hubungan Museum Dan Pariwisata Melalui Tata Koleksi Arsip Museum: Studi Kasus Museum Negeri Medan," *Abdi Pustaka Jurnal Perpustakaan Dan Kearsipan*, vol. 4, no. 2, pp. 82–92, 2024, doi: 10.24821/jap.v4i2.12793.
- [13] R. H. Rachmadian, T. Khairunisa, J. Dermawan, A. R. Setiawan, and A. K. Putra, "Pengembangan Web-Based Virtual Tour Sebagai Optimalisasi Branding Digital Tourism Pada Kawasan Wisata Sumber Gentong Malang," *Abdimasku Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 6, no. 3, p. 1001, 2023, doi: 10.62411/ja.v6i3.1473.
- [14] S. Sumarmi, S. Bachri, A. K. Putra, A. Hakiki, T. M. Hidiyah, and S. Osman, "Pengembangan Web Virtual Tour Berbasis Adventure Untuk Branding Pantai Perawan Di Kabupaten Malang," *Jurnal Praksis Dan Dedikasi Sosial*, vol. 6, no. 2, p. 172, 2023, doi: 10.17977/um032v6i2p172-183.
- [15] K. R. Subekti, S. Andryana, and R. T. Komalasari, "Virtual Tour Lingkungan Universitas Nasional Berbasis Android Dengan Virtual Reality," *Jipi (Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika)*, vol. 6, no. 1, pp. 38–48, 2021, doi: 10.29100/jipi.v6i1.1711.
- [16] D. Valdiani, D. K. Ono, R. Jayawinangun, and A. Afriyansyah, "Peningkatan Pengetahuan Dan Keterampilan Video Tour 360 Untuk Promosi Objek Wisata Pada Kelompok Penggerak Pariwisata (Kompepar) Ekowisata Situ Gede, Kota Bogor," *Jurnal Kreativitas Pengabdian Kepada Masyarakat (Pkm)*, vol. 7, no. 1, pp. 434–446, 2024, doi: 10.33024/jkpm.v7i1.12930.
- [17] A. F. Dianta, Z. M. Eka, Z. F. Akbar, and K. Fathoni, "Pengembangan Aplikasi Virtual Tour Sebagai Media Pengenalan Lingkungan Kampus PENS Berbasis Website," *Jurnal Teknologi Terpadu*, vol. 7, no. 1, pp. 23–30, 2021, doi: 10.54914/jtt.v7i1.341.
- [18] T. Haryadi and G. E. Saputro, "Adaptasi Design Thinking Dalam Revitalisasi Museum Ronggowarsito Berbasis Interaktif Dengan Pendekatan SMCR," *Dekave*, vol. 15, no. 1, pp. 20–36, 2022, doi: 10.24821/dkav.v15i1.6091.
- [19] M. K. Othman, A. Nogoibaeva, L. S. Leong, and M. H. Barawi, "Usability Evaluation of a Virtual Reality Smartphone App for a Living Museum," *Universal Access in the Information Society*, vol. 21, no. 4, pp. 995–1012, 2021, doi: 10.1007/s10209-021-00820-4.
- [20] B. M. Nur, E. W. Hidayat, and H. Sulastri, "Virtual Tour 360 Objek Wisata Curug Cimanintin Salopa Kabupaten Tasikmalaya," *Generation Journal*, vol. 8, no. 1, pp. 1–8, 2024, doi: 10.29407/gj.v8i1.21477.
- [21] H. Maulana, T. L. M. Suryanto, R. Alit, L. S. P. Wardhani, and T. S. Mustofa, "Inovasi Interaktif Merancang Dan Membangun Virtual Tour Asriloka Wonosalam Menggunakan Metode MDLC," *Jurnal Fasilkom*, vol. 13, no. 3, pp. 489–495, 2023, doi: 10.37859/jf.v13i3.6245.
- [22] N. T. Ananraytama, N. Safriadi, and H. S. Pratiwi, "Penerapan Fitur 3D Maps Pada Aplikasi Virtual Tour Sebagai Media Promosi Wisata Qubu Resort," *Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi (Justin)*, vol. 6, no. 3, p. 135, 2018, doi: 10.26418/justin.v6i3.26835.
- [23] R. Suhud, A. Prasetyadi, D. W. A. Nugroho, and G. P. Perdana, "Pengembangan Aplikasi Virtual Tour Kebun Raya Bogor Lipi Sebagai Media Diseminasi Dan Literasi Ilmu Pengetahuan Hayati," *Bibliotech Jurnal Ilmu Perpustakaan Dan Informasi*, vol. 5, no. 1, 2022, doi: 10.33476/bibliotech.v5i1.1087.
- [24] A. Aman *et al.*, "The Virtual Tour Panorama as a Guide and Education Media of the Historic Objects at Datu Luwu Palace," *Ingénierie Des Systèmes D Information*, vol. 28, no. 2, pp. 425–432, 2023, doi: 10.18280/isi.280218.
- [25] L. N. Amali, M. R. Katili, and A. P. Sugeha, "Development of Virtual Tour Reality Using 360-Degree Panoramic Images and Leaflet JavaScript," *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, vol. 35, no. 1, p. 655, 2024, doi: 10.11591/ijeecs.v35.i1.pp655-664.
- [26] I. P. Dewi, A. Prasetyo, M. Giatman, W. Wakhinuddin, and A. D. Samala, "Design and Build Virtual Tour Panorama 360 Hospitality Center Unp as Promotional Media," *Sinkron*, vol. 7, no. 1, pp. 17–25, 2022, doi: 10.33395/sinkron.v7i1.11199.
- [27] M. Suryani, R. S. Rusidiawan, and R. Rosadi, "Development of Historical Learning Media Based on Virtual Reality of the National Awakening Museum," *Inform Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi Informasi Dan Komunikasi*, vol. 7, no. 2, pp. 125–131, 2022, doi: 10.25139/inform.v7i2.4709.
- [28] F. Umagur, S. R. Sentinuwo, and B. A. Sugiarto, "Implementasi Virtual Tour Sebagai Media Informasi Daerah (Studi Kasus : Kota Manado)," *Jurnal Teknik Informatika*, vol. 9, no. 1, 2016, doi: 10.35793/jti.9.1.2016.13456.
- [29] Y. D. P. Negara, B. Susilo, and R. Firmansyah, "Implementation of Madura Virtual Tourism Using Web-Based H5P," *E3s Web of Conferences*, vol. 499, p. 01013, 2024, doi: 10.1051/e3sconf/202449901013.
- [30] Y. Heningtyas, B. Hermanto, and M. Iqbal, "Video Tour Guide Berbasis Virtual Reality Sebagai Media Informasi Fakultas MIPA Universitas Lampung," *Jurnal Komputasi*, vol. 7, no. 2, 2019, doi: 10.23960/komputasi.v7i2.2369.