



Seminar Nasional Ilmu Teknik dan Aplikasi Industri (SINTA)

Homepage: sinta.eng.unila.ac.id



Pengembangan *Virtual Tour* pada *Prototype* Lunjuk Balak Buay Subing Terbanggi Besar Menggunakan Teknologi *360-Degree Panoramic View*

P Kurniawan^{a,b*}, MSY Wibawa^b, MF Faris^b, PJ Megawati^b, AB Adrian^b

^aMahasiswa Jurusan Doktor Ilmu Lingkungan Universitas Lampung, Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung 35145

^bDosen Jurusan Arsitektur Universitas Lampung, Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No. 1, Bandar Lampung 35145

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Riwayat artikel:

Diterima 10/11/2025

Direvisi 15/12/2025

Kata kunci:

Lunjuk

Cakak Pepadun

Arsitektur Lampung

Pelestarian Teknologi Digital

Virtual Tour

360 Derajat

Penelitian ini bertujuan mengembangkan media pelestarian berbasis teknologi imersif melalui perancangan *virtual tour* dengan tampilan *360-degree panoramic view* untuk merepresentasikan arsitektur Lunjuk Balak milik Buay Subing di Terbanggi Besar, Lampung. Lunjuk merupakan elemen utama dalam upacara Cakak Pepadun yang memiliki nilai simbolik tinggi, namun bersifat temporer sehingga kurang terdokumentasikan, baik secara arsitektural maupun digital. Kondisi ini menjadikan bentuk, fungsi, dan makna Lunjuk sangat rentan mengalami kepunahan dalam konteks sosial budaya. Untuk menjawab tantangan tersebut, penelitian ini menerapkan pemodelan 3D terhadap struktur dan elemen simbolik Lunjuk yang kemudian diintegrasikan ke dalam *virtual tour* interaktif berbasis *360-degree panoramic view*. Teknologi ini memungkinkan pengguna mengeksplorasi ruang, material, struktur, serta konteks ritual Lunjuk secara visual dan spasial melalui platform digital yang dapat diakses secara luas. Hasil penelitian berupa *prototype virtual tour* berbasis web dan perangkat bergerak yang menyajikan representasi arsitektural beserta informasi naratif dan interpretatif pada tiap komponennya. Secara keseluruhan, temuan penelitian menunjukkan bahwa pendekatan imersif berbasis teknologi digital dapat menjadi alternatif efektif untuk pelestarian dan edukasi arsitektur tradisional, sekaligus memperkuat peran arsitektur sebagai medium naratif yang menghubungkan bentuk ruang, nilai budaya, dan pengalaman kolektif masyarakat.

1. Pendahuluan

Lunjuk merupakan elemen sentral dalam adat Lampung Pepadun, khususnya pada prosesi Cakak Pepadun sebagai upacara penobatan gelar adat yang sarat makna simbolik dan spiritual. Secara arsitektural, Lunjuk berbentuk panggung segi empat dengan lima hingga sembilan tiang yang merepresentasikan kayu ara atau pohon hayat sebagai simbol kehidupan. Berbagai ornamen yang menghiasi strukturnya mencerminkan pandangan masyarakat adat mengenai keseimbangan sosial dan spiritual. Namun, keberadaan Lunjuk yang

bersifat temporer serta minimnya dokumentasi teknis maupun digital menyebabkan akses pengetahuan generasi muda terhadap nilai arsitektural dan kulturalnya semakin terbatas.

Perkembangan teknologi digital memberikan peluang untuk memperkuat pelestarian budaya melalui media imersif. *Virtual tour* berbasis teknologi *360-degree panoramic view* memungkinkan representasi ruang yang lebih komprehensif secara visual, spasial, dan naratif. Pengembangan *prototype* digital Lunjuk Balak Buay Subing di Terbanggi Besar menjadi upaya

* P Kurniawan

E-mail: panji.kurniawan@eng.unila.ac.id

strategis untuk menghadirkan kembali pengetahuan budaya tersebut sekaligus mengatasi keterbatasan akses fisik terhadap ruang adat.

Penelitian ini bertujuan merancang dan mengembangkan *prototype virtual tour 360-degree panoramic view* yang mampu merepresentasikan arsitektur Lunjuk secara akurat dan imersif, memperkuat pemahaman terhadap nilai simbolik dan budaya dalam konteks Cakak Pepadun, serta mengidentifikasi tantangan teknis dan kultural dalam proses digitalisasi arsitektur tradisional. Selain itu, penelitian ini diarahkan untuk menghasilkan media edukasi dan promosi budaya yang mudah diakses oleh masyarakat luas, khususnya generasi muda.

Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan teknologi imersif dalam dokumentasi digital Lunjuk, yang selama ini belum banyak direpresentasikan secara sistematis. Integrasi makna simbolik, konteks ritual, dan visualisasi arsitektural dalam satu *platform* interaktif menjadi kontribusi penting bagi pelestarian budaya Lampung serta memperkaya kajian arsitektur tradisional Indonesia.

2. Metodologi

2.1. Alat dan bahan

Penelitian ini memanfaatkan beberapa perangkat untuk menunjang proses dokumentasi, pemodelan digital, dan integrasi virtual tour berbasis 360-Degree *Panoramic View*. Peralatan yang digunakan meliputi:

1. **Komputer pengolah grafis**, dengan spesifikasi CPU Intel® Core™ i7-13700K @5.4 GHz, RAM DDR5 6400 MHz, dan GPU Nvidia MSI RTX 3080 10 GB VRAM untuk proses pemodelan 3D dan rendering visual.
2. **Kamera DSLR** beresolusi minimal 24.2 MP DX-Format CMOS Sensor, dengan kemampuan perekaman Full HD 1080p untuk dokumentasi foto dan video detail arsitektur Lunjuk.
3. **Ricoh Theta SC2 360 Camera**, CMOS 1/2.3 sensor ganda, resolusi 4K, penyimpanan internal 14 GB, digunakan untuk pengambilan citra panorama 360°.
4. **Invisible selfie stick dan tripod**, untuk menjaga stabilitas pengambilan gambar 360°.
5. **Laser distance meter**, untuk mengukur dimensi arsitektural Lunjuk secara presisi.

Selain peralatan fisik, penelitian ini memanfaatkan perangkat lunak *SketchUp* untuk pemodelan 3D dan platform integrasi **360-degree panoramic viewer** dalam membangun *prototype virtual tour*.

2.2. Prosedur percobaan

Metodologi penelitian disusun untuk menggabungkan kajian budaya Lunjuk Balak Buay Subing & pengembangan representasi digital berbasis *virtual tour*. Prosedur penelitian meliputi beberapa tahapan berikut:

a. Studi pendahuluan

Tahap awal dengan mengidentifikasi isu pelestarian Lunjuk dalam konteks budaya Lampung Pepadun dan melakukan kajian literatur terkait arsitektur tradisional, nilai simbolik adat, serta penggunaan teknologi digital untuk pelestarian budaya. Studi ini memperkuat dasar konseptual dan menentukan arah penelitian.

b. Pengumpulan data

Pengumpulan data dilakukan melalui 3 teknik utama;

- Observasi lapangan, untuk memperoleh dokumentasi foto, video, panorama 360°, serta pengukuran visual struktur Lunjuk Balak.
- Wawancara mendalam, dengan penyimbang adat & tokoh masyarakat terkait makna simbolik, fungsi, peran Lunjuk dalam upacara Cakak Pepadun.
- Studi dokumentasi, mencakup arsip adat, literatur budaya, dan penelitian terdahulu.

c. Analisis dan sintesis data

Data dianalisis secara kualitatif dengan pendekatan budaya dan teknologis. Analisis berfokus pada:

- Hubungan antara bentuk arsitektur Lunjuk dan nilai budaya Lampung Pepadun.
- Transformasi bentuk fisik ke dalam pemodelan digital 3D tanpa menghilangkan unsur simbolik.

Hasil analisis digunakan sebagai dasar penyusunan konsep *prototype virtual tour*.

d. Pengembangan prototype digital

Proses ini meliputi pemodelan 3D Lunjuk berdasarkan data lapangan, rendering visual, serta integrasi citra 360° ke dalam sistem *panoramic view*. Tahap ini menghasilkan *virtual tour* yang dapat diakses secara interaktif dengan navigasi yang intuitif.

e. Evaluasi *prototype*

Evaluasi dilakukan melalui:

- Validasi budaya, melibatkan tokoh adat untuk menilai kesesuaian representasi budaya.
- Validasi teknis, meliputi kualitas visual, kemudahan navigasi, dan pengalaman pengguna.

Hasil evaluasi digunakan untuk penyempurnaan *prototype* sebelum disusun dalam artikel.

2.3. Analisis

Analisis penelitian ini menyoroti keterkaitan antara makna arsitektural lunjuk, fungsi ritual Cakak Pepadun, dan penerapan teknologi *virtual tour 360°* sebagai media pelestarian budaya masyarakat Lampung Pepadun. Lunjuk dipahami tidak hanya sebagai struktur

panggung adat, tetapi sebagai simbol pohon hayat yang merepresentasikan keseimbangan dan kesinambungan hidup. Dengan posisi panggung yang ditinggikan dan ditopang tiang ganjil, lunjuk menjadi ruang sakral yang menegaskan legitimasi sosial, hierarki adat, serta identitas kolektif masyarakat.

Prosesi Cakak Pepadun yang berlangsung di atas lunjuk berfungsi sebagai mekanisme formal dalam stratifikasi sosial, di mana pemberian gelar adat menandai transformasi status seseorang dalam struktur adat. Upacara ini juga memperlihatkan akulturasi antara adat dan nilai-nilai Islam, sehingga pengukuhan status tidak hanya memiliki makna sosial, tetapi juga tanggung jawab moral dan spiritual. Keterkaitan antara lunjuk dan Cakak Pepadun menunjukkan bahwa arsitektur tradisional dan ritual adat merupakan satu kesatuan simbolik yang tidak dapat dipisahkan dalam menjaga kesinambungan budaya.

Dalam konteks pelestarian, analisis menunjukkan bahwa modernisasi dan terbatasnya akses generasi muda terhadap upacara adat menjadi ancaman terhadap

keberlanjutan tradisi. Teknologi *virtual tour* 360° menawarkan solusi yang mampu merepresentasikan struktur, ruang, & simbolis lunjuk secara komprehensif. Berdasarkan penelitian terdahulu, *virtual tour* terbukti efektif meningkatkan pemahaman, keterlibatan visual, serta pengalaman pengguna terhadap situs budaya. Penerapannya pada Lunjuk Balak Buay Subing memungkinkan penyajian narasi adat, navigasi interaktif, serta akses yang lebih luas bagi masyarakat, sehingga berfungsi sebagai media edukasi dan dokumentasi non-fisik yang relevan dengan kebutuhan pelestarian budaya masa kini.

Dari hasil analisis ini dapat disimpulkan bahwa integrasi teknologi digital berbasis 360° *panoramic view* memberikan kontribusi signifikan dalam mempertahankan nilai budaya lunjuk dan Cakak Pepadun. Penelitian ini sekaligus mengisi celah penelitian terkait pelestarian arsitektur adat Lampung melalui pendekatan imersif, serta menawarkan model pelestarian yang dapat dikembangkan untuk warisan budaya lainnya di Indonesia.

3. Hasil dan pembahasan

3.1 Hasil Pengumpulan dan Analisis Data

Berdasarkan hasil analisis kondisi eksisting Lunjuk Balak Buay Subing Terbanggi Besar, dapat disimpulkan bahwa bentuk dan fungsi lunjuk mengalami adaptasi terhadap perkembangan sosial dan kebutuhan masyarakat. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan upaya perancangan ulang (*re interpretation design*) untuk menghadirkan bentuk lunjuk ideal yang mampu merepresentasikan nilai-nilai arsitektur tradisional Lampung.

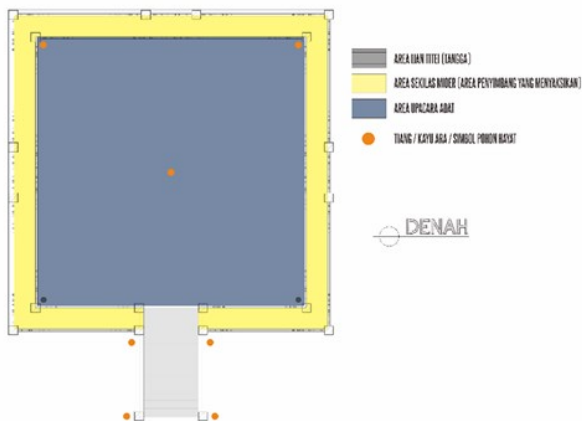
3.2 Penyesuaian Dimensi dan Skala

Dalam pengembangan prototype digital, ukuran lunjuk dibuat lebih besar dari ukuran eksisting dengan tujuan untuk memberikan ruang visual yang lebih luas dalam konteks eksplorasi arsitektural dan interaktif. Skala yang lebih besar memungkinkan pengunjung virtual untuk memahami detail konstruksi, tata ruang, serta makna simbolik dari setiap elemen arsitektural lunjuk. Dimensi ideal ini disusun berdasarkan interpretasi terhadap fungsi simbolik lunjuk sebagai pusat prosesi adat dan tempat penobatan, di mana ruang dan bentuknya harus mampu mencerminkan nilai kebesaran dan kehormatan adat. Proporsi panggung dan ketinggian tiang disesuaikan agar tetap selaras dengan prinsip arsitektur tradisional Lampung yang menonjolkan keseimbangan, keteraturan, dan keharmonisan bentuk.

3.3 Zonasi dan Elemen Ruang

Dalam rancangan ideal ini, lunjuk difokuskan sebagai elemen tunggal yang merepresentasikan fungsi upacara adat, tanpa mengintegrasikan zona pelaksanaan Cakak Pepadun atau area merwatin. Pendekatan ini bertujuan untuk menonjolkan nilai arsitektur dan simbolisme lunjuk sebagai objek budaya, bukan sebagai kompleks ritual utuh. Elemen ruang yang diperhatikan meliputi:

1. **Panggung utama** sebagai area kegiatan prosesi adat.
2. **Tangga naik** yang menjadi simbol transisi dari dunia profan menuju dunia sakral.
3. **Tiang dan struktur bawah panggung** sebagai elemen yang menegaskan kekuatan simbol kayu ara (pohon kehidupan).
4. **Sekilas Mider** adalah area berdiri penyimbang yang menyaksikan upacara adat dilaksanakan.



Gambar 1. Zonasi

3.4 Visualisasi Digital dan Representasi Arsitektural

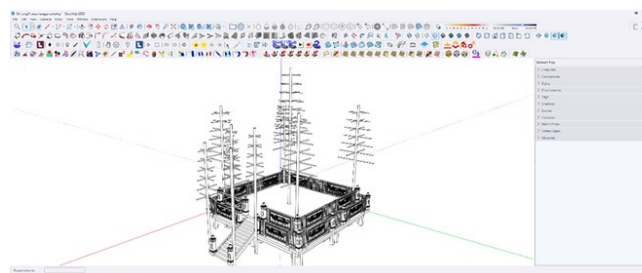
Desain lunjuk ideal ini kemudian dikembangkan dalam bentuk model digital tiga dimensi menggunakan teknologi *360-degree panoramic view*. Melalui pendekatan ini, pengguna dapat melakukan eksplorasi virtual terhadap lunjuk secara interaktif, baik dari sisi luar maupun dalam, sehingga pengalaman ruang dan simbol budaya dapat tersampaikan dengan lebih kuat. Teknologi ini juga memungkinkan integrasi antara visualisasi arsitektur dan narasi budaya, menjadikan lunjuk virtual sebagai media pembelajaran sekaligus pelestarian budaya yang efektif di era digital. 4.3. Tahapan Teknis Pengembangan Virtual Tour Prototype Proses pengembangan Virtual Tour pada Prototype Lunjuk Balak Buay Subing Terbanggi Besar dilakukan melalui beberapa tahapan teknis yang saling berkesinambungan, mulai dari tahap persiapan data hingga proses uji tampilan hasil akhir. Pendekatan ini menggunakan metode berbasis digital design workflow yang mengintegrasikan perangkat lunak permodelan tiga dimensi dan teknologi tampilan panorama 360 derajat untuk menghasilkan pengalaman virtual yang imersif.

3.5 Persiapan Data dan Referensi Visual

Tahap awal dimulai dengan proses pengumpulan data melalui dokumentasi lapangan, wawancara dengan tokoh adat, serta studi literatur mengenai fungsi, bentuk, dan simbolisme Lunjuk dalam konteks masyarakat Lampung Pepadun. Data visual berupa foto eksisting, sketsa denah, dan dokumentasi video digunakan sebagai dasar untuk menyusun ulang proporsi dan struktur Lunjuk dalam bentuk prototype digital. Selain itu, referensi material dan elemen arsitektural juga diperoleh dari observasi lapangan dan hasil wawancara guna memastikan keakuratan desain yang merepresentasikan makna budaya.

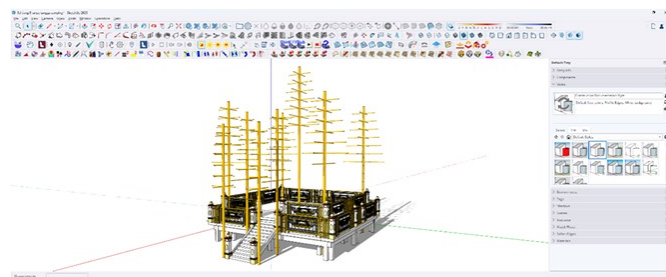
3.6 Pemodelan 3D Prototype

Lanjut Tahap selanjutnya adalah pemodelan tiga dimensi menggunakan perangkat lunak SketchUp sebagai platform utama untuk membangun model arsitektur *Lunjuk*. Dalam model ini, struktur Lunjuk dirancang dengan komposisi material beton pada bagian pondasi dan kaki panggung, untuk memperkuat kesan permanen serta menjawab isu ketahanan bangunan. Sementara itu, tiang utama yang merepresentasikan Kayu Ara atau Pohon Hayat diwujudkan melalui material pipa besi berdiameter menengah sebagai simbol kekuatan dan kontinuitas budaya dalam konteks modern.



Gambar 2. Pembuatan 3d Model dengan Software SketchUp

Pemberian Material, Tekstur, dan Pencahayaan Tahap ini dilakukan untuk memperkuat kesan visual dan realisme model 3D. Proses texturing dan pengaturan pencahayaan menggunakan perangkat Lumion guna menghasilkan komposisi visual yang mendekati kondisi nyata. Material logam pada tiang, permukaan kayu pada lantai panggung, serta elemen pagar dan tangga dimodelkan dengan pendekatan fotorealistis agar pengguna dapat merasakan atmosfer arsitektur Lunjuk secara lebih nyata melalui virtual environment.



Gambar 3. Setting Material ID Menggunakan Software SketchUp



Gambar 4. Teksturing dan lighting Menggunakan Software Lumion



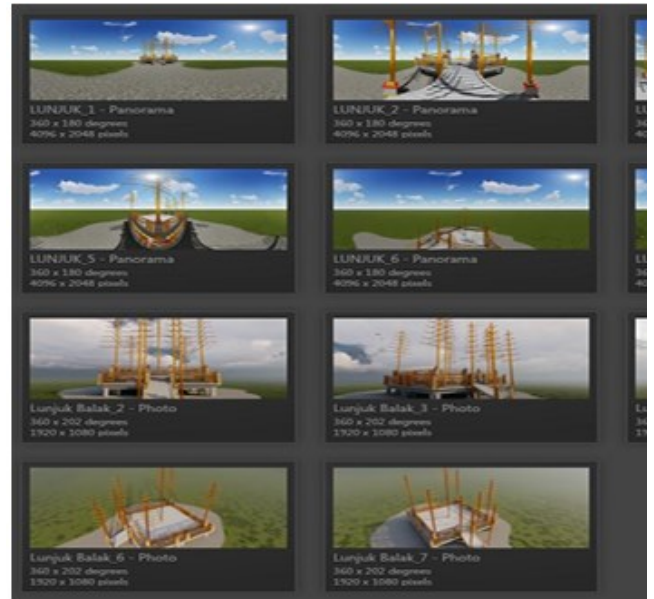
Gambar 5. Teksturing dan lighting Menggunakan Software Lumion

3.7 Rendering dan Pembuatan Panorama 360°

Hasil akhir dari proses pemodelan kemudian dirender dalam format 360-degree panoramic view. Setiap titik pandang utama (viewpoint) dipilih berdasarkan orientasi visual pengguna terhadap elemen arsitektur penting seperti tangga masuk, area tengah panggung, dan perspektif keseluruhan bangunan. Rendering panorama ini memungkinkan pengguna untuk melakukan navigasi interaktif dan eksplorasi ruang secara bebas dalam lingkungan digital.



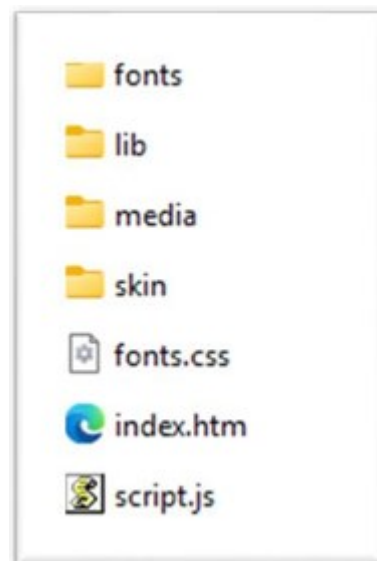
Gambar 6. Render dalam format 360°



Gambar 7. Beberapa Viewpoint Pilihan

3.8 Integrasi Virtual Tour

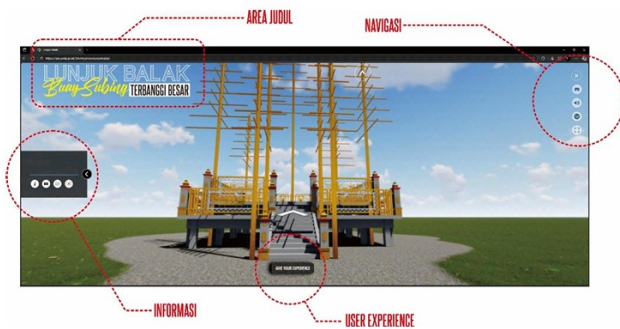
Selanjutnya, hasil panorama 360° diintegrasikan ke dalam platform Virtual Tour berbasis web sebagai media publikasi digital. Melalui platform ini, pengguna dapat mengakses model Lunjuk secara daring dengan kontrol navigasi yang intuitif, mencakup rotasi pandang, zoom, dan perpindahan antar titik pandang. Tahap ini menjadi kunci dalam menjembatani antara hasil desain arsitektural dengan media edukatif digital yang dapat diakses oleh masyarakat luas. Adapun link untuk mengakses Virtual Tour ini adalah : <https://ars.unila.ac.id/3dvirtualviewlunjukbalak/>



Gambar 8. File yang Diunggah ke Database Website

3.9 Pengujian dan Evaluasi Prototype

Tahap akhir adalah pengujian tampilan Virtual Tour melalui uji pengguna (*user testing*) terhadap sejumlah responden yang terdiri dari mahasiswa arsitektur, dosen, serta masyarakat adat Lampung. Evaluasi dilakukan berdasarkan aspek *user experience*, kejelasan informasi arsitektural, kemudahan navigasi, serta persepsi manfaat terhadap pelestarian budaya. Hasil survei ini kemudian dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif untuk mengukur efektivitas Virtual Tour sebagai media pembelajaran dan pelestarian digital warisan arsitektur tradisional.



Gambar 9. Antar Muka Virtual Tour Prototype Lunjuk Balak Buay Subing Terbanggi Besar



Gambar 10. Antar Muka *User Experience* diarahkan menuju Platform Google Form

Dari hasil uji coba terhadap 30 responden yang terbagi ke dalam tiga kelompok di atas, diperoleh hasil berikut:

- Kualitas visual dan kejelasan detail (V1): skor rata-rata 4,7 – menunjukkan bahwa model 3D memiliki tingkat realisme tinggi dan mampu menampilkan karakter material permanen dengan baik (kombinasi beton, kayu, dan pipa besi).
- Kemudahan navigasi dan interaktivitas (V2): skor rata-rata 4,5 – navigasi dalam tampilan 360° mudah digunakan dan memberikan pengalaman eksplorasi yang imersif.
- Relevansi simbolik dan makna adat (V3): skor rata-rata 4,3 – sebagian besar responden dari kalangan adat menganggap representasi simbolik Kayu Ara sebagai Pohon Hayat telah sesuai.
- Daya edukasi dan pemahaman budaya (V4): skor rata-rata 4,6 – visualisasi dianggap efektif sebagai media pembelajaran bagi mahasiswa maupun masyarakat umum.
- Manfaat terhadap pelestarian nilai arsitektur tradisional (V5): skor rata-rata 4,8 – mayoritas responden menilai virtual tour ini berpotensi memperkuat dokumentasi dan pelestarian Lunjuk dalam konteks digital.

3.10 Hasil Uji Coba

4. Kesimpulan

Pengembangan prototype *virtual tour* berbasis teknologi 360-degree panoramic view sebagai media pelestarian dan edukasi budaya, yang tidak hanya menggambarkan aspek fisik Lunjuk, tetapi juga mengaitkan nilai kultural, arsitektural, dan teknologi digital sebagai landasan utama analisis. Melalui pendekatan imersif dan interaktif, virtual tour ini menjadi sarana edukatif yang efektif dalam memperkenalkan arsitektur tradisional kepada generasi muda dan masyarakat luas, sekaligus menunjukkan potensi besar pengembangan arsitektur digital kontekstual di lingkungan akademik. Penelitian ini juga menyoroiti pergeseran praktik masyarakat dari penggunaan Lunjuk temporer menuju pembangunan fasilitas adat yang lebih permanen sebagai bentuk penguatan identitas budaya. Secara keseluruhan, dokumentasi virtual ini memberikan kontribusi nyata bagi pelestarian digital warisan budaya Lampung dan membuka peluang penelitian lanjutan dalam bidang digital heritage architecture. Ucapan terima kasih

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kami sampaikan kepada Fakultas Teknik Sipil Universitas Lampung atas dukungan pendanaan kegiatan pengabdian ini melalui DIPA Fakultas Teknik Universitas Lampung serta kepada seluruh responden mahasiswa arsitektur, dosen, serta masyarakat adat Lampung selama proses pelaksanaan kegiatan.

Daftar Pustaka

- Abidin, R., Suryani, N., & Sariyatun, . (2020). Students' Perceptions of 360 Degree Virtual Tour-Based Historical Learning About The Cultural Heritage Area of The Kapitan and Al-Munawar Villages in Palembang City. *International Journal of Social Sciences and Management*, 7(3), 105–112. <https://doi.org/10.3126/ijssm.v7i3.29764>
- Aicardi, I., Chiabrande, F., Lingua, A. M., & Noardo, F. (2018). Recent trends in cultural heritage 3D survey: The photogrammetric computer vision approach. *Journal of Cultural Heritage*, 32, 257–266. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2017.11.006>
- Chang, E., Li, Y., Cai, S., & Leow, F. T. (2020). The effects of VR environments on the acceptance, experience, and expectations of cultural heritage learning. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 13(1), 1–21. <https://doi.org/10.1145/3352933>
- Chang, E., & Hsu, C. (2015). Virtual reality and cultural heritage preservation: A review. *Journal of Digital Heritage*, 6(2), 120–130.
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Harahap, M. (2018). *Adat Lampung Pepadun: Kajian tradisi dan maknanya*. Pustaka Lampung.
- Karlina, N. H., & Nugraha, A. B. (2022). Designing a Video-Based Panorama 360 Virtual Tour at the Sri Baduga Museum in Bandung as a Media for History and Culture Learning for Middle and High School Students in the City of Bandung. *ArtComm : Jurnal Komunikasi Dan Desain*, 5(1), 45– 57. <https://doi.org/10.37278/artcomm.v5i1.499>
- Nielsen, J. (2012). *Usability engineering* (Revised ed.). Morgan Kaufmann.
- Preece, J., Rogers, Y., & Sharp, H. (2015). *Interaction design: Beyond human–computer interaction* (4th ed.).
- P. Kurniawan, N. Ifadianto, and A. Cahyo Nugroho, “Web-Based Interactive Virtual Tour as an Information Media and Introduction to Post-Pandemic Lecture Buildings at Universitas Lampung”, *JESR*, vol. 4, no. 2, pp. 94– 99, Dec. 2022. <https://doi.org/10.23960/jesr.v4i2.115>
- Sari, D. A., & Kurniawan, R. (2020). Makna filosofis Lunjuk dalam upacara adat Lampung. *Jurnal Kebudayaan Nusantara*, 12(3), 45–56.
- Wang, J., & Lindeman, R. (2015). Coordinated hybrid virtual environments: Seamless interaction contexts for effective virtual reality. *Computers & Graphics*, 48, 71–83. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2015.02.007>
- Wang, L. (2018). Application of virtual reality technology in the inheritance of cultural heritage. *Journal of Physics: Conference Series*, 1087(6), 062057. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1087/6/062057>
- Yang, R., Li, Y., Wang, Y., Zhu, Q., Wang, N., Song, Y., Tian, F., & Xu, H. (2024). Enhancing the sustainability of intangible cultural heritage projects: Obtaining efficient digital skills preservation through binocular half panoramic VR maps. *Sustainability*, 16(13), 5281. <https://doi.org/10.3390/su16135281>
- Zheng, H., Chen, L., Hu, H., Wang, Y., & Wei, Y. (2024). Research on the digital preservation of architectural heritage based on virtual reality technology. *Buildings*, 14(5), 1436. <https://doi.org/10.3390/buildings14051436>