

# Rekonstruksi Bangunan Candi Gebang Berbasis 3D Menggunakan Teknik Fotografi 360<sup>0</sup>

Yogi Piskonata<sup>1,a)</sup> dan Agung Pambudi<sup>2,b)</sup>

<sup>1,2)</sup>Prodi Informatika, Universitas Amikom Yogyakarta  
Jl. Ringroad Utara, Sleman, 55282, Indonesia

<sup>a)</sup> Corresponding author: [yogi@amikom.ac.id](mailto:yogi@amikom.ac.id)  
<sup>b\*)</sup> [pambudia@amikom.ac.id](mailto:pambudia@amikom.ac.id)

**Abstract.** Cultural heritage documentation is a legacy for future generations that can be stored in the form of digital archives. Digital archives allow information about this cultural heritage to be easily accessed by anyone in the future. That way, the historical value and uniqueness of cultural heritage can be maintained and studied by future generations temple shows the technological ability of ancient people to build magnificent buildings even though they have few resources. Temples in Indonesia are historical relics of Hindu-Buddhism that function as places of worship. The protection and rescue of Cultural Heritage, especially the existence of temples, is supported by investigations. This is done to avoid changing its authenticity. The temple building is recorded both verbally and pictorially, including by using photographs. One method to record the existence of a temple is to make a three-dimensional model using 360-degree photography techniques. Then, from the resulting collection of photos, a scanning process is carried out with the help of software, which produces a three-dimensional picture of the temple. The purpose of this research is to reconstruct the Gebang Temple based on 3D using 3600 photography techniques. The results of this research are used as digital archive documents for future generations, as an effort to preserve cultural heritage, especially temple buildings. The research methods used are Observation, Visual Data Collection, Document Analysis, and Interviews with Experts. The results of the study show that the results of digitalization are quite good in terms of brightness.

**Keywords:** Documentation, Gebang Temple, 3D Model, 360-degree Photography

**Abstraksi.** Dokumentasi cagar budaya adalah warisan untuk generasi mendatang yang dapat disimpandalam bentuk arsip digital. Arsip digital memungkinkan informasi mengenai cagar budaya tersebut dapat diakses dengan mudah oleh siapa pun di masa depan. Dengan begitu, nilai historis dan keunikan cagar budaya dapat tetap terjaga dan dipelajari oleh generasi mendatang. Candi menunjukkan kemampuan teknologi masyarakat zaman dahulu untuk membangun bangunan megah meskipun memiliki sedikit sumber daya. Candi-candi di Indonesia adalah peninggalan sejarah agama Hindu-Buddha yang berfungsi sebagai tempat ibadah. Perlindungan dan penyelamatan Cagar Budaya, terutama keberadaan candi, didukung oleh penyelidikan. Ini dilakukan untuk menghindari perubahan keasliannya. Bangunan candi dicatat baik secara verbal maupun piktoral, termasuk dengan menggunakan foto. Salah satu metode untuk mencatat keberadaan sebuah candi adalah dengan membuat model tiga dimensi menggunakan teknik fotografi 360 derajat. Kemudian, dari kumpulan foto yang dihasilkan, dilakukan proses scanning dengan bantuan software, yang menghasilkan gambaran candi berbasis tiga dimensi. Adapun tujuan penelitian ini adalah merekonstruksi candi gebang berbasis 3D menggunakan teknik fotografi 3600. Hasil penelitian ini digunakan sebagai dokumen arsip digital bagi generasi yang akan datang, sebagai upaya pelestarian warisan budaya terutama bangunan Candi. Adapun metode penelitian yang digunakan adalah Observasi,

Pengumpulan data visual, Analisis dokumen dan Wawancara kepada ahli. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil digitalisasi cukup baik dari sisi kecerahannya.

**Kata kunci :** Dokumentasi, Candi Gebang, Model 3D, Fotografi 360 derajat.

## PENDAHULUAN

Dokumentasi cagar budaya adalah warisan untuk generasi mendatang yang dapat disimpandalam bentuk arsip digital. Arsip digital memungkinkan informasi mengenai cagar budaya tersebut dapat diakses dengan mudah oleh siapa pun di masa depan. Dengan begitu, nilai historis dan keunikan cagar budaya dapat tetap terjaga dan dipelajari oleh generasi mendatang. Adanya dokumentasi digital juga memungkinkan untuk dilakukan restorasi atau rekonstruksi cagar budaya jika diperlukan di masa depan. Arsip digital ini dapat berupa foto, video, teks, dan rekaman suara yang merekam keberadaan dan nilai-nilai budaya dari cagar budaya tersebut. Dengan adanya dokumentasi ini, generasi mendatang dapat mempelajari dan memahami warisan budaya yang dimiliki oleh bangsa ini tanpa harus mengunjungi langsung lokasi cagar budaya tersebut. Selain itu, arsip digital juga dapat menjadi sumber informasi yang berguna bagi peneliti, akademisi, dan masyarakat umum yang tertarik untuk mempelajari sejarah dan budaya Indonesia [1]. Dokumentasi menjadi penting bagi perjalanan suatu bangsa karena dokumen warisan budaya berfungsi sebagai jembatan untuk memperpanjang ingatan kolektif bangsa tentang kegiatan, peraturan, dan pelaku sejarah yang terkait dengan warisan budaya. Dokumentasi keberadaan warisan budaya sangat penting untuk pelestarian dan pengelolaan warisan budaya. Data tentang cagar budaya dapat dimanfaatkan dan diakses oleh generasi berikutnya jika dokumen lengkap, seperti deskripsi, gambar, foto dan film [2].

Dokumentasi cagar budaya, seperti bangunan candi, sangat menguntungkan ketika dilakukan dalam bentuk arsip digital. Dokumentasi cagar budaya dapat disimpan dan diwariskan kepada generasi berikutnya sebagai arsip digital. Proses ini tidak hanya berfungsi sebagai pengingat tentang keberadaan suatu cagar budaya, tetapi juga sebagai upaya nyata untuk menjaga keberlangsungan dan keberadaan warisan budaya tersebut. Teknologi yang digunakan untuk mendokumentasikan cagar budaya sangat beragam, mulai dari tulisan hingga gambar dan foto. Dalam penelitian dengan mengambil contoh bangunan Candi Gebang. Salah satu candi Hindu, Candi Gebang, diyakini dibangun sekitar abad ke-8 Masa Sanjaya, selama pemerintahan Kerajaan Mataram Kuno. Situs candi ini berada di Dusun Gebang, Jetis Wedomartani Ngemplak, Kabupaten Sleman, DIY. Bangunan candi terletak di atas tanah seluas 2.260 meter persegi, dengan luas sekitar 27,56 meter persegi. Candi Gebang memiliki ukuran 6,26 x 5,25 meter dan tinggi sekitar 7,75 meter. Penelitian mengambil contoh bangunan Candi Gebang, merupakan salah satu candi Hindu. Candi Gebang, diyakini dibangun sekitar abad ke-8 Masa Sanjaya, selama pemerintahan Kerajaan Mataram Kuno (Cetra, n.d.) . Situs candi ini berada di Dusun Gebang, Jetis Wedomartani Ngemplak, Kabupaten Sleman, DIY. Bangunan candi terletak di atas tanah seluas 2.260 meter persegi, dengan luas sekitar 27,56 meter persegi. Candi Gebang memiliki ukuran 6,26 x 5,25 meter dan tinggi sekitar 7,75 meter (Purwantari, n.d.) . Dalam penelitian ini, digunakan teknologi fotografi dan laser scan untuk mendokumentasikan kemunculan Candi Gebang. Karena kemajuan teknologi, arkeolog sekarang dapat membuat model 3D struktur lilin yang akurat dan melacak perubahan kondisi fisik mereka dari waktu ke waktu. Selain itu, dokumentasi visual memungkinkan peneliti untuk belajar tentang arsitektur dan ornamen rumit yang ditemukan di Candi Gebang dengan cara yang lebih rinci dan komprehensif. Semua ini membantu upaya pedagogis dan pemahaman yang lebih dalam tentang keadaan pertempuran agama saat ini.

Candi ini terdiri dari induk bangunan, serambi ruang, dan perwara ruang. Dinding candi terbuat dari merah batu yang diiris dengan teknik berundak susun Desain arsitektur ini menonjolkan gaya tradisional Hindu Jawa Kuno, menggunakan figur relief yang menonjolkan seluk-beluk bangunan. Selain itu, ada juga cerita di dalam cerita yang menggambarkan epik Hindu seperti Ramayana dan Mahabharata. Hingga saat ini, Candi Gebang telah menjadi salah satu objek penelitian terpenting bagi para arkeolog dan mahasiswa untuk mempelajari lebih lanjut tentang kehidupan sehari-hari dan adat istiadat masyarakat umum di zaman dahulu. Bagian kaki candi tidak dihiasi dengan relief dalam strukturnya. Di sisi timur terdapat pintu masuk ke kamar yang terletak di dalam tubuh candi. Sebuah yoni berada di dalam candi. Di sebelah kanan dan kiri pintu masuk terdapat relung tempat arca. Arca Nandiswara terletak di relung utara dan relung selatan kosong. Arca Mahakala dikatakan pernah berada di relung tersebut. Di sisi barat (bagian belakang) dari relung tersebut terdapat arca Ganesha yang duduk di atas sebuah yoni dengan belalai menghadap ke utara.

Berdasarkan uraian diatas maka tujuan penelitian ini adalah merekonstruksi candi gebang berbasis 3D menggunakan teknik fotografi 360<sup>0</sup>. Hasil penelitian ini digunakan sebagai dokumen arsip digital bagi generasi yang akan datang, sebagai upaya pelestarian warisan budaya terutama bangunan Candi.

## TINJAUAN PUSTAKA

Sistem 3D digambarkan sebagai sistem penempatan objek pada diagram Cartesian dengan tiga sumbu. Pada dasarnya, objek digambarkan dengan dua sumbu, yaitu X dan Y, yang berfungsi sebagai sumbu vertical dan sumbu horizontal. Selain itu, pada tiga dimensi, ada sumbu Z yang menunjukkan kedalaman objek. Saat membangun model objek, ada banyak hal yang harus dipertimbangkan dan masing-masing akan memengaruhi kualitas hasil akhir. Ini termasuk tujuan model, tingkatan kerumitan, perhitungan pendanaan, kesesuaian serta kenyamanan, serta kemudahan manipulasi model. Perancangan dibutuhkan buat proses pemodelan 3D, yang terdiri dari berbagai tahapan, seperti memilih objek dasar untuk dimodelkan, Teknik buat pemodelan objek 3D, pencahayaan, serta animasi gerakan objek cocok dengan urutan proses yang hendak dicoba. Modeling 3D adalah proses membuat representasi 3D dari suatu lapisan atau objek dengan memanipulasi poligon, tepi, dan vertices dalam ruang 3D. Ini dapat dilakukan secara manual dengan menggunakan perangkat lunak 3D, sehingga seniman dapat membuat dan mengubah bentuk poligon, atau dengan memindai objek asli menjadi data titik, yang dapat digunakan untuk mempresentasikan objek secara digital [3].

Penelitian tentang 3D modeling telah banyak dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu, antara lain, Penelitian yang dilakukan oleh Sari, dkk (2023) Menggabungkan konsep pembelajaran imersif pada pendidikan anak usia dini (PAUD) dengan pengenalan tempat ibadah umat Buddha di Pontianak menggunakan Virtual Reality. Menjelaskan Virtual Reality tempat ibadah agama Buddha di Pontianak yang interaktif dan detail, serta efektivitasnya dalam meningkatkan pemahaman agama Buddha pada anak PAUD. Memanfaatkan teknologi multimedia, termasuk gambar, audio, dan video 360 derajat dalam pengembangan Virtual Reality, untuk memberikan pengalaman mendalam bagi anak-anak. Temuan penelitian menunjukkan bahwa penggunaan Virtual Reality dalam pembelajaran imersif di PAUD efektif dalam meningkatkan pemahaman anak tentang tempat ibadah agama Buddha di Pontianak. Anak-anak menunjukkan minat dan partisipasi aktif dalam menggunakan Virtual Reality, serta adanya peningkatan pemahaman mereka tentang konsep-konsep Budha. Penelitian ini menekankan pentingnya memasukkan teknologi imersif ke dalam kurikulum PAUD untuk menanamkan nilai-nilai agama dan keberagaman budaya pada anak sejak dini. Implikasinya adalah memberikan alternatif pembelajaran yang menarik dan menyenangkan bagi anak PAUD, sekaligus memperkenalkan mereka pada keberagaman agama di masyarakat [4]. Andriyani, dkk (2023) Memanfaatkan teknologi digital untuk melakukan pelestarian warisan budaya melalui proses replikasi, visualisasi, dan simulasi. Menyampaikan informasi kepada masyarakat tentang pentingnya warisan budaya melalui media digital, yang dikenal dengan istilah “digital legacy”. Mendigitalisasi cagar budaya dengan memanfaatkan informasi teknologi, sehingga dapat menyimpan lebih banyak data dalam format digital dan meningkatkan peluang menjangkau masyarakat luas untuk mengakses keberadaan cagar budaya. Membaca tampilan digital dan representasi multimedia yang menarik perhatian pengguna informasi teknologi, sehingga dapat meningkatkan kesadaran masyarakat dan apresiasi terhadap warisan budaya. Menyebutkan digitalisasi warisan budaya sebagai aset pariwisata daerah. Penelitian ini menekankan pentingnya pemanfaatan teknologi digital untuk melestarikan warisan budaya dan menyampaikan informasi tentang pentingnya warisan budaya kepada masyarakat luas. Digitalisasi cagar budaya dapat memberikan banyak keuntungan, seperti menyimpan lebih banyak data, meningkatkan akses masyarakat, dan mengembangkannya sebagai aset pariwisata daerah [5].

Fazar, dkk (2023), Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan iklan pemasaran perumahan menggunakan teknologi panorama 360 derajat. Selain itu, peneliti juga membuat desain rumah 3D menggunakan perangkat lunak SketchUp. Untuk membuat panorama 360 derajat, peneliti menggunakan aplikasi berbasis web bernama Theasys - 360 VR Online. Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk membantu pengembang (developer) perumahan dalam mempromosikan rumah-rumah yang mereka jual. Dengan menggunakan teknologi panorama 360 derajat dan desain 3D, pengembang perumahan tidak perlu lagi membangun contoh rumah secara fisik. Solusi digital ini dapat menghemat biaya dan waktu bagi pengembang, namun tetap memberikan pengalaman visual yang menarik bagi calon pembeli dalam melihat desain dan tampilan rumah yang ditawarkan. Dengan kata lain, penelitian ini bertujuan untuk memfasilitasi pengembang perumahan dalam melakukan pemasaran digital yang lebih efektif. Pardamean, dkk (2023) menggunakan menggabungkan foto dan mengolahnya menggunakan software hingga menghasilkan objek 3D.

Dalam penelitian ini, metode fotogrametri diterapkan untuk membuat model 3D Candi Badut, sebuah situs bersejarah. Sebuah UAV (Unmanned Aerial Vehicle) digunakan untuk mengambil foto-foto tersebut, yang kemudian diolah menggunakan perangkat lunak Meshroom. Perangkat lunak Meshroom melewati beberapa tahapan antara lain Structure from Motion, Depth Map, Meshing, dan Texturing, hingga menghasilkan objek 3D akhir. Model 3D ini diolah lebih lanjut dengan menggunakan software Blender 3D. Objek 3D Candi Badut yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai aset digital untuk berbagai aplikasi, seperti pengenalan pariwisata, video game, animasi, dan lainnya. Untuk mengukur keakuratan model 3D, peneliti melakukan pengujian dengan menggunakan metode Root Mean Square Error (RMSE). Hal ini dilakukan dengan membandingkan pengukuran yang diperoleh dari perangkat lunak dengan pengukuran sebenarnya di lapangan Candi Badut. Hasil RMSE sebesar 0,0734 meter menunjukkan bahwa model 3D Candi Badut yang dihasilkan dengan metode fotogrametri sangat mirip dengan objek di dunia nyata [6].

## METODE PENELITIAN

### *Photoroom*

Photoroom adalah salah satu aplikasi editing foto yang paling populer dan banyak digunakan saat ini. Photoroom memungkinkan pengguna untuk dengan mudah mengedit dan mempercantik foto mereka dengan berbagai fitur yang tersedia, seperti filter, efek, dan alat pengeditan lainnya. Dengan kemudahan penggunaan dan hasil akhir yang profesional, tidak mengherankan bahwa Photoroom telah menjadi pilihan utama bagi banyak orang yang ingin mempercantik koleksi foto mereka. Dengan aplikasi ini, siapa pun dapat dengan cepat dan mudah menciptakan karya seni visual yang menakjubkan dan memukau [7].

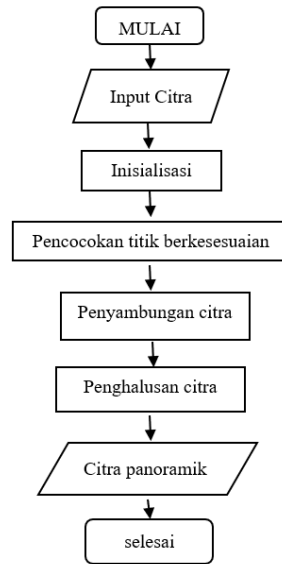
### *Scanamaze*

Scanamaze adalah aplikasi berbasis web yang memungkinkan pengguna untuk membuat dan berbagi model 3D dari objek fisik menggunakan teknologi fotogrametri. Berikut adalah beberapa fitur utama Scanamaze: Pengambilan Fotogrametri: Scanamaze memungkinkan pengguna untuk mengambil banyak foto suatu objek dari berbagai sudut menggunakan ponsel atau kamera. Aplikasi ini kemudian akan menggunakan foto-foto tersebut untuk secara otomatis menciptakan model 3D dari objek tersebut. Teknologi fotogrametri yang digunakan Scanamaze akan memproses gambar yang diambil dan menghasilkan model 3D dari objek. Model ini dapat dilihat, diedit, dan dibagikan dengan orang lain. Setelah model 3D awal terbentuk, pengguna dapat menyempurnakan dan mengedit model tersebut menggunakan fitur-fitur yang tersedia di Scanamaze, seperti optimalisasi mesh, pengeditan tekstur, dan pembersihan model [8]. Scanamaze menyediakan kemampuan untuk membagikan model 3D yang telah dibuat, baik melalui tautan yang dapat didistribusikan maupun dengan menyematkan model di situs web, memudahkan kolaborasi dan distribusi. Dukungan *Virtual Reality* (VR) dan *Augmented Reality* (AR): Model 3D yang dibuat di Scanamaze dapat dilihat dalam lingkungan VR dan AR, memberi pengguna pengalaman yang lebih imersif terhadap objek tersebut. Beragam Aplikasi: Model 3D yang dihasilkan oleh Scanamaze dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti mencetak 3D, tur virtual, visualisasi produk e-niaga, serta aplikasi pendidikan dan ilmiah [9].

Penelitian Rekonstruksi Bangunan Candi Gebang berbasis 3D menggunakan Teknik Fotografi 360 derajat menggunakan metodologi dekriptif kualitatif ini akan menggambarkan fenomena atau keadaan secara mendalam dan rinci tanpa manipulasi variabel. Penelitian ini berfokus pada pemahaman yang mendalam tentang konteks, proses, dan makna dari fenomena yang diteliti melalui pengumpulan data non-numerik. Adapun langkah penelitian ini antara lain:

- Observasi, yaitu mengamati secara langsung kondisi fisik Candi Gebang.
- Pengumpulan data visual, dilakukan menggunakan teknik fotografi 360 derajat untuk mendokumentasikan candi dari berbagai sudut.
- Analisis dokumen dilakukan dengan mengkaji dokumen sejarah dan arsitektural terkait Candi Gebang.
- Wawancara kepada ahli: Melakukan wawancara mendalam dengan sejarawan dan arkeolog untuk mendapatkan perspektif tentang pentingnya candi.

Adapun langkah-langkah pengembangan disajikan pada Gambar 1.



GAMBAR 1. Alur pengembangan 3D Candi Gebang

Pengembangan dimulai pada langkah pertama yaitu mencakup persiapan awal, termasuk perencanaan, penetapan tujuan, dan persiapan alat serta bahan yang diperlukan untuk pengolahan citra.

- i. Input citra : Mengumpulkan citra atau gambar yang diperlukan untuk rekonstruksi 3D. Gambar-gambar ini diambil menggunakan kamera khusus yang mendukung fotografi 360 derajat. Gambar yang diambil harus mencakup seluruh struktur candi dari berbagai sudut, keluaran berupa Kumpulan citra digital dari objek yang akan diproses.
- ii. Inisialisasi Data : Menyiapkan dan mengorganisir data citra yang telah dikumpulkan untuk diproses lebih lanjut. Ini mencakup pengaturan direktori kerja, penamaan file yang sesuai, dan pemeriksaan kualitas gambar, keluaran berupa Data citra yang siap untuk diproses, disimpan dalam format yang dapat diakses oleh perangkat lunak pengolahan citra.
- iii. Pencocokan Titik Berkesesuaian : Mengidentifikasi dan mencocokkan titik-titik yang sama di antara gambar-gambar yang berbeda. Titik-titik ini digunakan untuk menggabungkan gambar-gambar menjadi satu model yang koheren, keluaran berupa daftar pasangan titik berkesesuaian antara gambar-gambar.
- iv. Penyambungan citra : Menggabungkan citra-citra berdasarkan titik-titik berkesesuaian yang telah diidentifikasi. Proses ini menyusun gambar-gambar menjadi panorama yang lebih besar atau model 3D yang terintegrasi. Citra gabungan yang menyusun panorama atau model awal 3D.
- v. Penghalusan citra : Menghaluskan citra yang telah digabungkan untuk mengurangi ketidaksempurnaan seperti distorsi atau perbedaan pencahayaan. Proses ini dapat melibatkan algoritma perataan warna, pengurangan noise, dan peningkatan ketajaman gambar, keluaran citra gabungan yang lebih halus dan berkualitas tinggi.
- vi. Citra Panoramik : Hasil akhir dari proses penggabungan dan penghalusan adalah citra panoramik yang dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti visualisasi, analisis, dan presentasi. Citra panoramik 3D, ini akan menunjukkan tampilan keseluruhan dari objek yang telah direkonstruksi, keluaran citra panoramik berkualitas tinggi yang siap untuk digunakan dalam analisis lebih lanjut atau presentasi.
- vii. Selesai : Tahap akhir dari penelitian. Ini mencakup dokumentasi hasil, penyusunan laporan, dan penyimpanan data. Hasil penelitian dapat dipublikasikan atau digunakan untuk tujuan lain yang telah ditetapkan di awal.

### Pengumpulan data

Fotografi 360 derajat adalah teknik pengambilan gambar yang memungkinkan kita untuk menangkap seluruh lingkungan di sekitar suatu titik tertentu, memberikan pandangan menyeluruh dari setiap sudut [7]. Teknik ini sangat berguna untuk mendokumentasikan objek seperti candi, karena memungkinkan untuk melihat struktur secara rinci

dari semua sisi. Berikut adalah langkah-langkah dan penjelasan tentang bagaimana mengambil foto obyek Candi Gebang secara 360 derajat, dibawah langkah yang dilakukan dalam proses pengambilan foto / data :

**a. Persiapan**

Peralatan yang dibutuhkan :

- Kamera 360 derajat atau kamera DSLR/mirrorless dengan lensa *wide-angle*.
- Tripod yang stabil untuk menjaga kamera tetap pada posisi dan ketinggian yang sama.
- *Remote shutter release* atau aplikasi kamera untuk menghindari goyangan saat mengambil gambar.

**b. Penempatan kamera**

- Pilih titik pusat yang strategis di sekitar Candi Gebang, biasanya pada jarak yang cukup untuk menangkap seluruh candi dalam bingkai.
- Pastikan tripod ditempatkan dengan kokoh di tanah yang rata.

**c. Pengambilan gambar**

- Atur kamera pada mode manual untuk memastikan eksposur yang konsisten di semua gambar.
- Gunakan fokus manual dan kunci fokus pada jarak yang sesuai dengan candi.
- Pastikan pengaturan *white balance* juga tetap konsisten.

**d. Proses pengambilan gambar**

- Mulailah dari satu titik dan ambil gambar secara berurutan dengan menggeser kamera mengelilingi obyek, gambar 2.
- Pastikan ada tumpang tindih antara setiap foto (sekitar 30-50%) untuk memudahkan proses *stitching*.
- Ambil gambar dari ketinggian yang konsisten, dan pertimbangkan untuk mengambil beberapa lapisan (misalnya, rendah, tengah, dan tinggi) untuk mendapatkan cakupan vertikal yang lebih baik.



GAMBAR 2. Proses pengambilan obyek

**Proses pengolahan data**

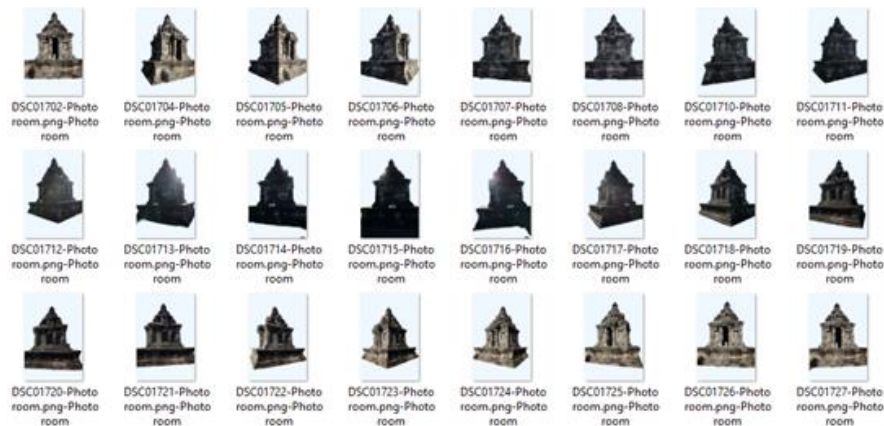
Dalam pengolahan foto hasil pengambilan dari obyek, sebagai berikut :

- Unggah gambar, dengan membuka situs web Photoroom, proses login , proses unggah foto. Algoritma pembelajaran mesin akan mendeteksi dan memisahkan obyek utama dari latar belakang. Gambar 2. Hasil pengambilan gambar dilapangan dan gambar 3. Hasil rangkaian foto tumpang tindih dan sudah dihilangkan latar belakang nya.
- Jika hasil otomatis tidak sempurna bisa dilakukan dengan penyesuaian manual, bisa dengan alat *Refine edge* supaya tepi obyek lebih halus dan realistis.
- Penyesuaian visual, Sesuaikan kecerahan, kontras, dan saturasi gambar untuk meningkatkan kualitas visual.
- Proses pembuatan Pembuatan Model 3D di Platform Android, menggunakan perangkat Scanamaze, dengan memasukkan semua foto yang telah di proses dengan Photoroom, aplikasi Scanamaze akan memproses foto-foto

tersebut untuk membangun model 3D dari objek. Teknologi fotogrametri akan menggabungkan semua foto menjadi satu model 3D yang utuh. *3D Reconstruction Algorithms* Algoritma untuk menggabungkan gambar-gambar 2D menjadi satu model 3D yang utuh [10]. Adapun hasil penggabungan foto disajikan pada Gambar 3 dan 4.



GAMBAR 3. Hasil pengambilan gambar dilapangan.



GAMBAR 4. Rangkaian foto tumpah tindih dan dihilangkan latar belakang

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dihasilkan beberapa yang disajikan pada Tabel 1.

TABEL 1. Kelebihan menggunakan Photoroom dan Scanamaze

Kekurangan	Keterangan
Akurasi lebih tinggi.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Photoroom: Kemampuan untuk menghapus latar belakang dengan presisi tinggi memungkinkan isolasi objek candi secara sempurna, memfasilitasi pemodelan 3D yang lebih akurat.</li> </ul>

Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scanamaze: Menggunakan algoritma canggih untuk menghasilkan model 3D yang sangat rinci.</li> <li>• Efisiensi waktu</li> </ul>
Kemudahan penggunaan	<p>Proses pengambilan gambar 360 derajat dan pengolahan dengan Photoroom dan Scanamaze memerlukan waktu yang relatif singkat dibandingkan metode tradisional atau dengan peralatan seperti menggunakan LI.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Photoroom: User-friendly dan mudah digunakan bahkan oleh pengguna tanpa latar belakang teknis]</li> <li>• Scanamaze: Aplikasi mobile yang memungkinkan pemodelan 3D langsung di lapangan dengan perangkat Android.</li> </ul>
Portability	Kedua perangkat lunak ini dapat digunakan di lapangan dengan perangkat mobile, membuat proses dokumentasi lebih fleksibel.

Berdasarkan Tabel 1 diatas kelebihan-kelebihan ini menunjukkan bahwa fotogrametri dan pemodelan 3D, khususnya Photoroom dan Scanamaze, memiliki keunggulan dalam hal akurasi, efisiensi waktu, kemudahan penggunaan, dan portabilitas, yang dapat memfasilitasi proses dokumentasi dan pemodelan 3D objek-objek kompleks seperti arsitektur candi secara lebih efektif. Adapun beberapa kekurangan dari penggunaan teknik *Photornoom* dan *Scanamaze* disajikan pada Tabel 2.

TABEL 2. Kekurangan menggunakan Photoroom dan *Scanamaze*

<b>Kekurangan</b>	<b>Keterangan</b>
Keterbatasan Fitur	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Photoroom: Penghapusan latar belakang otomatis kadang-kadang tidak dapat menangani objek yang sangat kompleks atau dengan detail halus di pinggirannya.</li> <li>• Scanamaze: Mungkin memiliki keterbatasan dalam menangani objek yang sangat besar atau rumit karena kemampuan dari prosesor dan media penyimpan di <i>platform</i> Android</li> </ul>
Keterbatasan Resolusi.	Kualitas foto sangat bergantung pada resolusi kamera yang digunakan. Foto dengan resolusi rendah dapat mempengaruhi kualitas akhir model 3D.
Ketergantungan pada Kondisi Lingkungan	Pencahayaan yang tidak memadai dan kondisi cuaca buruk dapat mempengaruhi kualitas gambar yang diambil.
Kompleksitas Pengeditan	<p>Photoroom: Penghapusan latar belakang otomatis mungkin memerlukan penyesuaian manual untuk hasil optimal.</p> <p>Scanamaze: Proses penyambungan gambar dan penghalusan citra mungkin memerlukan keterampilan teknis yang lebih.</p>
Keterbatasan Teknologi / perangkat berbasis <i>platform</i> Android	Teknologi pemodelan 3D dengan perangkat mobile masih berkembang dan mungkin belum mampu menangani semua aspek kompleksitas arsitektur candi secara sempurna.



Secara keseluruhan, Tabel 2 menjelaskan kekurangan-kekurangan fotogrametri dan pemodelan 3D, khususnya saat digunakan pada perangkat mobile, masih memiliki beberapa keterbatasan dalam menghadapi objek-objek yang kompleks atau membutuhkan detail yang sangat halus.

## KESIMPULAN

Kajian rekonstruksi 3D Candi gebang menggunakan teknik fotografi 360 derajat dengan metode Scanamaze dan PhotoRoom berfokus pada beberapa aspek dan implikasi utama ini menggunakan rekonstruksi terperinci antara lain manipulasi latar belakang, efisiensi proses Scanamaze, manfaat konservasi dan pendidikan 3D, dan inovasi dalam mendokumentasikan situs warisan budaya. Penggunaan fotografi 360 derajat, analisis gambar, dan pemodelan 3D memberikan metode yang lebih komprehensif dan akurat untuk mendokumentasikan dan menganalisis situs Candi. Penggunaan berbagai teknik dan alat untuk mendigitalkan warisan budaya Candi Gebang mampu meningkatkan kualitas dan efisiensi situs warisan budaya. Teknik utama yang digunakan meliputi stabilisasi kamera, pencahayaan, dan penggunaan drone untuk kondisi pengambilan gambar yang optimal. Studi ini juga menekankan pentingnya penggunaan lensa yang lebih fleksibel dan meningkatkan kemampuan teknis kamera. Hasil menunjukkan bahwa digitalisasi cukup baik. Kedepan penelitian akan lebih fokus pada Detail Arsitektur dan penggambaran detail-detail arsitektur yang lebih spesifik, seperti ornamen kecil yang mungkin terlewat dalam rekonstruksi awal. Material Bangunan, Analisis lebih mendalam tentang material yang digunakan dalam pembangunan candi dapat menambah nilai ilmiah dari penelitian ini. Implementasi Augmented Reality (AR): Mengembangkan aplikasi berbasis AR yang memungkinkan pengguna melihat rekonstruksi 3D candi di lokasi aslinya menggunakan perangkat mobile.

## DAFTAR PUSTAKA

1. P. W. Aditama, N. K. D. Juniantari, I. M. S. Sandhiyasa, I. B. G. Sarasvananda, and I. G. I. Sudipa, "Digitalisasi Warisan Benda Bersejarah Pada Kawasan Pura Pucak Penulisan Menggunakan Metode Waterfall," *J. Inf. Syst. Res.*, vol. 4, no. 4, pp. 1253–1261, 2023, doi: 10.47065/josh.v4i4.3733.
  2. D. E. Agustinova, "Strategi Pelestarian Benda Cagar Budaya Melalui Digitalisasi," *Istor. J. Pendidik. dan Ilmu Sej.*, vol. 18, no. 2, pp. 1–9, 2022, [Online]. Available: <https://journal.uny.ac.id/index.php/istoria/article/view/52991>
  3. R. Al-Ruzouq, S. Abu Dabous, A. Abueladas, F. Hosny, and F. Ibrahim, "Integrated Archaeological Modeling Based on Geomatics Techniques and Ground-Penetrating Radar," *Remote Sens.*, vol. 14, no. 7, Apr. 2022, doi: 10.3390/rs14071622.
  4. P. Sari, R. Okra, H. A. Musril, and Sarwoderta, "Perancangan Media Pembelajaran Animasi 3D pada Mata Pelajaran Pendidikan Jasmani Olahraga dan Kesehatan di MTs N 6 Agam," *J. Soc. Sci. Res.*, vol. 3, no. 2, pp. 13382–13391, 2023, [Online]. Available: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>
  5. R. Adriyani, E. Erna, and R. Indrianto, "Pengembangan Cagar Budaya dan Pariwisata Berbasis Digital Heritage," *Exchall Econ. Chall.*, vol. 5, no. 1, pp. 12–24, 2023, [Online]. Available: <https://jurnal.publikasi-untagcirebon.ac.id/index.php/exchall/article/view/348>
  6. B. S. Pardamean and H. Tolle, "Pembuatan Objek 3D Candi Badut Menggunakan Metode Photogrammetry," *Phys. Sci. Educ. J.*, vol. 5, no. 6, pp. 1–2, 2021.
  7. N. Rahmawati, Y. Prasetyo, and F. Hadi, "Pemodelan Model 3D Menggunakan Metode TLS (Terrestrial Laser Scanner) (Studi Kasus: Candi Plaosan Lor, Kabupaten Klaten)," *Geod. Undip*, vol. 10, pp. 224–232, 2021, [Online]. Available: <https://jom.unpak.ac.id/index.php/teknikgeodesi/article/view/1210>
  8. M. Javaid, A. Haleem, R. P. Singh, and R. Suman, "Enhancing smart farming through the applications of Agriculture 4.0 technologies," *Int. J. Intell. Networks*, vol. 3, no. July, pp. 150–164, 2022, doi: 10.1016/j.ijin.2022.09.004.
  9. E. Bottani et al., "Wearable and interactive mixed reality solutions for fault diagnosis and assistance in manufacturing systems: Implementation and testing in an aseptic bottling line," *Comput. Ind.*, vol. 128, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.compind.2021.103429.
- A. Candra, "Analisis User Experience Untuk Virtual Gallery 3D Menggabungkan Panorama Foto Sebagai Media Informasi Candi Hindu Budha," *J. Ilm. Teknol. Infomasi Terap.*, vol. 8, no. 1, pp. 85–91, 2021, doi: 10.33197/jitter.vol8.iss1.2021.725.