

---

## Perekaman Tiga Dimensi (3D) Benda Hasil Budaya Menggunakan Telepon Pintar: Studi Kasus Arca Dewi Laksmi di Madiun

Goenawan A. Sambodo

---

Komunitas Kandang Gudel

\*Corresponding author: [sekarpuadak@yahoo.co.uk](mailto:sekarpuadak@yahoo.co.uk)

---

### ABSTRACT

Recently, public attention for the preservation of cultural heritage has increased. This is evidenced by the increasing number of heritage enthusiasts who are actively visiting archaeological sites. However, these communities are often unaware on how they can help to preserve the cultural heritage more effectively. This article offers a participatory activity that can be carried out by the community to help preservation effort, especially in the recording and documentation of cultural heritage, namely three-dimensional (3D) recording using a smartphone. The procedure proposed here is based on a case study in recording the Lakshmi statue from Madiun. It is proven to be able to produce clear, accurate, and easy-to-use 3D recordings. As well as being able to assist the authorities in documenting cultural heritage objects, the 3D record can be used for the reconstruction of objects that are no longer complete, developed into learning materials, and dissemination of cultural heritage information quickly and easily. In this way, the community will be able to establish closer cooperation with the authorities and other parties in preserving cultural heritage.

**Keywords:** community; heritage; Lakshmi; photogrammetry; smart phone

### ABSTRAK

Kepedulian masyarakat terhadap pelestarian warisan budaya sekarang ini semakin besar. Hal ini dibuktikan dengan semakin banyaknya komunitas pemerhati warisan budaya yang secara aktif mendatangi situs-situs arkeologi. Namun, tidak jarang komunitas tersebut tidak tahu bagaimana mereka dapat membantu proses pelestarian warisan budaya secara lebih efektif. Artikel ini mencoba menawarkan salah satu kegiatan partisipasi yang dapat dilakukan komunitas, khususnya dalam perekaman dan dokumentasi warisan budaya. Dokumentasi yang dimaksud adalah perekaman tiga dimensi (3D) menggunakan telepon pintar. Proses perekaman dan pengolahan data berdasarkan pada studi kasus perekaman arca Dewi Laksmi dari Madiun. Hasil perekaman arca berupa arsip digital 3D yang jelas, akurat, dan mudah dimanfaatkan. Selain dapat membantu pihak berwenang untuk mendokumentasikan warisan budaya, rekaman yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk rekonstruksi benda yang sudah tidak lengkap, dikembangkan menjadi bahan pembelajaran, serta penyebaran informasi secara cepat dan mudah. Komunitas juga akan dapat menjalin kerjasama yang erat dengan pihak berwenang dalam pelestarian warisan budaya.

**Kata Kunci:** komunitas; warisan budaya, Laksmi; fotogrametri; telepon pintar.

## PENDAHULUAN

Jawa pada masa lampau telah memiliki peradaban yang tinggi. Hal ini terbukti dengan ditemukannya banyak bangunan, benda-benda seperti arca dan prasasti, serta benda-benda lainnya yang indah dan bernilai tinggi. Temuan-temuan tersebut menjadi warisan budaya dari generasi masa lampau kepada generasi masa kini. Oleh karena itu, warisan budaya harus disadari keberadaannya oleh masyarakat, karena merupakan aset yang tidak ternilai. Warisan budaya memberi martabat bagi umat manusia melalui nilai-nilai klasik dan universal yang melekat padanya, baik itu warisan budaya yang berwujud (*tangible*) maupun tidak berwujud (*intangible*). Warisan budaya adalah harta bersama, yang merupakan warisan dari generasi sebelumnya dan menjadi tanggung jawab generasi sekarang untuk mewariskan kembali kepada generasi yang akan datang. Dengan demikian, perlu pendokumentasian agar aset tersebut terekam dengan baik dan tidak mengalami kepunahan.

Dokumentasi adalah kegiatan pengumpulan dan pengarsipan informasi bangunan bersejarah secara sistematis, dengan tujuan untuk melestarikannya, agar dapat digunakan di masa mendatang (Stylianidis, 2020). Namun cara ini dianggap kurang efisien, karena selain mahal juga perlu waktu yang lama, terutama untuk merekam ornamen-ornamen arsitektur dan dekorasi interior. Oleh karena itu, diperlukan suatu teknik dokumentasi yang murah dan mudah untuk dikembangkan dan diperkenalkan terutama kepada komunitas pemerhati warisan budaya yang sekarang ini semakin banyak bermunculan di berbagai daerah. Penggunaan kamera digital yang menjadi kelengkapan dari telepon pintar dapat menjadi terobosan untuk menjawab kebutuhan ini. Kamera digital adalah salah satu perangkat yang praktis dan relatif murah untuk melakukan perekaman benda warisan budaya baik berupa prasasti, arca, atau relief. Benda-benda warisan budaya tersebut masih banyak yang berada di luar jangkauan pihak berwenang yang seharusnya memperhatikan dan mendokumentasikannya. Dengan adanya kamera digital pada telepon pintar yang seringkali dibawa oleh masyarakat, diharapkan dapat membantu proses dokumentasi warisan budaya tersebut.

Kemunculan komunitas pelestari warisan budaya, memang tidak terlepas dari keterbatasan pihak berwenang dalam menanggapi laporan temuan-temuan prasasti baru maupun temuan objek yang diduga cagar budaya. Adapun pengertian “komunitas” yang dimaksud adalah sekelompok orang yang saling peduli satu sama



lain lebih dari yang seharusnya (Kertajaya, 2008). Relasi pribadi yang erat terjadi antar anggota dalam suatu komunitas karena adanya kesamaan keingintahuan atas suatu hal. Banyak berdiri komunitas-komunitas pecinta sejarah yang kegiatan utamanya adalah melakukan penyelamatan dan pelestarian warisan budaya. Bahkan, pada tanggal 26-28 Oktober 2018 dilaksanakan Kongres Nasional Komunitas Sejarah di Kabupaten Kediri, Jawa Timur yang dihadiri oleh 80 komunitas se-Indonesia (Sambodo et al., 2019). Keberadaan komunitas pemerhati warisan budaya yang tersebar luas dapat menjadi mitra dalam perekaman data di lapangan. Perekaman yang dilakukan secara digital kini menjadi teknik yang terjangkau, instan, dan dapat merekam objek warisan budaya secara apa adanya.

Perekaman secara digital kini menjadi sarana yang penting dalam pelestarian warisan budaya. International Committee for Architectural Photogrammetry (CIPA), misalnya, telah merekomendasikan gagasan citra tunggal dalam konservasi. CIPA juga mengandalkan pentingnya citra dalam konservasi arsitektur warisan budaya. Misi umum CIPA menekankan pengembangan prinsip dan praktik untuk merekam, mendokumentasikan, dan mengelola informasi dengan alat dan teknik khusus (Asadpour, 2021). Dalam perekaman warisan budaya tersebut tampaknya fotogrametri bisa menjadi metode hemat biaya di masa depan. Fotogrametri adalah teknik pengukuran 3D melalui model proyeksi pusat. Tujuan utama dari pengukuran fotogrametri adalah rekonstruksi tiga dimensi dari suatu objek, yang dapat diakses kembali setiap saat. Tujuan lainnya adalah menghasilkan *orthoimage* yang dapat digunakan untuk pengukuran jarak nyata, yang dilakukan pada peta dengan pertimbangan faktor skala, karena dapat disesuaikan untuk elevasi, distorsi lensa, dan kemiringan kamera (Stylianidis, 2020). Fitur-fitur ini membuat fotogrametri menarik bagi para ahli di bidang arsitektur, konservasi, arkeologi, dan dokumentasi warisan budaya. Oleh karena itu, fotogrametri harus dianggap sebagai disiplin multidimensi yang mengintegrasikan seni, sains, dan teknologi.

Teknik fotogrametri digital memungkinkan pengukuran dengan akurasi tinggi, dan teknik semacam ini dapat digunakan untuk menghasilkan dokumentasi arkeometrik dengan detail tinggi yang sangat baik untuk pendokumentasian artefak berukuran kecil. Dasar dari metode fotogrametri ini adalah upaya merubah bentuk dua dimensi bidang datar menjadi bentuk tiga dimensi bidang ruang, sehingga pengukuran panjang lebar dan tinggi secara geometris dapat dilakukan (Sambodo et al., 2020).

Kamera digital pada saat ini tidak hanya digunakan oleh fotografer profesional. Kamera digital bukan lagi barang mewah seperti beberapa tahun yang lalu. Banyak sekali telepon pintar berbagai merek yang sudah dibekali dengan kamera digital yang memiliki resolusi tinggi. Perkembangan peralatan dan teknologi foto menjadi semakin mudah didapat dengan penggunaan yang semakin luas di masyarakat. Hal ini pula yang membawa perubahan kerangka pikir masyarakat pemerhati warisan budaya. Masyarakat dapat langsung berpartisipasi dalam upaya perekaman warisan budaya menggunakan kamera digital yang mereka miliki. Pendokumentasian warisan budaya tidak lagi hanya menjadi kebutuhan bagi pihak berwenang, namun sudah meluas ke segala lapisan masyarakat, karena ketersediaan alat yang dibutuhkan mudah didapatkan.

Dokumentasi warisan budaya menjadi hal yang sangat penting bagi pelestarian warisan budaya itu sendiri. Tulisan ini memaparkan hasil penelitian yang dilakukan untuk menjawab dua permasalahan terkait dengan pendokumentasian tersebut. Pertama adalah bagaimana strategi membawa perkembangan teknologi foto ini menjadi cara yang efektif bagi komunitas pemerhati warisan budaya untuk merekam data di sekitar tempat aktivitasnya. Kedua adalah bagaimana komunitas dapat menjalin kerjasama dengan pihak yang terkait, dalam usaha pendokumentasian dan pendataan warisan budaya secara lebih baik.

Tulisan ini juga memiliki tujuan untuk memperkenalkan secara lebih dalam teknik fotogrametri yang bisa dilakukan untuk merekonstruksi benda warisan budaya melalui metode terukur yang baik, serta meminimalisir keausan fisik, khususnya yang berupa prasasti (*non-invasive*). Selain itu, cara perekaman tiga dimensi (3D) juga dapat dikembangkan oleh komunitas pemerhati warisan budaya sebagai bahan ajar yang dapat diakses masyarakat umum dengan mudah dan murah. Cara tersebut juga dimaksudkan bagi komunitas untuk dapat membantu pihak berwenang di bidang warisan budaya, menyebarluaskan informasi tentang proses digitalisasi, serta dapat menjadi sarana menjalin kerjasama yang baik antara komunitas dengan pihak berwenang dan pihak-pihak terkait lainnya, serta memberikan contoh penerapan atas penggunaan telepon pintar secara lebih beragam.



## METODE

Objek studi kasus dalam tulisan ini berupa satu arca berbahan batu perwujudan figur Dewi Laksmi. Arca tersebut berada dalam posisi bersila dengan kedua tangan memegang payudara, sedangkan bagian belakang arca ini berlubang. Telepon pintar merek *OPPO A5s (13 MP, f/2.2, AF)* digunakan untuk mengambil semua gambar. Gambar-gambar tersebut diambil dengan kamera tunggal. Gambar yang dihasilkan berukuran 3120 x 4160 *pixels* tergolong memiliki mutu yang baik. Pengambilan gambar dilakukan pada siang hari sekitar jam 11.45-12.00 WIB pada hari Minggu tanggal 20 Maret 2022. Kondisi matahari pada saat itu bersinar terik, sehingga diperlukan kain penutup untuk menghindari sinar yang berlebihan. Pemotretan dilakukan berdasarkan prinsip stereografik, yaitu dimulai dari satu titik dan kamera bergerak memutar objek. Lokasi pengambilan gambar adalah Balai Desa Klagenserut, Kecamatan Jiwan, Kabupaten Madiun yang merupakan lokasi penyimpanan arca selama ini. Posisi arca yang berada dekat sekali dengan saluran air pada bangunan menyebabkan pengambilan gambar mengalami keterbatasan tertentu. Bagian dasar arca di sisi sebelah kanan berhimpitan dengan saluran air, sehingga menyisakan ruang yang sempit untuk pengambilan gambar.

### 1. Pengertian Perangkat Penelitian

Dalam tahap pengolahan gambar digunakan perangkat keras berupa komputer jinjing dengan perincian sebagai berikut.

*Software name : Agisoft Metashape Professional*  
*Software version : 1.7.3 build 12312 OS Windows 64 bit RAM 7.88 GB*  
*CPU Intel(R) Core (TM) i5-7200U CPU @ 2.50GHz*  
*GPU(s) GeForce 920MX*

#### **Sistem Perangkat Lunak**

Aplikasi *Agisoft Metashape Professional* digunakan karena merupakan salah satu dari aplikasi yang menyertakan perangkat kalibrasi lensa secara otomatis, yang biasa digunakan untuk fotogrametri rentang dekat (*close-range photogrammetry*).

Adapun alur kerja yang dilakukan adalah sebagai berikut.

1. Memuat hasil foto pada *Metashape*.

2. Memeriksa hasil foto dan membuang foto yang tidak diinginkan termasuk melakukan kalibrasi kamera. Hasil kalibrasi kamera digunakan sebagai data pendekatan awal, untuk kemudian dihitung kembali oleh *Metashape* secara otomatis agar mendapatkan parameter orientasi dalam yang sesuai dengan keadaan saat foto diambil. Parameter tersebut digunakan pada tahap pengolahan foto selanjutnya.
3. Menyejajarkan foto (*Aligning photos*).
4. Membuat *Dense Point Cloud* dengan dasar ukuran titik-titik penanda yang sudah diukur di lokasi. Pembuatan *dense cloud* didasarkan pada kerapatan foto di sekitar *tie point* dan penggabungan antar titik berdasarkan nilai tingginya. *Dense cloud* menampilkan titik-titik yang lebih rapat apabila dibandingkan dengan *tie points*.
5. Membuat *Mesh* atau *3D polygonal model*.
6. Membuat *Texture*.

## 2. Agisoft Metashape

Perangkat lunak *Agisoft Metashape* melakukan pemrosesan fotogrametri gambar digital untuk membuat data spasial 3D yang berguna dalam aplikasi GIS, warisan budaya, dan efek visual. Aplikasi ini juga bermanfaat untuk pengukuran objek secara tidak langsung dalam skala yang berbeda, serta mampu menghasilkan gambar yang berkualitas dan akurat dalam bentuk model 3D. Pemrosesan data dilakukan secara otomatis dan cerdas. Pada awalnya, aplikasi ini lebih banyak digunakan untuk pemrosesan foto udara dengan skala besar, akan tetapi pada perkembangannya banyak pula digunakan untuk keperluan pengolahan fotogrametri rentang dekat, seperti pengolahan rekonstruksi pahatan prasasti. Kedalaman pahatan yang ada digunakan sebagai data awal untuk restorasi pahatan, sehingga pahatan pada prasasti yang aus dapat diperbaiki (Sambodo et al., 2020). Pemrosesan dengan perangkat lunak ini menerapkan algoritma SfM-MVS.

## 3. Structure from Motion (SfM)

SfM adalah teknik fotogrametri yang digunakan untuk membuat model 3D dan membuat gambar *orto* dari serangkaian foto-foto yang tumpang tindih. Metode fotogrametri ini tergolong berbiaya rendah dan berguna untuk merekonstruksi



topografi resolusi tinggi. SfM diproses untuk memperkirakan model 3D (struktur) dari gambar 2D. Model ini dapat menghasilkan model 3D dari pengambilan serangkaian foto bahkan dari kamera ponsel pintar, UAV, dan peralatan fotogrametri lainnya. Dalam teknik ini, sekumpulan foto dianalisis secara tekstur untuk menemukan poin-poin penting di antara banyak gambar. Titik-titik digunakan untuk menghubungkan di seluruh data foto dan hasilnya adalah *dense point cloud* dari mana posisi kamera dapat dihitung.

#### 4. Hasil Kalibrasi Kamera

Kalibrasi kamera geometris juga disebut sebagai *camera resectioning*, adalah memperkirakan parameter lensa dan sensor gambar dari kamera foto atau video. Parameter ini untuk mengoreksi distorsi lensa, atau menentukan lokasi kamera dalam pengambailan gambarnya. Hal ini digunakan untuk mendeteksi dan mengukur objek, salah satunya ketika proses rekonstruksi gambar 3D (MathWorks, n.d.). Metode yang digunakan untuk kalibrasi kamera pada foto rentang dekat menggunakan metode *Lab calibration* yang dilakukan secara otomatis bersamaan dengan proses perataan berkas foto menggunakan *frame target* pada perangkat lunak *Agisoft Metashape*.

#### 5. Lab calibration

Kalibrasi foto melalui metode *lab calibration* menggunakan *frame target* dengan jumlah foto sebanyak 70, sedangkan pengolahannya menggunakan perangkat lunak *Agisoft Metashape*. *Point* adalah penanda yang dimasukkan dalam aplikasi, berfungsi sebagai *ground control point* (GCP) dan atau *control point* (CP). Keduanya digunakan sebagai batas untuk mendapatkan ukuran sesungguhnya sesuai dengan aslinya, semakin banyak titik/jumlah *control point* ini maka nilai ketepatannya akan semakin tinggi. Nilai *error* menunjukkan tingkat kesalahan antara nilai sesungguhnya di lapangan dengan perkiraan batas penanda yang digunakan. Pengolahan data untuk mendapatkan model 3D sebagai hasil akhir, dilakukan berdasarkan langkah-langkah tertentu yang telah ditetapkan sebelumnya, mudah diikuti, serta mengikuti parameter tertentu yang dapat sepenuhnya bersifat otomatis atau semi-otomatis.

**Tabel 1.** Calibration coefficients and correlation matrix  
(Sumber: Agisoft Metashape General Report Process “Arca Laksmi”)

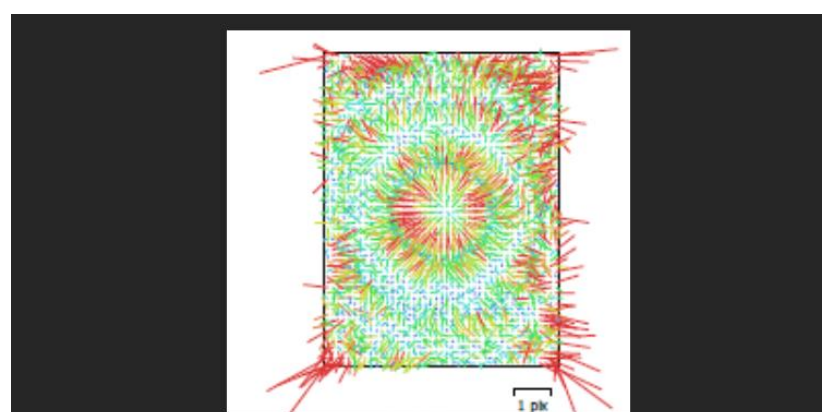
**OPPO A5s (3.46mm)**  
70 images

Type **Frame** Resolution **3120 x 4160** Focal Length **3.46 mm** Pixel Size **unknown**

	Value	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
<b>F</b>	<b>3130.63</b>	0.23	1.00	-0.00	-0.15	-0.17	0.15	-0.09	-0.05	-0.12
<b>Cx</b>	<b>4.37506</b>	0.26		1.00	0.01	0.00	-0.01	0.02	0.74	0.05
<b>Cy</b>	<b>14.9712</b>	0.31			1.00	-0.04	0.01	0.00	0.06	0.81
<b>K1</b>	<b>0.0623949</b>	0.00022				1.00	-0.96	0.90	0.00	-0.02
<b>K2</b>	<b>-0.222483</b>	0.00079					1.00	-0.98	-0.01	-0.01
<b>K3</b>	<b>0.233996</b>	0.00089						1.00	0.01	0.02
<b>P1</b>	<b>-2.87404e-05</b>	2.1e-05							1.00	0.09
<b>P2</b>	<b>0.00112417</b>	2.9e-05								1.00

**Tabel 2.** Perkiraan kesalahan dan peletakan GCP  
(Sumber: Agisoft Metashape General Report Process “Arca Laksmi”)

Label	Distance (m)	Error (m)
point 1_point 2	0.440017	0.0400171
point 2_point 5	0.313051	
point 2_point 3	0.64409	0.01409
point 1_point 4	0.620619	
point 5_point 7	0.433758	
point 8_point 9	0.117545	
point 10_point 11	0.222246	
point 1_point 3	0.744979	0.0849793
point 2_point 4	0.735546	0.0355455
<b>Total</b>		<b>0.0507072</b>



**Gambar 1.** Image residuals for OPPO A5s (3.46mm)  
(Sumber: Agisoft Metashape General Report Process “Arca Laksmi”)





## 6. Perataan gambar

Proses perataan gambar (*aligning photos*) dilakukan melalui proses pengambilan foto mengelilingi objek secara 360°, dengan perkiraan jarak yang hampir sama, dan tanpa menggunakan skala penanda. Pengukuran dilakukan secara langsung pada objek yang kemudian dimasukkan sebagai titik-titik penanda pada proses pengolahan data menggunakan aplikasi *Agisoft Metashape*.

Tahap pengolahan perataan gambar menggunakan fungsi bawaan yang diterapkan pada setiap model. Hal ini dilakukan untuk memperkirakan kualitas setiap gambar pada skala dari 0 hingga 1, serta untuk menghilangkan gambar yang tidak digunakan. Seluruh tahapan dilakukan dengan mengikuti arahan perangkat lunak. Dengan pertimbangan ukuran data yang ada tidak besar, maka dipilih akurasi tinggi untuk tahap ini. Tahap yang disebut *Structure from Motion (SfM)* bertujuan untuk merekonstruksi gambar yang dikumpulkan dari lapangan. Sebagai hasil dari langkah ini adalah *point cloud* yang terdiri dari 70.888 titik untuk bagian dalam dan 94.614 untuk bagian luar yang merupakan satu set lokasi dan sudut kamera foto (Gambar 2A).

## 7. Dense Point Cloud

Berdasarkan *rare point cloud*, yang sebelumnya dihasilkan melalui algoritma *multiviewpoint stereo*, tahapan selanjutnya adalah membuat *dense point cloud*. Pilihan parameter kualitas yang digunakan adalah “medium” untuk menghindari waktu pengerjaan yang cukup lama, mengingat kemampuan dari komputer yang digunakan. Pada tahap ini, campur tangan secara manual diterapkan untuk pertama kalinya dalam proses edit dan membersihkan model dengan menghilangkan bagian dan titik yang tidak tepat atau berada di luar daerah yang dibutuhkan (Gambar 2B).

## 8. Model polygonal (Mesh)

Proses ini menggunakan algoritma perhitungan *dense cloud point*, sudut dan posisi kamera, model poligonal tanpa warna, serta tekstur (Gambar 2C). Pembuatan model juga membutuhkan waktu yang cukup panjang, karena memerlukan intervensi secara manual untuk menutup celah yang ada, memperbaiki wajah yang salah, menghaluskan tampilan, serta menghilangkan sumber cahaya atau wajah yang terlalu terang.

## 9. Tahapan Akhir

Tahap akhir pemodelan 3D adalah membuat *mesh*, pemodelan *tekstur*, dan pemberian warna. Apabila terdapat bagian yang tidak diinginkan maka perlu dihilangkan, demikian juga efek lain yang akan menurunkan kualitas model akhir (Gambar 2D).



**Gambar 2.**

A. Tie Point, B. Dense Cloud, C. Mesh, D. Texture

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 1. Teknik Fotogrametri Arca Dewi Laksmi

Hasil pemodelan tiga dimensi arca Dewi Laksmi dengan kamera *lab calibration* dan kontrol menggunakan skala diperoleh nilai total *error* cukup kecil yaitu sebesar 0.0507072 atau sekitar 5 cm. Nilai ini memang tergolong masih cukup besar apabila dibandingkan dengan total ukuran objek yang sesungguhnya. Besar kemungkinan hal ini dikarenakan adanya kesalahan dalam memberikan *control point* di lapangan. Nilai tersebut dapat dipengaruhi oleh kondisi kamera yang kurang stabil atau penggunaan *autofocus* pada telepon pintar yang digunakan.

Akan tetapi, sebagai langkah awal dan pembelajaran bagi komunitas hal ini akan dapat diperbaiki lagi dengan saling bertukar pengetahuan dengan komunitas yang lain. Cara ini akan lebih mudah dilakukan karena dengan bertukar pengetahuan antar sesama komunitas, seringkali menghilangkan sekat-sekat kesungkapan yang

ada, sehingga kemampuan anggota komunitas untuk melakukan pendokumentasian secara 3D akan menjadi semakin baik. Sekat kesungkapan seringkali dialami oleh para anggota baru komunitas yang merasa tidak memiliki latar belakang yang sama dengan anggota yang lain. Meski demikian, karena sifat keanggotaan komunitas yang sangat cair tanpa memandang latar belakang pendidikan masing-masing anggotanya, maka bertukar pengetahuan antar anggota dalam komunitas atau dengan komunitas lain menjadi cara yang mudah untuk saling menambah pengetahuan.

Cara baru pendokumentasian objek dalam bentuk tiga dimensi menghasilkan objek digital yang dapat diputar 360°. Selain itu, akurasi ukuran objek tersebut juga dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Hasil pembuatan bentuk 3D akan menjadi data dasar untuk restorasi *non-invasive*, karena semua prosesnya dilakukan dalam komputer, bukan pada objek aslinya. Bentuk 3D dalam hal ini digunakan sebagai alat atau sarana untuk dapat menghasilkan restorasi artefak yang rusak, aus, atau tidak lengkap. Hal ini dilakukan dengan tujuan melengkapi dan memperbaiki restorasi agar mendapatkan hasil yang mendekati bentuk asli ketika objek tersebut utuh. Hasil dari restorasi secara komputerisasi yang dilakukan oleh anggota komunitas dapat dilihat pada Gambar 3. Dokumentasi 3D dapat pula menjadi ide bagi para pemegang kebijakan di instansi terkait ketika akan melakukan pameran. Tidak semua objek atau benda warisan budaya yang utuh bisa dipamerkan, namun melalui hasil dokumentasi 3D maka sejumlah koleksi yang tidak lengkap pun dapat dipamerkan secara menarik.



**Gambar 3.** Hasil restorasi digital yang dilakukan oleh anggota komunitas  
(Sumber: Boni Suwandi)

Meskipun fotogrametri bukan merupakan metode yang baru dalam melakukan dokumentasi warisan budaya di dunia barat, akan tetapi harus diakui di Indonesia pemanfaatan fotogrametri dalam membantu penelitian dan penerapannya sebagai sarana dokumentasi masih cenderung tertinggal. Rekonstruksi dan restorasi digital saat ini masih menjadi hal baru dalam penelitian arkeologi di Indonesia.

## 2. Perekaman 3D

Pelestarian objek atau benda warisan budaya tentu harus melalui proses yang memenuhi kaidah-kaidah keilmuan. Misalnya untuk melakukan konservasi, harus dilakukan perekaman atau dokumentasi baik berupa tulisan maupun gambar. Setelah itu, restorasi atau rekonstruksi baru dapat dilakukan pada benda tersebut. Konservasi akan dapat memperpanjang usia warisan budaya sekaligus manfaatnya. Selama ini, memang sudah banyak warisan budaya yang terekam dengan baik, tetapi tidak sedikit pula yang kurang diperhatikan dan dibiarkan aus. Sebagian besar data perekaman yang ada saat ini masih dalam bentuk foto atau gambar dua dimensi. Kekurangan dari rekaman dua dimensi, antara lain adalah dimensi ukuran yang seringkali tidak terekam dengan sah, apalagi jika benda yang direkam mempunyai bentuk tidak beraturan. Selain itu, sisi pengambilan gambar pada rekaman dua dimensi juga akan sangat mempengaruhi sudut pandang dan interpretasi atas benda tersebut.

Kini dengan semakin mudahnya orang memiliki kamera, banyak orang dapat ikut serta merekam warisan budaya. Namun, dengan cara konvensional, seringkali data ukuran dan sudut pengambilan tidak tercatat. Apabila hal ini terjadi maka ketika gambar tersebut akan dimasukkan dalam pangkalan data (*database*) akan ada beberapa dimensi benda yang ternyata belum terekam dengan baik, sehingga rekaman data tidak cukup lengkap. Keadaan ini tentu tidak akan menguntungkan untuk kajian yang akan dilakukan. Upaya untuk menghindari hal tersebut antara lain adalah dengan dilakukan perekaman secara tiga dimensi. Perekaman dapat dilakukan dengan memanfaatkan telepon pintar dengan kamera yang cukup baik. Rekaman yang diperoleh dapat kemudian dialihkan menjadi format tiga dimensi.

Melalui pemodelan tiga dimensi (3D) maka hasil pendataan objek warisan budaya dapat dilihat secara lengkap, sama seperti apabila berada di tempat objek tersebut berada. Hal ini dapat dilihat pada contoh kasus perekaman atas arca Dewi



Laksmi di Madiun (Sambodo, 2022). Ukuran arca juga dapat segera diketahui seperti terlihat pada Gambar 3. Dengan demikian, perekaman data dalam bentuk 3D tidak membutuhkan keterangan tambahan lain yang harus direkam secara terpisah atau dengan kata lain keterangan telah terpadu dengan rekaman data utama.



**Gambar 4.** Ukuran dapat secara langsung terdapat dalam hasil yang ada (Sumber:Dokumentasi pribadi)

Cara perekaman atau pengambilan data untuk kemudian diolah menjadi bentuk 3D secara digital cukup mudah. Diawali dengan pengambilan foto yang dilakukan mengelilingi objek 360°, berdasarkan pada perkiraan jarak yang hampir sama, dan tanpa menggunakan penanda skala. Data ukuran objek terekam langsung sebagai titik-titik penanda yang kemudian dapat diolah dengan komputer menjadi dimensi ukuran objek. Proses selanjutnya dilakukan menggunakan aplikasi program yang digunakan.

Cara perekaman dan pengolahan data yang mudah dapat dilakukan hampir oleh semua pengguna telepon pintar, termasuk para anggota komunitas pemerhati warisan budaya. Anggota komunitas yang berusaha melakukan kegiatan perekaman 3D tentu merupakan bentuk partisipasi masyarakat terhadap pelestarian warisan budaya. Sebagaimana telah disinggung sebelumnya bahwa kemunculan berbagai komunitas pemerhati warisan budaya antara lain dipicu oleh keterbatasan pihak berwenang dalam menanggapi laporan temuan benda-benda cagar budaya atau objek diduga cagar budaya. Mengingat hal tersebut, maka apabila setiap anggota komunitas mampu merekam data di lapangan dengan baik dan lengkap, tentu mereka dapat menjadi mitra yang sangat membantu pihak-pihak terkait dalam pelestarian.

Apalagi perekaman secara digital tersebut akan menjadi teknik yang semakin terjangkau, instan, dan menghasilkan rekaman warisan budaya yang lengkap dan berkualitas.

Peran komunitas sebagaimana diuraikan di atas sejalan dengan amanat undang-undang (Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2010 Tentang Cagar Budaya, 2010). Undang-undang menyebutkan bahwa setiap orang, seluruh elemen masyarakat, serta pemerintah wajib terlibat dalam pelestarian Cagar Budaya. Partisipasi setiap orang antara lain dapat diwujudkan dalam pendaftaran Objek yang Diduga Cagar Budaya (Pasal 29 ayat 2), melakukan perlindungan (Pasal 56), dan pengamanan (Pasal 63). Dengan demikian, jelas bahwa semua orang tanpa terkecuali harus turut serta dalam kegiatan pelestarian maupun perlindungan Cagar Budaya. Oleh karena itu, sosialisasi dan publikasi tentang pentingnya pelestarian Cagar Budaya kepada masyarakat (dan para pemangku kebijakan) masih perlu dilakukan secara terpadu dan terus-menerus. Kesadaran yang perlu ditanamkan kepada masyarakat luas terutama menekankan pada peran warisan budaya sebagai bukti nyata dari peradaban yang merupakan ingatan bersama (*collective memories*) bagi masyarakat. Ingatan bersama menumbuhkan hubungan batin yang erat antara masyarakat dan Cagar Budaya di sekitarnya, sehingga Cagar Budaya dapat dijadikan sebagai lambang keberadaan (eksistensi) dan simbol identitas (Asmann & Czaplicka, 1995). Selanjutnya, adanya kesamaan identitas akan meningkatkan rasa kebersamaan dan memperkuat kerukunan dalam kehidupan masyarakat.

Di sisi lain, meningkatnya partisipasi masyarakat dalam pelestarian dengan sendirinya akan meringankan pemerintah, sebagai pihak yang bertugas melestarikan warisan budaya. Bagaimanapun juga harus diakui, hingga kini instansi pemerintah yang menangani warisan budaya baik di tingkat pusat, provinsi, maupun kabupaten/kota seringkali tidak dapat secara terus-menerus melakukan pemantauan terhadap benda-benda warisan budaya yang tersebar luas di area kerja mereka. Beberapa kali terjadi, temuan warisan budaya yang penting justru diketahui dari laporan komunitas pemerhati warisan budaya. Kemampuan komunitas untuk merekam warisan budaya dengan baik dan lengkap tentunya dapat menjadi jembatan menjalin kerjasama yang baik bagi kedua belah pihak. Di satu sisi minat, kesenangan, dan kepedulian para anggota komunitas dapat tersalurkan, di sisi lain pengawasan



atau laporan temuan baru dapat segera ditindaklanjuti oleh instansi terkait (Sambodo et al., 2019).

Dokumentasi 3D dapat memberikan gambaran yang lebih jelas dibandingkan dokumentasi 2D. Hasil dokumentasi yang didapatkan lebih nyata dan dapat dilihat dari berbagai sudut pandang. Lebih jauh lagi, jika perekaman 3D dilakukan pada prasasti, maka kegunaannya semakin meningkat sebagai bahan ajar, baik untuk diskusi maupun pembelajaran prasasti. Dokumentasi 3D akan sangat membantu dalam pembelajaran prasasti, karena dimensi kedalaman goresan aksara akan dapat ditampilkan lebih nyata dan jelas, sehingga tingkat keterbacaan prasasti juga akan meningkat.

Tidak kalah penting adalah bahwa rekaman digital warisan budaya yang memadai akan dapat dikembangkan menjadi bahan pembelajaran, baik bagi komunitas secara khusus maupun masyarakat secara umum. Informasi objek warisan budaya yang disimpan ke dalam arsip digital (*digital file*), memungkinkan pemanfaatan objek dapat ditingkatkan. Arsip digital juga dapat diolah menjadi bahan ajar diskusi antar anggota komunitas. Sejumlah komunitas seringkali mengundang para ahli untuk memberi tambahan pengetahuan yang berguna bagi anggota komunitas. Pengetahuan tersebut amat berguna bagi masyarakat ketika mereka melakukan *blusukan*. Arsip digital juga memberikan kemudahan lain, yaitu ketika ada kebutuhan untuk berbagai informasi. Data dalam bentuk arsip digital lebih mudah dibagikan kepada sesama anggota komunitas dan kepada semua pihak yang membutuhkan. Penyebaran arsip digital dapat dilakukan hanya dari perangkat telepon pintar dengan fasilitas *sharing file* maupun menggunakan jaringan internet lainnya.

## **KESIMPULAN**

Perangkat telepon pintar yang kini banyak dimiliki oleh anggota komunitas pemerhati warisan budaya, dapat meningkatkan partisipasi mereka dalam melestarikan warisan budaya. Salah satu caranya adalah dengan memberikan bekal pengetahuan dan keterampilan untuk memanfaatkan telepon pintar secara maksimal untuk menghasilkan rekaman dan dokumentasi warisan budaya yang jelas, akurat, serta mudah digunakan. Kasus perekaman arca Dewi Laksmi dari Madiun yang diuraikan dalam tulisan ini membuktikan mudahnya menghasilkan dokumentasi warisan budaya yang berkualitas. Hanya dengan menerapkan prinsip fotogrametri dan

cara pengolahan data sederhana dapat dihasilkan dokumentasi yang dapat digunakan untuk merekonstruksi benda warisan budaya yang seringkali telah rusak atau aus. Berbekal metode kreatif tersebut, anggota komunitas yang seringkali berkunjung ke suatu tempat untuk mendokumentasikan warisan budaya, di antaranya arca dan prasasti, dapat membantu instansi yang berwenang dalam proses perekaman dan rekonstruksi warisan budaya yang selama ini belum mendapat perhatian yang cukup.

Prosedur merekam dan mengolah data digital yang diuraikan dalam tulisan ini dapat menghasilkan model 3D dan gambar *orto* dari arca Dewi Laksmi. Selanjutnya, kedua hasil tersebut dapat dikembangkan menjadi bahan pembelajaran dan diskusi untuk meningkatkan pengetahuan tentang warisan budaya, baik di lingkungan komunitas itu sendiri, maupun masyarakat umum. Hasil olahan dari model ini dapat pula digunakan dan dibagikan secara luas dalam rangka sosialisasi dan publikasi tentang warisan budaya, sehingga dapat menumbuhkan kepedulian masyarakat terhadap pelestariannya.

Partisipasi komunitas yang mampu menghasilkan dokumentasi secara lengkap, akurat, dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah, tentu berpotensi menjadi jembatan untuk menjalin hubungan yang lebih baik antara komunitas pemerhati warisan budaya dengan pemangku kepentingan lain, khususnya instansi pemerintah di bidang warisan budaya. Kerjasama ini akan menguntungkan semua pihak karena di satu sisi komunitas akan tersalurkan minat dan perhatiannya dan di sisi lain tugas pemerintah untuk melakukan pendataan, pelestarian, dan penyebaran informasi warisan budaya dapat diringankan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih untuk teman-teman komunitas di Madiun; Ayu Wahyu, Andrik Supriyanto, Ferry Riyandika, Ardi Hendra Saputra dan Mukhlis Andes Prasetyo yang telah menemani, menjadi petunjuk jalan, dan teman diskusi saat perekaman arca Dewi Laksmi, serta Boni Suwandi untuk hasil edit digitalnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Asadpour, A. (2021). Mobile Photogrammetry for Architectural Documentation: Tips from a Case Study. *Academia Letters*, 1 (July 2021), 1–9. <https://doi.org/https://doi.org/10.20935/AL2085>
- Asmann, J., & Czaplicka, J. (1995). Collective Memory and Cultural Identity. *New German Critique*, No.65(Spring-Summer 1995), 125–133.





- Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2010 Tentang Cagar Budaya, Pub. L. No. 11 (2010).
- Kertajaya, H. (2008). *Arti Komunitas*. Gramedia Pustaka Utama.
- MathWorks. (n.d.). *Camera calibration*. Diambil 21 Maret 2022, dari <https://ch.mathworks.com/help/vision/ug/camera-calibration.html>
- Sambodo, G. A. (2022). *3D Dewi Laksmi*. Laksmi 1 3D Model. <https://skfb.ly/o9Cw7>
- Sambodo, G. A., Suprpto, Y, K., & Yuniarno, E. M. (2020). Application of Photogrammetry Techniques in Reconstructing the Carving on Stone Inscriptions. *Berkala Arkeologi*, 40(2), 309–328. <https://doi.org/https://doi.org/10.30883/jba.v40i2.597>.
- Sambodo, G. A., Widayati, M. T., & Purnawali, H. S. (2019). Peran Komunitas Dalam Penanganan Temuan Baru Prasasti (Studi Kasus Komunitas Kandang Kebo). *Berkala Arkeologi*, 39(1), 53–72. <https://doi.org/https://doi.org/10.30883/jba.v39i1.332>
- Stylianidis, E. (2020). *Photogrammetric Survey for the Recording and Documentation of Historic Buildings (Springer Tracts in Civil Engineering)* (1st ed. 202). Springer.