

# PENERAPAN FOTOGRAMETRI DALAM MENGIDENTIFIKASI ARCA BUDDHA PERUNGGU DI MUSEUM NEGERI BALI

I Nyoman Dharma Swara<sup>1\*</sup>, Kristiawan<sup>2</sup>, Kadek Dedy Prawirajaya R.<sup>3</sup>

Prodi Arkeologi, Fakultas Ilmu Budaya, Universitas Udayana

dsnyoman@gmail.com / kristiawan@unud.ac.id / dedyprawirajaya@unud.ac.id

*\*Corresponding Author*

## ABSTRAK

Fotogrametri merupakan teknologi yang dapat digunakan dalam bidang arkeologi untuk mengubah data dokumentasi fotografi ke dalam bentuk permodelan 3 dimensi. Tujuan dari penelitian ini adalah mencari tahu tahapan-tahapan yang diperlukan dalam proses pengumpulan data fotografi hingga konversi permodelan 3 dimensi dan menginterpretasi permodelan 3 dimensi yang dihasilkan. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan metode pengumpulan data observasi, studi pustaka, dan dokumentasi dengan metode analisis data berupa analisis kualitatif, analisis fotogrametri jarak dekat, analisis digital arkeologi, dan analisis komparasi. Berdasarkan hasil penelitian, dapat diketahui bahwa fotogrametri memerlukan proses yang cukup lama dalam mendokumentasikan data fotografi hingga proses konversi 3 dimensi. Banyak faktor yang perlu diperhatikan dalam pengambilan data fotografi seperti pengukuran jarak kamera terhadap objek, kalibrasi kamera, konfigurasi kamera, warna latar belakang dan alas menyesuaikan kontras objek, dan pencahayaan yang merata. Dalam proses konversi, perlu diperhatikan tahapan-tahapan konversi agar tidak terjadi kerusakan data yang tidak disengaja. Di sisi lain, hasil permodelan 3 dimensi memberikan tekstur dan bentuk arca yang sesuai dengan kondisi nyatanya. Permodelan 3 dimensi yang dihasilkan, dapat bermanfaat dalam bidang edukasi dan pariwisata, baik untuk pelajar, masyarakat awam, pemerintah, maupun instansi-instansi lainnya.

**Kata kunci:** *Arca, fotogrametri, permodelan 3D, konversi, fotografi*

## PENDAHULUAN

Teknologi merupakan sarana yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan manusia dengan membawa perubahan yang cukup signifikan bagi kehidupan manusia. Tidak hanya sebagai pemenuh kebutuhan saja, teknologi juga memiliki peran penting dalam edukasi seperti contohnya arkeologi. Teknologi dalam bidang penelitian arkeologi dimanfaatkan guna memberikan edukasi baik bagi para peneliti maupun masyarakat awam. Dalam bidang arkeologi, teknologi dapat digunakan untuk meningkatkan keakuratan data dalam dalam penelitian dan efisiensi dalam mengumpulkan data dalam kurun waktu yang singkat.

Pada masa lalu, dokumentasi prasasti atau arca dilakukan dengan cara yang sangat sederhana. Hasil yang didokumentasikan melalui cara-cara ini sangat bergantung kepada keahlian pelaku pencatatan. Pencatatan dan pendokumentasian

catatan tersebut memakan waktu yang sangat lama ketika dilakukan di lapangan. Hal ini menjadikan kelemahan dari hasil pendokumentasian yang tidak terstandarisasi dan memakan waktu yang lama meskipun sudah disadari namun belum banyak usaha untuk mengatasinya. Cara lain yang dapat digunakan dalam pendokumentasian yang lebih maju lagi dengan menggunakan foto. Dengan fotografi, pendokumentasian sebuah benda cagar budaya maupun situs cagar budaya menjadi lebih cepat dan akurat (Sambodo dkk., 2020).

Di era teknologi saat ini, data dokumentasi fotografi masih kurang mendekati hasil yang optimal yang diperlukan sehingga banyak kalangan peneliti menerapkan fotogrametri sebagai upaya untuk mendapatkan hasil mendekati kebenaran dengan apa yang ada di lapangan. Dokumentasi fotografi memiliki kelemahan dalam mengidentifikasi dikarenakan pengukuran 2 dimensi hanya melihat dari 1 sisi objek dengan kualitas gambar yang kurang sesuai dengan keadaan objek yang sebenarnya. Selain itu, data 2 dimensi fotografi juga tidak dapat menyajikan penggambaran secara langsung dan menjelaskan ilustrasi dari sebuah objek penelitian dengan jelas. Fotogrametri merupakan salah satu proses yang dapat mendigitalisasikan data fotografi dan merubahnya ke dalam model 3 dimensi (Linder, 2006).

Kekurangan lain yang dihadapi peneliti dalam pengumpulan data dokumentasi fotografi adalah detail objek yang kurang nampak pada gambar seperti ornamen, atribut, maupun hiasan-hiasan yang terdapat pada objek yang diteliti. Begitupula proses penggambaran ulang objek yang dilakukan dalam jangka waktu yang cukup lama untuk mendapatkan hasil optimal sehingga jalannya penelitian menjadi terhambat. Kekurangan lainnya terdapat pada penyimpanan data fotografi yang perlu diperhatikan guna menjaga keutuhan data. Hal ini dilakukan karena kerentanan data fotografi yang dapat rusak akibat usia data yang sudah lama sehingga kualitas bahan menurun, kondisi lingkungan seperti debu, panas, hingga kemungkinan terjadinya bencana alam, dan kelalaian peneliti dalam menyimpan data (Riyanto, 2003).

Teknik fotogrametri merupakan cara efektif yang dapat digunakan sebagai alternatif lain yang dapat digunakan sebagai metode penyimpanan data dokumentasi penelitian. Dengan fotogrametri, data fotografi 2 dimensi dapat di ubah kedalam bentuk permodelan 3 dimensi. Data 2 dimensi yang sudah dijadikan permodelan 3 dimensi dapat disimpan dalam bentuk perangkat lunak yang dapat disimpan di dalam komputer yang dapat dicetak kapanpun dan dimanapun. Data fotogrametri juga dapat digunakan sebagai bentuk dari edukasi yang bisa dibagikan kepada instansi-instansi pemerintahan

seperti museum maupun sekolah. Bentuk edukasi ini tidak hanya memberikan ilmu tetapi juga dapat memberikan hiburan berupa teknologi interaktif. Atas dasar tersebut, tema ini diangkat sebagai penelitian fotogrametri yang dapat dikembangkan lebih lanjut.

## **METODE**

Penelitian ini dilakukan di Museum Negeri Bali yang berada di Jl. Mayor Wisnu No. 1, Dangin Puri, Kec. Denpasar Timur, Kota Denpasar, Bali. Arca Buddha Perunggu digunakan sebagai objek penelitian. Arca Buddha Perunggu memiliki ketinggian 15.6 cm dengan lebar 9 cm. Arca Buddha Perunggu memiliki bercirikan posisi meditasi (*sattyparyankasana*) atau sikap duduk bersila dengan lapik *padma* ganda, sikap tangan *Dhyani Buddha Amitabha* dengan telapak tangan kanan menengadahkan dan menutup telapak tangan kirinya dan terletak pada bagian pergelangan kaki (*gulpha*) dan tumit kaki (*parsni*), memiliki bentuk muka oval dengan mata tertutup dan tidak memiliki tonjolan kecil pada dahinya (*urna*), berhidung pesek, memiliki mulut dan telinga yang lebar, memiliki rambut keriting dengan tonjolan gelung rambut (*usnisha*) pada bagian ubun-ubun, memiliki lipatan pada leher, mengenakan jubah (*kashaya*) yang menutupi bahu kiri. Penelitian ini menggunakan data kualitatif yang tidak dapat diukur dengan angka melainkan berupa kata, kalimat, maupun informasi-informasi lain yang sesuai dengan kenyataan di lapangan. Sumber data primer merupakan sumber data yang diperoleh secara langsung melalui observasi dan dokumentasi dalam menentukan objek penelitian, lokasi penelitian, serta data-data dari hasil penelitian. Sumber data sekunder merupakan data yang tidak diperoleh langsung dari objek maupun subjek yang berhubungan dengan data yang diperlukan dalam penelitian, seperti contoh data-data yang diperoleh dari institusi maupun lembaga tertentu. Sumber data sekunder dari penelitian ini diambil dari literatur mengenai pengumpulan data fotogrametri, hubungan fotogrametri dengan arkeologi, fotogrametri jarak dekat, simbol, ornamen, dan atribut-atribut arca dalam bentuk laporan penelitian, artikel online, dan karya-karya ilmiah lainnya yang terkait dengan permasalahan yang ada di dalam penelitian ini.

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini diawali dengan studi pustaka dengan mencari rujukan pada data sekunder berupa literatur, buku, jurnal, makalah, maupun artikel yang diperoleh dari berbagai sumber baik itu instansi pemerintah atau swasta, kelompok maupun perseorangan. Kemudian dilanjutkan dengan observasi lapangan berupa pencatatan yang dilakukan secara sistematis tentang semua gejala

terkait objek yang diteliti. Dilanjutkan lagi dengan dokumentasi objek penelitian untuk mengumpulkan data penelitian yang kemudian akan diubah kedalam permodelan 3 dimensi.

Teknik analisis data digunakan untuk mengisi dan menganalisa data yang dibutuhkan dalam permasalahan yang diteliti. Data yang sudah dikumpulkan melalui studi pustaka, observasi, dan dokumentasi disusun ke dalam bentuk data yang dapat dimengerti oleh pembaca.

1. Analisis kualitatif: Bogdan (1982) menjelaskan bahwa analisis data kualitatif merupakan upaya dalam mengelola kumpulan dari suatu data yang kemudian digabungkan menjadi satu data yang berkualitas. Analisis data kualitatif diawali dengan pengumpulan data terkait hasil penelitian sebelumnya, melakukan klarifikasi pustaka untuk mengkategorikan sesuai dengan laporan peneliti. Analisis ini digunakan dalam penelitian untuk menjelaskan hasil data-data digital dari permodelan 3 dimensi yang dihasilkan oleh fotogrametri.
2. Analisis fotogrametri jarak dekat: Mulia dan Hapsari (2014) mengidentifikasi bahwa analisis fotogrametri jarak dekat bermanfaat untuk mencari orientasi parameter kamera dalam kalibrasi, menentukan permodelan pada objek yang diteliti, menentukan besaran volume, dan mengukur luas suatu objek dalam pengambilan dari berbagai sisi. Analisis ini digunakan untuk mengkaji pengukuran kamera terhadap objek, kalibrasi kamera, dan konfigurasi kamera.
3. Analisis digital arkeologi: Zubrow dalam buku Evans, dkk (2005) berpendapat bahwa, analisis digital arkeologi merupakan cara komputer dan teknologi dalam mengubah data rekaman dan data interaksi di situs. Analisis ini berperan dalam pengelolaan data dan berfungsi untuk memecahkan berbagai masalah teoretis maupun naratif dalam analisis arkeologi. Analisis ini juga bermanfaat untuk arkeologi dalam menyelesaikan permasalahan teoretis dan aplikasi metodologis dengan menerapkan penggunaan komputer. Analisis ini digunakan dalam pemanfaatan aplikasi *Agisoft Metashape* dan *Polycam*, serta permodelan 3 dimensi yang dihasilkan.
4. Analisis komparasi: Fitriani (2020) mengemukakan bahwa, analisis komparasi merupakan penelitian yang perbandingan variabelnya bersifat membandingkan persamaan dan perbedaan dua atau lebih dari sifat dan fakta terkait objek yang diteliti melalui kerangka pemikiran tertentu. Analisis ini digunakan untuk

membandingkan 4 percobaan dari beberapa data fotografi yang dihasilkan dalam bentuk permodelan 3 dimensi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian fotogrametri merupakan penelitian yang membutuhkan ruang kerja yang luas dan pencahayaan yang seimbang. Ruang kerja yang luas dibutuhkan dalam tahapan dokumentasi fotografi sebelum dilakukan fotogrametri. Tahapan dokumentasi fotografi dilakukan untuk mengumpulkan data 2 dimensi melalui pengukuran kamera, kalibrasi kamera, dan konfigurasi kamera terhadap objek Arca Buddha Perunggu. Pencahayaan yang seimbang digunakan agar hasil data fotografi dapat menginterpretasi Arca Buddha Perunggu dengan jelas. Dalam tahapan fotografi, pengukuran jarak kamera dengan Arca Buddha Perunggu dilakukan untuk mensejajarkan posisi kamera dengan objek agar ukuran objek mendekati dengan keadaan nyatanya. kalibrasi kamera dilakukan untuk menyempurnakan kualitas data 2 dimensi untuk mengkoreksi distorsi atau kesalahan geometrik dari permodelan 3 dimensi yang dihasilkan. Konfigurasi kamera dilakukan untuk mengambil gambar objek memenuhi segala sisi objek yang menghasilkan perbandingan basis dan jarak atau ketinggian kamera terhadap objek yang diteliti.

Tujuan akhir dalam fotogrametri adalah permodelan 3 dimensi dari hasil konversi kumpulan data fotografi yang telah melalui proses kalibrasi kamera. Tahapan yang terjadi dalam proses konversi data yaitu sebagai berikut;

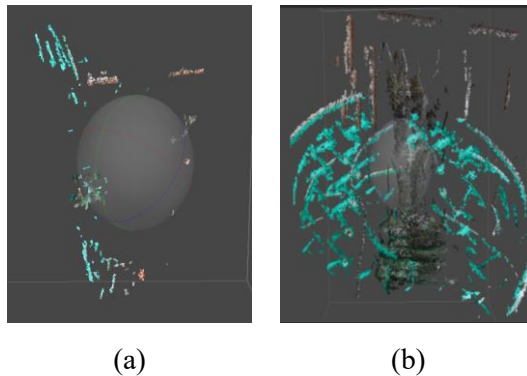
1. Tahap awal dilakukan dengan membuka *workflow* pada menu alat kerja di bagian kiri atas dari lembar kerja, terdapat pilihan *add photos* yang digunakan untuk menambah kumpulan data fotografi yang sudah siap untuk di konversi.
2. Setelah *add photos*, menu folder pada komputer akan terbuka, pilih *folder* dimana kumpulan data-data fotografi disimpan, kemudian *block* semua data fotografi yang diperlukan untuk dikonversi, lalu pilih *open* untuk memindahkan data fotografi kedalam lembar kerja *Agisoft Metashape*.
3. Setelah data dimasukkan ke dalam lembar kerja *Agisoft Metashape*, buka kembali *workflow* pada menu alat kerja *Agisoft*, lalu pilih *align photos* untuk mengkalibrasikan data fotografi.
4. Tahap *align photos* membuat *Agisoft* dapat memindai titik-titik pada data-data fotografi untuk mengidentifikasi dan mencocokkan posisi-posisi data fotografi dan menyempurnakan parameter kamera sesuai dengan keadaan nyatanya.

5. Setelah kalibrasi, terbentuklah *tie point* yang menyerupai kumpulan-kumpulan *pixel* yang terhubung dengan rangkaian posisi kamera yang sudah dicocokkan mendekati keadaan nyatanya. Posisi kamera pada lembar kerja mengindikasikan pembagian *pixel* kedalam grup *tie point* sesuai dengan komposisi data fotografi yang sudah dipindai.
6. *Tie point* yang sudah teridentifikasi kemudian dilakukan pemindaian kembali agar *point cloud* dapat mengidentifikasi bentuk Arca Buddha Perunggu melalui pilihan *build point cloud* pada menu *workflow* yang digunakan untuk menduplikasi dan mempertebal kumpulan-kumpulan *pixel* yang sudah dihubungkan oleh *tie point*, membentuk Arca Buddha Perunggu dari data 2 dimensi kedalam permodelan 3 dimensi.
7. Model 3 dimensi yang dihasilkan dari *point cloud* masih dalam bentuk kumpulan-kumpulan *pixel* kasar yang sudah memperlihatkan wujud dari Arca Buddha Perunggu. Tekstur pada permodelan 3 dimensi dapat dibuat menjadi lebih detail melalui menu alat kerja dengan simbol 9 lingkaran putih yang sejajar. Alat kerja ini digunakan untuk memberikan detail tekstur dengan menyamakan keadaan objek pada data fotografi, lalu menyesuaikannya sampai model 3 dimensi yang dihasilkan terlihat seperti kondisi nyatanya.

Penelitian fotogrametri ini dilakukan dengan membandingkan hasil permodelan 3 dimensi dari 4 hasil percobaan fotografi yang dilakukan. Percobaan fotografi yang dilakukan meliputi teknik-teknik fotografi, perbedaan jumlah data fotografi, dan perbedaan permodelan 3 dimensi diantara 2 aplikasi. Teknik fotografi yang digunakan dalam melakukan percobaan fotogrametri adalah teknik kamera *flash* dan teknik segitiga fotogrametri. Teknik *flash* memanfaatkan *flash* kamera untuk memberikan pencahayaan tambahan pada Arca Buddha Perunggu untuk membandingkan ketajaman yang dapat diberikan pada objek setelah ditambahkan pencahayaan dari *flash*. Teknik segitiga fotogrametri dilakukan dengan mengatur *aperture*, *ISO*, dan *shutter speed*. *Aperture* untuk mengatur jumlah cahaya yang masuk ke dalam sensor lensa, *ISO* mengatur kondisi pencahayaan pada kamera, dan *shutter speed* mengukur berapa lama lensa kamera menangkap cahaya. Percobaan jumlah data fotografi dilakukan dengan membandingkan 2 jumlah data fotografi yang berbeda antara 36 jumlah data fotografi dengan 48 jumlah

data fotografi. Percobaan ini membandingkan kualitas permodelan 3 dimensi yang dihasilkan oleh kedua data fotografi. Percobaan berikutnya membandingkan hasil permodelan 3 dimensi melalui 2 aplikasi fotogrametri yang berbeda yaitu *Agisoft Metashape* dan *Polycam*. Perbandingan ini bertujuan untuk membandingkan kualitas dan ketajaman permodelan 3 dimensi yang dihasilkan.

Berdasarkan permodelan-permodelan 3 dimensi yang dihasilkan, dapat disimpulkan bahwa percobaan fotogrametri dengan 2 teknik fotografi yang berbeda menghasilkan model 3 dimensi yang tidak sempurna. Pada percobaan teknik fotografi *flash*, permodelan 3 dimensi yang dihasilkan terlihat sangat abstrak dan memiliki interpretasi yang tidak mendekati kondisi arca pada umumnya. Bentuk arca tidak terlihat dan hanya teridentifikasi garis-garis tak beraturan. Hal ini terjadi dikarenakan pencahayaan pada objek yang terlalu berlebihan sehingga objek tidak dapat diidentifikasi dengan jelas. Pada percobaan dengan teknik segitiga fotografi, model 3 dimensi yang dihasilkan terlihat tidak sempurna, tetapi bentuk Arca Buddha Perunggu mulai nampak sedikit. Distorsi yang dapat dilihat adalah nampak bagian depan arca yang terduplikat menjadi 5 bagian, lubang-lubang besar terlihat dengan jelas, dan bagian belakang arca yang tidak dapat diidentifikasi. Hal ini terjadi dikarenakan saturasi gambar yang rendah sehingga intensitas cahaya yang menerangi objek menjadi berkurang.



Gambar 1. (a) Teknik *flash* (b) Teknik segitiga fotogrametri

(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2024)

Percobaan fotogrametri dengan 2 jumlah data yang berbeda memberikan model 3 dimensi dengan hasil yang lebih tajam dan akurat. Walaupun data fotografi berjumlah 36 foto masih dapat ditemukan beberapa distorsi seperti lubang pada wajah, gelung rambut

(*usnisha*), serta lengan kanan dan lengan kiri arca. Bagian mata, mulut, dan hidung pada arca tidak dapat terlihat dengan jelas dikarenakan distorsi pada bagian wajah arca. Tonjolan-tonjolan gelung rambut (*usnisha*) pada arca tidak dapat teridentifikasi dengan jelas, kuping pada arca masih dapat terlihat walaupun teksturnya masih cukup berantakan. Sedangkan jumlah data fotografi sebanyak 48 foto menghasilkan permodelan 3 dimensi yang hampir mendekati keadaan nyatanya, walaupun masih terdapat lubang pada bagian lengan kanan dan lengan kiri arca. Tonjolan pada gelung rambut (*usnisha*) arca dapat terlihat dengan jelas dengan tekstur yang sangat halus dan sesuai dengan kondisi nyatanya. Mulut arca terlihat lebar, berhidung pesek, kedua matanya tertutup, dan telinga yang lebar. Posisi meditasi (*sattyaparyankasana*), sikap tangan (*mudra*), dan jubah (*kashaya*) pada arca juga dapat terlihat dengan jelas sesuai dengan kondisi nyatanya.



(a)

(b)

Gambar 2. (a) 48 data fotografi (b) 36 data fotografi

(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2024)

Berdasarkan percobaan fotogrametri dengan 2 aplikasi yang berbeda, dapat disimpulkan bahwa permodelan 3 dimensi pada aplikasi *Agisoft Metashape* menghasilkan model 3 dimensi dengan tekstur arca yang sangat mendekati dengan keadaan nyata Arca Buddha Perunggu. *Agisoft Metashape* memperlihatkan bentuk tonjolan gelung rambut (*usnisha*) pada arca, tonjolan pada mulut, hidung, mata, dan kuping lebih terlihat nyata, begitupula bentuk tangan, kaki, hingga lekukan-lekukan dari bagian badan dan jubah (*kashaya*) yang dikenakan terlihat lebih mendekati dengan keadaan nyatanya. Walaupun permodelan 3 dimensi aplikasi *Agisoft Metashape* masih menghasilkan distorsi seperti lubang pada bagian lengan kanan dan lengan kiri. Permodelan 3 dimensi pada aplikasi

*Polycam* menghasilkan model 3 dimensi dengan tekstur arca yang cukup datar. Tonjolan gelung rambut (*usnisha*) pada permodelan 3 dimensi aplikasi *Polycam* terlihat lebih datar dibandingkan dengan tekstur yang dihasilkan oleh *Agisoft Metashape*. Garis mulut dan mata dapat terlihat, hidung dan kuping terlihat tonjolannya walau tekstur arca tidak sama dengan kondisi nyatanya.



Gambar 3. (a) *Polycam* (b) *Agisoft Metashape*

(Sumber: Dokumentasi Pribadi,  
2024)

## SIMPULAN

Tahapan fotogrametri memang memerlukan ketelitian dalam pengukuran dan konfigurasi serta persiapan yang lama. Pemanfaatan aplikasi konversi juga membutuhkan waktu dalam mempelajari teknik-teknik yang diperlukan untuk membuat permodelan 3 dimensi. Di sisi yang lain, data permodelan 3 dimensi yang dihasilkan dalam bentuk data komputer yang dapat diduplikasi sebagai data cadangan, dapat dibawa kemanapun, dan aman dari kerusakan akibat faktor alami. Data permodelan 3 dimensi juga dapat digunakan dalam bidang edukasi dan pariwisata. Permodelan 3 dimensi dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembelajaran bagi kalangan pelajar, masyarakat awam, serta instansi-instansi lainnya sebagai bentuk edukasi sejarah melalui peninggalannya tanpa perlu mendatangi situs cagar budaya secara langsung. Data permodelan 3 dimensi juga dapat dimanfaatkan sebagai bentuk pariwisata yang bisa diterapkan oleh instansi pemerintah seperti Museum Negeri Bali dalam membuat pameran koleksi sebagai bentuk dari edukasi dan pariwisata bagi masyarakat-masyarakat awam.

Berdasarkan 4 percobaan fotogrametri yang dihasilkan, dapat disimpulkan bahwa teknik fotografi flash dan teknik segitiga fotografi menghasilkan permodelan 3 dimensi yang tidak sempurna. Pada percobaan dengan teknik flash, objek Arca Buddha Perunggu tidak dapat mengkonversi bentuk arca dikarenakan intensitas cahaya yang berlebihan sehingga terjadi distorsi dimana arca tidak dapat teridentifikasi oleh aplikasi *Agisoft Metashape*. Pada percobaan dengan teknik segitiga fotogrametri, *Agisoft Metashape* hanya dapat mengidentifikasi sedikit dari nampak depan Arca Buddha Perunggu. Bagian belakang arca tidak dapat teridentifikasi dan bagian depan arca terduplikasi menjadi 5 bagian. Dari percobaan fotogrametri dengan jumlah foto tersedikit dan terbanyak menghasilkan permodelan 3 dimensi yang hampir mendekati sempurna dibandingkan dengan teknik *flash* dan teknik segitiga fotografi. Fotogrametri dengan jumlah data tersedikit sebanyak 36 foto, menghasilkan model 3 dimensi yang solid dengan keadaan arca yang hampir mendekati nyatanya. Akibat jumlah foto yang sedikit, bagian gelung rambut (*usnisha*), muka arca, lengan tangan kanan, dan lengan tangan kiri arca masih terdapat distorsi berupa lubang. Sedangkan pada percobaan fotogrametri dengan jumlah foto terbanyak sebanyak 48 foto dapat menghasilkan model 3 dimensi yang paling mendekati dengan kondisi nyatanya. Gelung rambut (*usnisha*), bagian muka dari mulut, hidung, mata, hingga kuping, sikap tangan (*mudra*), sikap duduk, jubah (*kashaya*), hingga detail-detail lainnya dapat terlihat dengan jelas, walaupun distorsi masih dapat ditemukan di bagian lengan kanan dan lengan kiri arca. Berdasarkan percobaan fotogrametri dengan membandingkan permodelan 3 dimensi yang dihasilkan oleh aplikasi *Agisoft Metashape* dan *Polycam*, kedua aplikasi mampu mengidentifikasi Arca Buddha Perunggu dengan kualitas dan ketajaman yang mendekati kondisi nyatanya. Akan tetapi, tekstur yang diberikan kedua aplikasi sangat berbeda. Aplikasi *Agisoft Metashape* memberikan tekstur arca yang sesuai dengan keadaan arca yang sebenarnya, tetapi aplikasi *Polycam* memiliki tekstur arca yang terlihat datar sehingga tonjolan-tonjolan pada gelung rambut (*usnisha*) tidak terlihat timbul, begitupula mulut dan mata pada Arca Buddha Perunggu.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Bogdan, R. 1982. *Qualitative Research for Education: An Introduction to Theory and Methods*. London: Pearson.
- Evans, T. dan Daly, P. 2005. *Digital Archaeology: Bridging Method and Theory*. Cambridge: Routledge.
- Fitriani, P. D. 2020. Analisis komparatif kinerja keuangan bank umum syariah pada masa pandemi Covid-19. *Jurnal Ilmu Akuntansi dan Bisnis Syariah (AKSY)*, 2(2), pp. 113-124.
- Linder, Wilfried. 2006. *Digital Photogrammetry: A Practical Course*. Heidelberg: Springer.
- Mulia, D. dan Hapsari, H. 2014. *Studi Fotogrametri Jarak Dekat Dalam Pemodelan 3 dimensi dan Analisis Volume Objek*. Surabaya: Kampus ITS Sukolilo.
- Riyanto, S. 2003. Digitasi Dokumen Penelitian Arkeologi. *Berkala Arkeologi*, 23(2), pp. 151-163.
- 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), pp. 309-328.