

# MODEL 3 DIMENSI UKIRAN BALI BENTUK KARANG GAJAH MENGGUNAKAN FOTOGRAMETRI JARAK DEKAT

Ida Bagus Nyoman Pascima<sup>1</sup>, I Gusti Lanang Agung Raditya Putra<sup>2</sup>  
Fakultas Teknik dan Kejuruan, Universitas Pendidikan Ganesha,<sup>1,2</sup>  
Singaraja, Indonesia  
gus.pascima@undiksha.ac.id<sup>1</sup>, ia.raditra27@gmail.com<sup>2</sup>

**Abstract**— Ukiran Bali memiliki ciri dan nilai tersendiri. Ukiran Bali ditemukan di berbagai bidang termasuk arsitektur tradisional Bali. Bale kulkul sebagai salah satu bangunan di Bali yang sudah ada sejak lama dan memiliki arsitektur Bali. Bale Kulkul memiliki nilai seni, budaya, dan sejarah yang tinggi. Banyak Bale Kulkul dan pura yang telah dipugar untuk diperbaiki, namun banyak juga yang menghilangkan sisi artistik arsitektur Bali dengan menghilangkan ukiran pada bangunannya. Penelitian ini bertujuan untuk membuat model 3d bagian Bale Kulkul yaitu Karang Gajah. Tujuan dari pemodelan ini adalah untuk arsip digital sejarah dan budaya Bali. Penelitian ini menggunakan metode fotogrametri jarak dekat untuk menghasilkan model 3 dimensi. Metode ini dipilih dengan mempertimbangkan biaya yang minimal. Penelitian ini menghasilkan model 3 dimensi yang sama dengan objek aslinya dan dengan ukuran yang mirip dengan objek aslinya dengan RMSE 2,89 mm. Hasil ini cukup memuaskan karena posisi objek yang sulit.

**Keywords**— ukiran bali, karang gajah, dokumen sejarah, budaya, fotogrametri rentang dekat..

## I. PENDAHULUAN

Bali sebuah pulau di Indonesia yang memiliki budaya luhur yang diilhami oleh akulturasi beragam budaya. Bergabungnya berbagai budaya seperti budaya Nusantara, Cina dan India menjadi kekhasan budaya Bali. Budaya Bali berbaur dengan agama Hindu Bali yang dipeluk mayoritas masyarakat Bali. Berbagai budaya yang memiliki unsur seni kerap juga diperuntukkan untuk persembahan dan ornament untuk Pura yang merupakan tempat suci agama Hindu Bali. Salah satu budaya yang memiliki unsur seni adalah ukiran. Ukiran Bali memiliki berbagai corak yang mencerminkan pengalaman hidup masyarakat Bali. Corak-corak ukiran di Bali banyak berupa bunga, dedaunan, makhluk mitologis dll. Ukirandi berbagai tempat di Bali pun terkadang memiliki cerita seperti diambil dari Epos Mahabarata dan Ramayana.

Arsitektur Bali kental akan nilai-nilai budaya, seni dan kearifan lokalnya. Salah satu penerapan arsitektur Bali terdapat di Pura. Pura di Bali dibangun berdasarkan suatu perhitungan yang terbagi menjadi 3 area yaitu Nista Mandala, Madya Mandala dan Utama Mandala. Pura-pura di Bali selalu dilengkapi dengan Bale Kulkul sebagai sarana komunikasi masal zaman dulu dan masih dilestarikan hingga sekarang. Bale kulkul di Pura atau di Banjar didesain cukup tinggi dengan tujuan suaranya mampu menjangkau tempat yg jauh. Desain Bale kulkul berundak dengan berbagai variasi ukiran. Secara umum ukitan Bali dikategorikan kedalam beberapa jenis seperti karang gajah, karang gowak, karang Boma dll. Setiap jenis ukiran ini memiliki tempat tersendiri sesuai aturan arsitektur Bali. Setiap ukiran akan memiliki ciri dan karakteristik masing-masing. Karang Gajah memiliki karakteristik serupa gajah dan ditempatkan di tiap sudut bagian bawah bangunan.

Dari sejumlah ukiran, penelitian ini akan berfokus pada dokumentasi ukiran karang gajah 3 dimensi. Studi kasus yang diambil adalah di Bale Kulkul Pura Bale Agung Desa Adat Takmung. Penelitian ini didasarkan karena kurangnya dokumen sejarah dan budaya yang diarsipkan secara digital. Pengarsipan ini penting mengingat peradaban Bali dapat terlihat dari perkembangannya sejak dahulu. Pengarsipan ini juga sebagai bentuk penghargaan terhadap sejarah. Bale Kulkul Pura Bale Agung Desa Takmung dipilih mengingat sejarah Panjang bale kulkul tersebut. Hal ini terlihat dari dokumentasi sejarah yang terlihat pada Gambar 1.



**KARMAPATI**  
Kumpulan Artikel Mahasiswa Pendidikan Teknik Informatika

**e-ISSN: 2685-7006 | p-ISSN: 2252-9063**

*Kumpulan Artikel Mahasiswa Pendidikan Teknik Informatika  
(KARMAPATI)*

*Volume 10, Nomor 3, Tahun 2021*



Gambar 1. Foto Bale Kulkul pada 27 September 1908

Sumber: Instagram Sejarah Bali.



Gambar 2. Foto Bale kulkul sekarang

Dokumentasi ini membuktikan peradaban Panjang Desa Takmung. Namun hanya tertinggal 1 dokumentasi foto sejak zaman dahulu. pengarsipan sangat diperlukan mengingat budaya dan sejarah Bali memiliki kekhasan dan sangat bernilai. Kegiatan sejenis juga dilakukan [1] untuk pendokumentasian aplikasi ragam hias budaya bali. Pengarsipan budaya Bali baik lontar, bale kulkul dan lain sebagainya telah banyak diteliti secara internasional. Berdasarkan permasalahan tersebut maka pengarsipan dipandang sangat penting untuk menjaga peninggalan bersejarah. Pemodelan yang digunakan adalah pemodelan 3 menggunakan Fotogrametri. Pemodelan ini digunakan untuk memperjelas pengarsipan yang selama ini berbentuk foto. Fotogrametri digunakan untuk meminimalisasi anggaran pemodelan.

Penelitian yang berjudul “Studi Fotogrametri Jarak Dekat Dalam Pemodelan 3d dan Analisis Volume Objek” dilakukan oleh [2]. Penelitian ini menerapkan Metode Close Range Photogrametry (CRP) atau Fotogrametri Rentang Dekat. Penelitian ini berusaha menggambarkan penimbunan materi yang terjadi di Surabaya. Penelitian ini menghasilkan kesimpulan bahwa Metode fotogrametri kurang akurat dalam menentukan volume objek tidak beraturan. Disimpulkan juga waktu yang dibutuhkan SRP lebih lama dan memerlukan hardware yang lebih tinggi dibandingkan Metode Electronic Total Station (ETS).

Penelitian berjudul “Pendokumentasian Aplikasi Ragam Hias Budaya Bali, sebagai Upaya Konservasi Budaya Bangsa Khususnya pada Perancangan Interior” dilakukan oleh [1]. Penelitian ini berfokus pada pengkajian terhadap hiasan berupa ukiran Bali pada arsitektur rumah Bali. Penelitian ini menghasilkan pemahaman bahwa ukiran Bali sejak dulu telah banyak berkembang dan masih diadaptasi hingga saat ini kendati tidak menggunakan arsitektur tradisional Bali.

Penelitian lain berjudul “Penggunaan Teknik Fotogrametri dalam Rekonstruksi Pahatan pada Batu Prasasti” yang ditulis oleh [3] berusaha memberikan solusi terhadap rekonstruksi prasasti. Penulis mengusulkan solusi untuk melakukan pemodelan 3D pada prasasti yang telah pudar untuk dapat dibaca Kembali. Penelitian ini menghasilkan model 3d yang detail sehingga pahatan prasasti dapat terlihat dengan baik.

Pada penelitian [4] yang berjudul “Analisis Deformasi menggunakan Metode Fotogrametri Rentang Dekat Berbasis UAV (Unmanned Aerial Vehicle) (studi kasus : Candi Gedong Songo)” berusaha memodelkan Candi Gedong Songo ke dalam bentuk 3D. Penelitian ini menggunakan Metode CRP. Penelitian ini menghasilkan model 3d yang mampu digunakan untuk pendokumentasian dan konservasi bangunan bersejarah. Penelitian ini juga melakukan uji model 3d dengan kemiripan yang sangat baik dibuktikan dengan selisih ukuran yang kecil.

Penelitian [5] berusaha untuk mendokumentasikan cagar budaya Candi Borobudur dalam bentuk digital. Penulis memberikan solusi alternatif menggunakan fotogrametri jarak

dekat dan Aerial untuk melakukan pemodelan. Penelitian ini mampu melakukan pemodelan dengan jarak yang terukur dan melakukan foto keliling pada objek. Penelitian ini menghasilkan model yang baik dengan RMSE 5mm antara ukuran hasil pemodelan dengan ukuran sebenarnya.

## II. LANDASAN TEORI

### 1) Fotogrametri Rentang Dekat (Close Range Photogrammetry)

Secara sederhana, istilah fotogrametri berarti proses mengukur gambar pada foto. Sedangkan dalam pengertian yang lebih komprehensif, fotogrametri meliputi: (a) memotret objek; (b) mengukur gambar objek pada foto yang diproses; dan (c) mengurangi pengukuran ke beberapa bentuk yang berguna seperti peta topografi [6]. Salah satu cabang fotogrametri adalah fotogrametri rentang dekat atau sering disebut dengan CRP (Close Range Photogrammetry). Fotogrametri rentang dekat digunakan untuk menjelaskan teknik fotogrametri dimana jarak antara objek dengan kamera dibawah 100 meter [7].

Fotogrametri rentang dekat menggunakan prinsip dasar pengukuran tumpang tindih antar foto dengan sudut pandang yang berbeda dan pengukuran orientasi kamera. Model tiga dimensi yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh banyaknya area tampalan antar foto. Kalibrasi pada kamera non metrik menggunakan bantuan komputersisasi sehingga dapat diketahui parameter kamera dan lokasi kamera, selanjutnya didapat nilai hasil pengukuran orientasi kamera [8].

### 2) Arsitektur Tradisional Bali

Bangunan tempat tinggal bagi masyarakat Bali dibangun sesuai dengan aturan Asta Kosala Kosali (bagian Weda yang mengatur tata letak ruangan dan bangunan layaknya fengshui dalam budaya Cina). Dalam filosofi masyarakat Bali, harmonisasi hidup akan tercapai apabila terwujud hubungan yang baik antara aspek pawongan (penghuni rumah), palemahan (hubungan baik antara penghuni rumah dengan lingkungannya) dan parahyangan. Oleh karena itu pembangunan sebuah rumah perlu memperhatikan aspek yang disebut dengan Tri Hita Karana.

Pada umumnya bangunan atau arsitektur tradisional daerah Bali selalu dipenuhi hiasan, berupa ukiran, peralatan serta pemberian warna. Ragam hias tersebut mengandung arti tertentu sebagai ungkapan keindahan, simbol-simbol dan penyampaian komunikasi [9]. Namun saat ini ragam hias Bali sudah mulai beradaptasi dengan perkembangan zaman yang pengaruh modernisasi serta pabrikasi telah mengutamakan kepraktisan dan fungsi. Motif ragam hias Bali pada dasarnya hampir sama dengan ragam hias Padjajaran, ragam hias ini dinamakan Patre Punggel yang umumnya terlihat di Pura sebagai hiasan di pintu masuk. Ragam hias Patre Punggel terdiri atas:

1. Bagian Pokok; merupakan perpaduan bentuk cekung dan cembung serta campuran daun ukuran besar atau tanggung, sehingga dari bentuk daun dapat diketahui jika daun ini adalah motif ukiran Bali.
2. Pokok Daun; merupakan sehelai daun yang tumbuh di tengah daun lainnya dan tertutup oleh angkup. Batas dan garis pokok berhimpitan dengan ulir muka dan masuk pada angkupnya.
3. Angkup; merupakan sehelai daun yang menutup daun pokok dari pangkal hingga ujung, dan pada ujung daunnya berulir.
4. Sunggar; sehelai daun yang tumbuh membalik di muka berbentuk krawingan yang pokoknya tumbuh dari ulir bagian benang.
5. Endong; sehelai daun yang selalu tumbuh di belakang daun pokok yang berbentuk cempalukan berulir atau daun punggel.
6. Trubusan; sehelai daun tambahan yang tumbuh di bagian ujung atas daun pokok sehingga menambah keindahan dari daun tersebut.
7. Simbar; sehelai daun tambahan yang tumbuh pada daun besar atau daun pokok di bagian bawah berdampingan dengan tangkai angkup.
8. Pecahan; suatu cawenan yang memisahkan daun pokok, terletak di tengah-tengah daun dan menambah baiknya dari suatu motif Bali.

### 3) Kekarangan

Kekarangan memiliki gaya ekspresionis, yaitu meninggalkan bentuk sebenarnya sehingga fauna ditampilkan secara abstrak. Berikut adalah kekarangan yang mengambil bentuk-bentuk binatang khayal primitif yang dinamai sesuai dengan bentukannya.

- a. Karang Boma. Berbentuk kepala raksasa yang dilukiskan dari leher ke atas lengkap dengan hiasan dan mahkota, diturunkan dari cerita Baomantaka. Karang Boma ada yang tanpa tangan ada pula yang lengkap dengan tangan dari pergelangan ke arah jari dengan jari-jari mekar. Karang Boma umumnya dilengkapi dengan Patra Bunbunan atau Patra Punggel. Ditempatkan sebagai hiasan di atas lubang pintu dari Kori Agung.
- b. Karang Sae. Berbentuk kepala kelelawar raksasa seakan bertanduk dengan gigi runcing. Umumnya dilengkapi dengan tangan seperti Karang Boma. Penampilannya dilengkapi dengan flora Patra Punggel dan Patra Bunbunan. Hiasan ini berada di Pintu Kori atau pintu rumah tinggal dan beberapa tempat lainnya.
- c. Karang Hasti (Asti). Disebut pula Karang Gajah karena Asti adalah Gajah. Bentuknya mengambil inspirasi dari bentuk gajah yang digambar abstrak sesuai dengan bentuk kekarangan. Karang Asti yang melukiskan kepala gajah dengan belalai dan taring gadingnya bermata bulat. Hiasan



**KARMAPATI**

Patra Punggel melengkapi ke arah sisi pipi gajah. Sesuai kehidupannya gajah di tanah Karang Asti ditempatkan sebagai hiasan pada sudut-sudut bebatuan di bagian bawah.

- b. d) Karang Goak. Bentuknya menyerupai kepala burung gagak atau goak. Disebut pula karang manuk karena serupa pula dengan kepala ayam dengan penekanan pada paruhnya. Karang Goak dengan paruh atas bertaring dan gigi-gigi runcing mata bulat. Sesuai dengan kehidupan manuk atau gagak sebagai binatang bersayap, hiasan karang manuk yang juga disebut Karang Goak ditempatkan pada sudut- sudut bebatuan di bagian atas. Karang Goak sebagai hiasan bagian pipi dan kepalanya dilengkapi dengan hiasan Patra Punggel. Karang Goak umumnya disatukan dengan karang simbar dari jenis flora yang ditempatkan di bagian bawah Karang Goak.

Terdapat pula kekarangan yang menampilkan suatu bentuk hiasan mendekati bentuk-bentuk flora yang ada dengan penekanan bagian-bagian keindahan. Seperti jenis keketusan ataupun papatran, jenis kekarangan ini sangat banyak ditemukan dalam ragam hias tradisional Bali. Adapun kekarangan jenis ini yang sering dijumpai adalah sebagai berikut.

- a. Karang simbar suatu hiasan rancangan yang mendekati atau serupa dengan tumbuh-tumbuhan lekar dengan daun terurai ke bawah yang namanya simbar menjangan. Karang simbar dipakai untuk hiasan-hiasan sudut bebatuan di bagian atas pada pasangan batu atau tataan kertas pada bangunan, badewadah, bukur atau hiasan-hiasan sementara lainnya.
- b. Karang bunga, suatu hiasan rancangan yang berbentuk bundar dengan kelopak dan seberkas daun yang juga digunakan untuk hiasan sudut-sudut bebatuan atau hiasan penjolan bidang-bidang.
- c. Karang suring, suatu hiasan yang menyerupai serumpun perdu dalam bentuk kubus yang difungsikan untuk sendi alas tiang tugeh yang dalam bentuk lain dipakai bersayap garuda. Karangan suring yang diukir dalam-dalam, memungkinkannya karena tiang tugeh bebas beban.

#### 4) Karang Gajah

Karang gajah terinspirasi dari bentuk gajah yang digambarkan secara abstrak. Karang Gajah dilukiskan dalam bentuk kepala gajah dengan belalai dan taring gadingnya bermata bulat. Hiasan Patra Punggel melengkapi ke arah sisi pipi gajah [1]. Sesuai kehidupannya gajah di tanah Karang Gajah ditempatkan sebagai hiasan pada sudut-sudut bebatuan di bagian bawah. Hal ini dikarenakan gajah dianggap memiliki kekuatan yang mampu menopang bangunan.

Motif hias karang asti yang ditempatkan pada bagian bawah suatu bangunan dengan mengutip cerita Sutasoma dan

lahirnya Ganesha. Dalam hal itu diceritakan, bahwa Gajah Waktra memiliki kesaktian yang tidak dapat dikalahkan atau dibunuh oleh para Dewa, raksasa, apalagi manusia. Semua kekuatan dan kesaktian Gajah Waktra diperoleh berkat anugerah Bhatarasana, sejak itu Gajah Waktra menjadi Raksasa Durmuka, yaitu manusia berkepala gajah dan memiliki empat tangan. Raksasa Durmuka semakin hari kian buas dan membunuh siapa saja yang berani melintasi hutan tempat tinggalnya yang menyebabkan para pertapa/rsi merasa cemas. Adalah Sutasoma, inkarnasi Budha, dapat menyadarkan segala perbuatan dosa yang pernah dilakukan Durmuka dengan senjata bajra. Senjata bajra menindih dan merasuki jiwa Durmuka yang mampu menyapukan sifat-sifat keangkaramurkaan yang telah lama melekat pada dirinya. Durmuka tertindih tidak karena beratnya senjata bajra, namun berat itu terjadi karena kebesaran hati dan luasnya pengetahuan tentang Budha yang disatukan lewat senjata bajra. (Team Penyusun Naskah-naskah Satwa Bali, 1985:38-68 dalam Hiasan & Bade, n.d.)

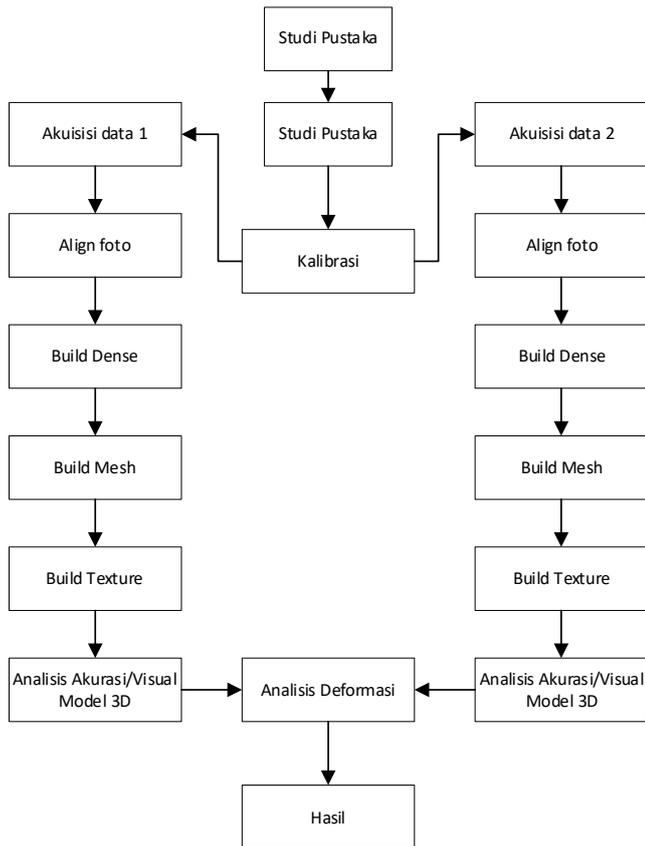
### III. METODE PENELITIAN

#### A. Lokasi dan Objek penelitian

Lokasi penelitian ini terletak di Pura Bale Agung Desa Adat Takmung, Kecamatan Banjarangkan, Kabupaten Klungkung. Objek yang akan di modelkan adalah ukiran pada Bale Kulkul Pura Bale Agung. Lokasi Pura terletak di koordinat -8.552859866292472, 115.39165295314885.

#### B. Tahapan Penelitian

Penelitian ini akan diawali tahapan kajian Pustaka untuk mendapatkan Pustaka yang mendasari penelitian dan untuk memperoleh solusi. Tahap berikutnya adalah mempersiapkan alat dan bahan untuk akuisisi data di lapangan. Alat sebelumnya dikalibrasi untuk mendapatkan standar akuisisi data. Tujuannya agar tidak terjadi kesalahan saat penggabungan foto menjadi bentuk 3d. Setelah kalibrasi berhasil dilakukan maka akuisisi data akan dilakukan sebanyak 2 tahap. Setiap tahap akuisisi data akan melakukan kegiatan Align Foto, Build Dense, Build Mesh dan Build Texture. Setelah akuisisi data dilakukan maka akan dievaluasi berdasarkan keakuratan hasil dari sisi ukuran dan bentuk. Kedua hasil akuisisi data akan dibandingkan melalui proses Analisis Deformasi. Hasil yang memiliki akurasi yang lebih tinggi akan digunakan sebagai model 3d. Adapun tahapannya tergambar pada Gambar 3.1.



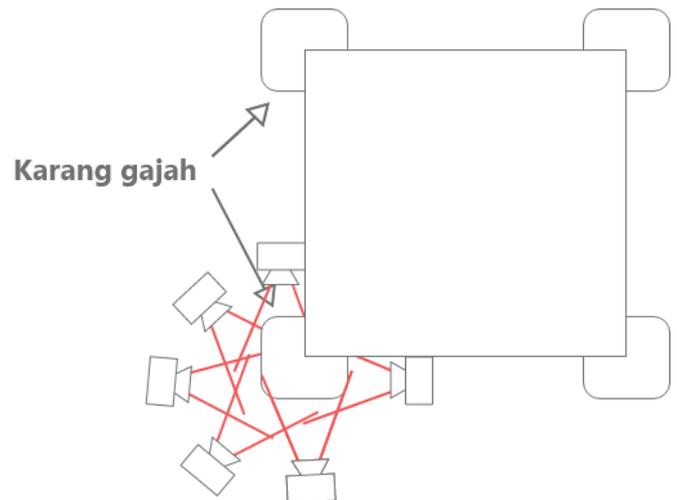
Gambar 3 Tahapan penelitian

beberapa ketinggian kamera. Tidak hanya ketinggian, jarak objek dengan kamera juga dilakukan pengukuran. Adapun detail dari jarak yang digunakan adalah sebagai berikut.

Jarak kamera dari objek	= 60cm
Tinggi take 1	= 70cm
Tinggi take 2	= 110cm
Tinggi take 3	= 195cm
Tinggi take 4	= 160cm
Tinggi take 5	= 185cm

#### 4) Pengambilan Foto Rentang Dekat (Close Range Photogrametry)

Pengambilan gambar dilakukan sejajar dengan obyek dengan area yang saling menutupi sekitar 80% tiap foto. Untuk memperkuat geometri obyek, maka kamera diputar sekitar 30° pada tiap titik pengambilan gambar. Tujuannya untuk dapat mencakup area sekitar dan dapat saling memperbaiki pada saat penggabungan. Pengambilan gambar akan dilakukan keliling secara vertical dan horizontal. Pemotretan dilakukan mengelilingi frame kalibrasi untuk satu set data dengan sudut perpindahan kamera optimum yaitu 90° [11]. Hal ini mengingat bentuk karang gajah seperti patung yang cenderung menonjol. Ilustrasi pengambilan gambar terlihat seperti Gambar 4 yang merupakan tampak atas dari bale kulkul dan Gambar 5 Diambil dari tampak depan.



Gambar 4. Teknik pengambilan gambar secara horizontal dilihat dari atas.

### C. Tahapan Pengambilan Data

#### 1) Persiapan alat dan bahan

Tahap ini dimulai pada persiapan alat dan bahan. Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

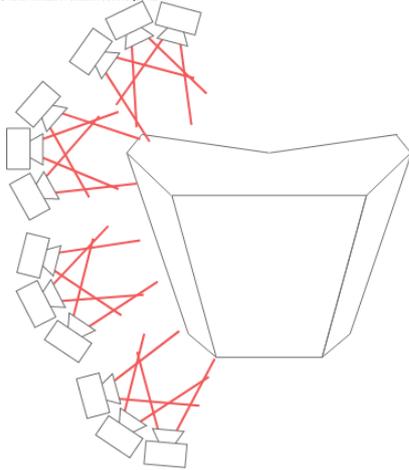
1. Perangkat keras.
  - a. Kamera Kamera DSLR 600D
  - b. Exposure: 1/640 f/6,3 ISO 3200
2. Perangkat lunak.
  - a. Agisoft Metashape Professional version 1.5.2 build 7838

#### 2) Pengukuran titik kontrol obyek

Pengukuran objek menggunakan alat meteran untuk mengetahui ukuran objek sebenarnya. Pada pengukuran akan ditentukan titik-titik yang menjadi acuan ukuran sebenarnya. Posisi ini akan menjadi posisi marker pada pengolahan data. Hasil pengukuran ini akan dibandingkan dengan model 3 dimensi yang dihasilkan.

#### 3) Pengukuran ketinggian kamera

Pengukuran ini ditujukan mendapatkan gambar yang stabil dan utuh. Pengambilan gambar dilakukan pada



Gambar 5. Teknik pengambilan gambar secara vertical dilihat dari depan.

#### D. Tahap Pengolahan Data

##### 1) Pre-processing foto

Tahap ini bertujuan untuk mengetahui kualitas foto yang dihasilkan. Pengecekan foto dilakukan secara manual dengan mempertimbangkan: a) kelengkapan cakupan untuk area, b) gap pada foto, c) gambar berbayang, d) tumpeng tindih foto tidak maksimal, e) gambar miring, dan lain-lain.

##### 2) Input data kalibrasi kamera

Hasil kalibrasi kamera digunakan sebagai data pendekatan awal, untuk kemudian dihitung kembali oleh Agisoft PhotoScan untuk mendapatkan parameter orientasi dalam yang sesuai dengan keadaan saat foto diambil. Parameter tersebut selanjutnya digunakan pada proses pengolahan foto selanjutnya. Kalibrasi pada kamera non metrik bertujuan untuk mengetahui parameter kamera dan lokasi kamera yang selanjutnya didapat nilai hasil pengukuran orientasi kamera [8]

##### 3) Alignment foto

Proses alignment foto dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Agisoft PhotoScan. Algoritma yang digunakan perangkat lunak ini adalah dengan mengenali titik-titik yang mempunyai kesamaan nilai piksel. Piksel dengan nilai yang sama akan didefinisikan sebagai *tie points*.

##### 4) Pembuatan dense cloud

Pembuatan dense cloud didasarkan pada perapatan foto disekitar tie point dan penggabungan antar titik berdasarkan nilai tingginya. Dense cloud menampilkan titik-titik yang lebih rapat apabila dibandingkan dengan tie points.

##### 5) Build Mesh

Proses build mesh bertujuan untuk membentuk permukaan dari hasil dense point cloud menggunakan poligon berbentuk

segitiga datar. Mesh model terdiri dari banyak poligon segitiga datar. Poligon ini dapat dianggap sebagai "piksel", dengan setiap objek memiliki resolusi yang ditentukan. Dengan kata lain, semakin banyak poligon, semakin halus objek yang muncul. Namun, ketika diperbesar, akan terlihat bahwa poligon yang membentuk permukaan melengkung adalah datar.

##### 6) Build Texture

Build texture merupakan tahapan untuk membentuk tekstur pada permukaan objek hasil rekonstruksi 3D. Pembentukan tekstur bertujuan untuk membuat permukaan lebih tajam dan detail hingga membentuk permukaan model yang sebenarnya sehingga terciptanya model 3D yang baik.

##### 7) Deformasi

Deformasi adalah perubahan bentuk geometri benda dari kondisi awal, ditinjau dari sudut pandang waktu [12]. Perubahan yang terjadi perlu dianalisis, hal ini dilakukan dengan survei deformasi. Menurut Sulasdi dalam [13], tujuan dari survey deformasi adalah untuk:

1. Memberikan informasi status geometrik dari benda terdeformasi, yakni perubahan posisi, bentuk dan dimensinya.
2. Memberikan informasi status fisik dari benda terdeformasi, yaitu keadaan dari tekanan internal (internal stress) dan relasi beban-deformasi.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses perataan berkas dan pemodelan tiga dimensi pada Bale Kulkul mengikuti proses yang telah dirancang. Obyek memiliki sudut pengambilan foto 180°. Kontrol yang digunakan menggunakan skala, dengan hasil perataan berkas seperti pada Tabel I sebagai berikut.

TABLE I. HASIL PERATAAN BERKAS DAN PEMODELAN 3D BALE KULKUL DESA ADAT TAKMUNG DENGAN KONTROL SKALA DAN KAMERA LAB CALIBRATION

LABEL	DISTANCE	ERROR (M)
point2_point1	0.350	0.00110
Point3_point4	0.200	0.00222
Point5_point6	0.910	0.00036
Point7_point8	0.660	0.00100
Point9_point10	0.790	0.00322
Point10_point11	0.920	0.00293
RMSE Total		0.00289

Dari hasil proses pembentukan model 3 dimensi, proses Align Photos terlihat terlihat seperti Gambar 6.



**KARMAPATI**

Kumpulan Artikel Mahasiswa Pendidikan Teknik Informatika

**e-ISSN: 2685-7006 | p-ISSN: 2252-9063**

*Kumpulan Artikel Mahasiswa Pendidikan Teknik Informatika  
(KARMAPATI)*

*Volume 10, Nomor 3, Tahun 2021*



Gambar 6 Proses Alignment Gambar

Sebelum dilakukan proses selanjutnya, dilakukan pembersihan model menggunakan menggunakan Free-Form Selection. Proses ini menghasilkan hasil seperti Gambar 7. Berikutnya dilakukan proses menghasilkan data point cloud, dense point cloud, mesh, dan tekstur. Hasilnya ditunjukkan pada gambar Gambar 8 (tie Point), Gambar 9 (dense clouds), Gambar 10 (tekstur).



Gambar. 9. dense clouds



Gambar. 7. Cleaned model

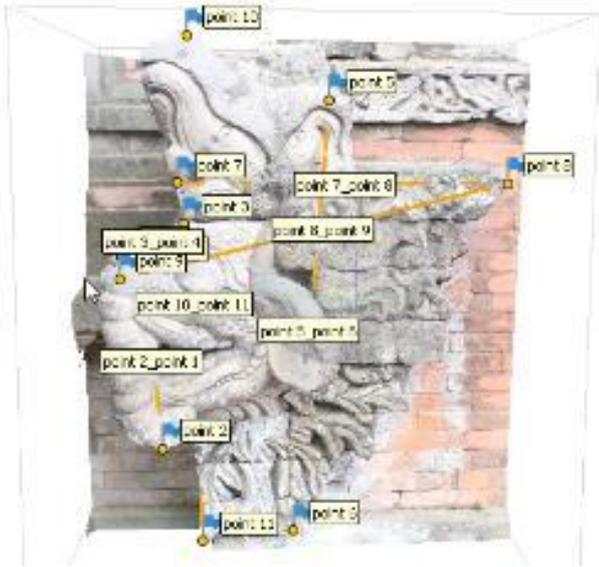


Gambar. 10. Texture



Gambar. 8. Tie Point

Setelah proses selesai, dilakukan penginputan jarak dari titik-titik pengukuran sesuai dengan pengukuran pada objek sebenarnya. Proses penginputan marker ditunjukkan seperti Gambar 11. Pengukuran perbedaan jarak antara model dengan objek sebenarnya belum dibandingkan dengan teliti namun telah menghasilkan hasil yang cukup baik.



Gambar 11 Proses Input Marker

#### SIMPULAN

Dari hasil pengumpulan, pengolahan, dan analisis data dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut.

1. Metode Fotogrametri rentang dekat menghasilkan output yang sangat baik dalam pemodelan 3 dimensi sehingga dapat dipergunakan sebagai alternatif pemodelan 3 dimensi dengan menggunakan kamera non metrik.
2. Hasil pemodelan 3 dimensi berbasis fotogrametri rentang dekat pada obyek Bale Kulkul di Pura Desa Bale Agung Desa Adat Takmung menghasilkan objek yang terlihat sama dengan objek aslinyadengan Tingkat error yang didapat yang cukup kecil yaitu sebesar 2.89 mm

#### REFERENCES

- [1] G. Hartanti and A. Nediari, "Sebagai Upaya Konservasi Budaya Bangsa Khususnya pada Perancangan Interior," *Humaniora*, vol. 5, no. 1, pp. 521–540, 2014.
- [2] D. Mulia and H. H. Handayani, "Studi Fotogrametri Jarak Dekat Dalam Pemodelan 3D Dan Analisis Volume Objek," *Geoid*, vol. 10, no. 1, p. 32, 2014.
- [3] G. A. Sambodo, Y. K. Suprpto, and E. M. Yuniarno, "Application of Photogrammetry Techniques in Reconstructing the Carving on Stone Inscriptions," *Berk. Arkeol.*, vol. 40, no. 2, pp. 309–328, 2020.
- [4] G. S. D. Hutahaean, Y. Prasetyo, and N. Bashit, "Jurnal Geodesi Undip FOTOGRAMETRI RENTANG DEKAT BERBASIS UAV ( UNMANNED AERIAL VEHICLE )," *J. Geod. Undip*, vol. 9, 2020.
- [5] Brahmantara, "METODE FOTO RENTANG DEKAT (CLOSE RANGE PHOTOGRAMMETRY) DAN AERIAL UNTUK PENDOKUMENTASIAN TIGA DIMENSI CAGAR BUDAYA," *J. Konserv. Cagar Budaya Borobudur*, vol. XI, pp. 46–63, 2017.
- [6] H. Moffit and M. Mikhail, *Photogrammetry*. Newyork. Harper Row Publisher, 1980.
- [7] K. B. Atkinson, *Close Range Photogrammetry and Machine Vision, Caithness*. Whittles Publishing, 1996.
- [8] I. N. G. Hendy, "Pembuatan Model Tiga Dimensi Candi Gebang Menggunakan Metode Fotogrametri Jarak Dekat.," *Skripsi, Yogyakarta Univ. Gadjah Mada.*, 2014.
- [9] J. Davison, N. Enu, and B. Granquist, "Bali Architecture," *Hongkong Periplus Ed. Ltd.*, 2003.
- [10] J. Hiasan and T. Bade, "JENIS HIASAN TATAHAN BADE I Made Suparta Fakultas Seni Rupa dan Desain ISI Denpasar," no. 1.
- [11] J. S. Aber, I. R. Marzloff, and B. Johannes, "Small Format Aerial Photography: Principles, Techniques and Geoscience Applications," *Elsevier.*, 2010.
- [12] Y. Q. Chen and A. Chrzanowski, *An Overview of The Physical Interpretation of Deformation Measurement*. Canada: Departement of Surveying Engineering, University of New Brunswick., 1980.
- [13] N. R. Hanifa, *Studi Penggunaan Kamera Digital Low Cost Non-Metric Auto-Focus untuk Pemantauan Deformasi*. Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2007.