



## BAB 20

### **VIRTUAL ANASTYLOSIS TERHADAP CANDI BLANDONGAN DI KOMPLEKS PERCANDIAN BATUJAYA**

### ***VIRTUAL ANASTYLOSIS ON THE BLANDONGAN TEMPLE WITHIN THE BATUJAYA TEMPLE COMPLEX***

**Dharma Putra Gotama**

#### **ABSTRACT**

*The discussion in this study is about the use of virtual anastylosis methods on the Blandongan Temple building at Batujaya Temple Complex in Karawang, West Java. This study involved 60% fieldwork and 40% computerized analysis, employing qualitative and comparative analyses. The theory of virtual archaeology and digital archaeological analysis is a hypertext between the interpretation of architectural forms and the process of anastylosis, enabling the reconnection of contexts between separate materials. The results of this study reveal that virtual anastylosis can be conducted on the Blandongan Temple site using three remaining building materials housed in the Batujaya Museum. This study utilized photogrammetry techniques in digitalizing the data. Virtual anastylosis can aid post-excavation archaeological research by gathering remnants of temple materials, conducting identification, and studying forms, which are then digitally matched with the assistance of computer hardware and software as a data-linking medium.*

**Keywords:** *Virtual Anastylosis, Digital Archaeology, Virtual Archaeology, Candi Blandongan*

#### **ABSTRAK**

Pembahasan dalam penelitian ini adalah tentang penggunaan metode virtual anastylosis pada bangunan Candi Blandongan di Kompleks Percandian Batujaya, Karawang, Jawa Barat. Penelitian ini 60% dilakukan di lapangan dan 40% dilakukan secara komputerisasi dengan menggunakan analisis kualitatif dan analisis komparatif. Material bangunan candi yang tersisa dari hasil ekskavasi menjadi kuncinya. Teori virtual arkeologi dan analisis digital arkeologi merupakan hypertext antara interpretasi bentuk bangunan dengan proses anastylosis, sehingga konteks antara material yang terpisah dapat kembali terhubung. Dari hasil penelitian ini, dapat diketahui bahwa virtual anastylosis dapat dilakukan pada Situs Candi Blandongan dengan tiga material sisa bangunan yang terdapat di Museum Batujaya. Virtual anastylosis pada penelitian ini dilakukan dengan teknik fotogrametri dalam memindahkan objek fisik ke digital. Virtual anastylosis dapat membantu

---

Dharma Putra Gotama  
Museum MACAN, e-mail: putradharma550@gmail.com

© 2024 Penerbit BRIN

D. P. Gotama, "Virtual anastylosis terhadap candi Blandongan di kompleks percandian Batujaya", dalam *Prosiding seminar nasional arkeologi 2021 "Teknologi di Indonesia dari masa ke masa"*, A. R. Hidayah, L. S. Utami, I. W. Sumerata, I. N. Rema, N. P. E. Juliawati, P. Y. Haribuana, G. Keling, I. A. G. M. Indria, dan N. Arisanti, Ed. Jakarta: Penerbit BRIN, September 2024, Bab 20, pp. 327–363, doi: 10.55981/brin.710.c1035, E-ISBN: 978-623-8372-95-9

penelitian arkeologi pasca-eks kavasi dengan cara mengumpulkan sisa-sisa material candi dan melakukan identifikasi, serta kajian bentuk untuk kemudian dipasangkan secara digital melalui bantuan perangkat keras berupa komputer dan perangkat lunak sebagai media penghubung datanya.

**Kata Kunci:** Virtual Anastylis, Arkeologi Digital, Virtual Arkeologi, Candi Blandongan.

## A. PENDAHULUAN

Tinggalan arkeologi berupa bangunan candi di Pulau Jawa bagian barat sangat terbatas keberadaannya. Candi sebagai tinggalan purbakala pada masa Hindu-Buddha merupakan salah satu kajian ilmu arkeologi yang dapat dijadikan sebagai objek penelitian dalam menggambarkan kebudayaan manusia pada masa lampau, mulai dari aspek arsitektur, teknologi, serta sosial-politik. Menurut Mundarjito (1993), faktor yang membentuk karakteristik bangunan-bangunan suci Hindu-Buddha di Indonesia, antara lain adalah bergantung pada faktor sumber daya alam, kondisi lingkungan, lahan, dan air. Seperti halnya bangunan candi di Kompleks Percandian Batujaya.

Kompleks Percandian Batujaya ini merupakan temuan arkeologi terbesar yang ada di Pulau Jawa bagian barat. Selain menjadi temuan arkeologi terbesar di Jawa Barat, bangunan candi di Kompleks Percandian Batujaya juga memiliki ciri khas yang unik pada gaya arsitektur bangunannya. Sejak ditemukan dan diteliti lebih mendalam pada rentang tahun 1984-1985 oleh Jurusan Arkeologi Fakultas Sastra Universitas Indonesia, hingga tahun 1993 telah ditemukan 24 reruntuhan bangunan kuno. Berdasarkan data penelitian, lima di antaranya diketahui sebagai bangunan suci keagamaan, yaitu *Unur Serut* (Situs Telagajaya I), *Unur Jiwa* (Situs Segaran I), *Unur Damar* (Situs Segaran II), *Unur Blandongan* (Situs Segaran V), dan Situs Segaran VII (Djafar, 2010: 52). Dari kelima situs yang disebutkan di atas, dua di antaranya sudah dilakukan pemugaran, yakni Situs Segaran I (Candi Jiwa) dan Situs Segaran V (Candi Blandongan).

Arsitektur yang khas dan menonjol dapat terlihat dari struktur bangunan pada kedua situs ini, salah satunya Situs Segaran V atau Candi Blandongan. Candi Blandongan sampai saat ini merupakan bangunan candi terbesar di Kompleks Percandian Batujaya, dan Candi Blandongan adalah satu-satunya candi yang memiliki empat buah tangga pada setiap sisi bangunannya, serta memiliki denah berbentuk bujur sangkar dengan ukuran 24,2 x 24,2 meter (Utomo, 2004, 42). Denah berbentuk bujur sangkar juga dikenal dengan nama *visama caturasra* (Munandar, 2013, 4).

Tangga yang terdapat di Candi Blandongan memiliki arah hadap ke sisi timur laut, tenggara, barat daya, dan barat laut. Tangga tersebut memiliki ukuran dan hias pelipit yang berbeda antara arah barat laut–tenggara dengan timur laut–barat daya. Penampakan bentuk candi Blandongan saat ini sebagian besarnya merupakan bagian kaki candi yang dilengkapi dengan pagar langkan dan sedikit di antaranya bagian tubuh candi yang memiliki lantai *pradakshinapatha* (Djafar, 2007, 105).

Lantai *pradakshinapatha* ini mengelilingi badan candi dengan lantai yang dibuat dari bahan campuran antara krikil dan kapur. Bagian lantai candi ini pada selasnya terdapat umpak batu berjumlah 16 buah. Umpak ini diperkirakan sebagai penahan kayu pada bagian atap candi.

Bagian badan candi terdapat sebuah bangunan persegi dengan relung disetiap sisinya, yang berhadapan langsung dengan pintu candi. Relung ini memiliki kedalaman sekitar 160 cm dan tinggi bangunannya saat ini berukuran sekitar 250 cm. Struktur bangunan ini oleh para ahli disebut sebagai tempat diletakkannya arca Buddha. Bagian atas struktur terdapat bangunan stupa yang cukup besar, hal tersebut dapat diketahui dari sisa fragmen yang tersisa pada saat pengupasan. Fragmen tersebut merupakan bagian stupa yang dilapisi oleh *lepa*.

Candi Blandongan pada saat ini sudah selesai direkonstruksi, namun dari hasil rekonstruksi tersebut belum tampak seperti apa yang para ahli deskripsikan dan ada beberapa fragmen tidak dapat terpasang pada tempatnya karena terkendala teknis. Hal tersebut membuat data arkeologis yang ditemukan oleh arkeolog atau peneliti tidak dapat tersampaikan kepada publik. Sisa bangunan atau fragmen bata yang tidak direkonstruksi kembali saat ini berada di museum Batujaya. Material tersebut bisa dikatakan merupakan salah satu bagian penting dari arsitektur bangunan candi, namun karena terdapat kekurangan material bahan yang menjadi syarat dilakukannya pemasangan kembali (teknis) material tersebut saat ini hanya tersimpan di meja panjang museum.

Pemanfaatan sisa bangunan tersebut agar dapat kembali menjadi satu keutuhan bangunan dapat dilakukan dengan teknik *anastylosis*. *Anastylosis* adalah pemasangan kembali sebuah monumen menggunakan bagian-bagiannya yang sudah hancur (ICOMOS, 1964). *Anastylosis* merupakan metode intervensi yang signifikan untuk diterapkan di monumen-monumen di wilayah Mediterania sejak abad ke-19. Pada abad ke-20 piagam konservasi internasional menetapkan *anastylosis* sebagai kerangka teori bentuk konservasi arsitektur yang dibenarkan untuk mengelola warisan budaya. *Anastylosis* dalam perkembangannya dapat disetarakan dengan praktik konservasi serta manajemen warisan budaya secara lebih umum.

Berbagai masalah muncul karena motivasi yang berbeda antar peneliti dalam keterlibatannya pada situs arkeologi, termasuk persoalan *anastylosis*. Permasalahan ini berkaitan dengan tingkatan dan tujuan keterlibatan peneliti itu sendiri, serta masalah-masalah khusus yang timbul akibat beragamnya sumber daya arkeologi atau warisan budaya. Di Indonesia, polemik terkait penelitian arkeologi ini sudah menjadi perdebatan para ahli sejak awal abad ke-20.

Polemik tersebut diawali oleh N. J. Krom dalam tulisan artikelnya yang berjudul *Restaureren van Oude Bouwwerken* (TBG 1911, dl.LIII, 1-15). Prinsipnya Krom tidak menyetujui adanya rekonstruksi (Soediman, 1989, 636-657). Sejak saat itu, selalu muncul perdebatan mengenai intervensi terhadap upaya rekonstruksi bangunan arkeologi. Kenyataan di atas akhirnya membatasi bangunan Candi Blandongan

untuk dapat dideskripsikan dan dipublikasikan seperti halnya hasil penelitian para ahli. Sangat disayangkan apabila peneliti atau para ahli arkeologi yang sudah dapat menggambarkan situs atau bangunan kuno dengan begitu rinci melalui uraian deskripsi, namun tidak dapat menuangkannya dalam bentuk visual.

Kemampuan mendeskripsikan *objek* arsitektur bangunan kuno atau situs secara utuh, dapat menambah informasi dan daya tarik masyarakat untuk lebih meningkatkan rasa ingin tahu terhadap ilmu arkeologi. Patut disayangkan apabila bangunan kuno yang sudah lama terkubur dan merupakan saksi kemajuan peradaban bangsa, ketika sudah ditemukan tidak dapat diberdayakan secara maksimal. Dari sudut cara berkesenian sebagai ekspresi hasrat manusia keindahan itu dinikmati, maka arsitektur merupakan salah satu dari seni rupa (seni optikal), yaitu kesenian yang dapat dinikmati dengan mata, disamping seni patung, lukis, seni relief, dan seni rias (Koentjaraningrat, 1980, 395-396; dalam Tara, 2008, 33).

Seorang arkeolog memiliki tanggungjawab untuk menyampaikan hasil penelitiannya kepada masyarakat sebab biaya penelitian yang dilakukan oleh arkeolog berasal dari rakyat sehingga hasil penelitian tersebut sudah semetinya dapat memberikan manfaat bagi masyarakat (Magetsari, 2012, 117). Deskripsi penelitian yang ditulis menggunakan kalimat ilmiah dirasa akan menyulitkan masyarakat untuk memahaminya. Jika hasil penelitian dalam bentuk deskripsi dapat divisualisasikan hal tersebut tentunya akan membantu masyarakat umum untuk memahami hasil penelitian arkeologi, salah satunya mengenai arsitektur bangunan.

Teknologi informasi modern dan instrument survei telah memberikan dorongan berkembangnya metode rekonstruksi pada situs arkeologi yang lebih akurat dalam pengukuran dan pengelolaan informasi. Penggunaan sistem informasi digital dengan *database* yang terstruktur dapat merekonstruksi bangunan atau objek seperti kondisi semula melalui tampilan virtual tiga dimensi dan dapat dilakukan perubahan atau perbaikan setiap saat. Proses ini disebut sebagai *virtual anastylosis* yang menggunakan teknik pemodelan digital berbasis *hypertext* dengan membuat model tiga dimensi berdasarkan salinan hipotesis dari model aslinya, caranya dengan merakit fragmen yang telah disurvei dari situs dan direkonstruksi secara filosofis berdasarkan pengetahuan dan riwayat dokumentasi penelitian (Cancian, 2013, 61).

Proses rekonstruksi virtual adalah bagian dari bidang studi: "Virtual Arkeologi". Studi yang dipelopori oleh Paul Reilly pada tahun 90-an (Reilly, 1990; Reilly, 1992). Proses *virtual anastylosis* ini dipakai para arkeolog untuk mencegah berbagai kesalahan yang dapat terjadi ketika melakukan *anastylosis* fisik secara langsung. Proses *virtual anastylosis* dilakukan untuk meminimalisir terjadinya salah perhitungan dan kerusakan material akibat proses pemindahan atau penempatan dalam *anastylosis* secara langsung. Melalui proses *virtual anastylosis* inilah kekurangan tersebut dapat ditekan dan para arkeolog pun tetap dapat memvisualisasikan bentuk interpretasinya.

*Anastylosis* melalui metode digital arkeologi dapat membantu mengoptimalkan visualisasi bentuk Candi Blandongan dengan melakukan *anastylosis* material bangunan secara optimal, mengingat candi ini terbuat dari bahan dasar batu bata. Bahan bangunan dari material batu bata ini mudah sekali hancur dan lapuk, sehingga sangat sulit untuk melakukan pemugaran bangunan berdasarkan hanya temuan yang sudah banyak mengalami keausan dan kelapukan. Teknologi *virtual anastylosis* dapat mengurangi kerusakan dan menjaga nilai penting sejarah melalui konservasi material pembentuknya.

Penelitian ini merupakan hasil dari pengamatan fenomena yang ada dari hasil *anastylosis* bangunan arkeologi dan penggunaan ilmu terapan dalam arkeologi. Rangkuman permasalahan dalam karya ilmiah ini sebagian sudah tersirat dalam bahasan latar belakang penelitian. Sehubungan dengan permasalahan tersebut rumusan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut: bagaimana bentuk interpretasi Candi Blandongan berdasarkan teknik non-digital dan bagaimana penerapan *virtual anastylosis* dapat diterapkan di bangunan Candi Blandongan menurut interpretasi tersebut.

Tujuan khusus yang hendak dicapai dari penelitian ini adalah menjawab permasalahan-permasalahan yang sudah tuliskan sebelumnya dalam rumusan masalah, yaitu untuk mengetahui hasil interpretasi bentuk Candi Blandongan dengan mendeskripsikan beberapa hasil penelitian yang sudah dilakukan dan hasil dari observasi lapangan, serta untuk mengetahui hasil dari penerapan *virtual anastylosis* (metode digital arkeologi) terhadap objek Candi Blandongan.

## **B. METODE**

Penelitian ini dilakukan dengan mengamati objek secara langsung agar hasil yang didapatkan sesuai dengan apa yang telah digambarkan dan dirumuskan. Penelitian ini merupakan usaha untuk melakukan *anastylosis* secara virtual (*virtual anastylosis*) terhadap bangunan candi dengan menggunakan metode digital arkeologi. Sementara itu, pendekatan yang digunakan berbasis kualitatif, pemilihan tersebut didasari dengan penelittian yang mengutamakan kualitas data yang objektif. Landasan teori sebagai pemandu agar fokus penelitian yang dilakukan sesuai dengan judul dan dapat menjawab semua permasalahan.

*Virtual anastylosis* merupakan metode rekonstruksi yang dapat dimanfaatkan untuk kepentingan arkeologi, terutama dipakai melakukan rekonstruksi bangunan atau material dalam struktur tertentu. Berkaitan dengan hal ini, penulis membutuhkan instrumen penelitian berbasis digital karena data yang didapatkan di lapangan dan data pustaka diklasifikasi dan dianalisis menggunakan sistem komputerisasi. Dari persentase yang dibuat oleh penulis didapatkan perbandingan 60:40, yakni 60% penelitian dilakukan secara non-digital dan 40% dilakukan melalui proses komputerisasi atau digital.

Proses non-digital adalah tahapan penulis dalam melakukan pengumpulan data. Tahap pengumpulan data yang dilakukan penulis adalah dengan melakukan studi pustaka dan observasi lapangan. Studi pustaka dalam penelitian ini adalah laporan hasil penelitian sebelumnya atau buku referensi arsitektur bangunan kuno Hindu-Buddha. Observasi lapangan yang dilakukan penulis berupa tinjauan atau pengamatan objek penelitian (bentuk, hiasan, sisa bangunan) dan penelitian langsung dengan melakukan sketsa gambar, pengukuran bangunan, dan wawancara. Hal tersebut dimaksudkan untuk memaksimalkan pendekatan secara metodologis agar interpretasi penulis terkait dengan bentuk bangunan dapat terbentuk secara intersubjektif.

Proses digitalisasi dalam penelitian merupakan tahap dari pengolahan data. Pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan melalui metode arkeologi digital, seperti yang telah dijelaskan dalam pembahasan sebelumnya. Dalam proses ini pengumpulan data dilakukan melalui dua tahap. Tahap pertama dilakukan bersamaan dengan observasi lapangan yang meliputi proses dokumentasi, dan tahap kedua dilakukan setelah melakukan observasi lapangan.

Dokumentasi sebagai bagian dari strategi pengumpulan data penelitian dilakukan dengan menggunakan teknik fotogrametri. Fotogrametri adalah sebuah proses pengolahan data dokumentasi untuk memperoleh informasi metris mengenai suatu objek melalui pengukuran yang dibuat pada hasil foto, baik dari udara maupun dari permukaan tanah. Interpretasi foto diartikan sebagai ekstraksi dari informasi kualitatif perihal foto udara dari objek melalui analisis visual manusia dan evaluasi fotografi (Edward dan James, 2004; dalam Mulia, 2013, 32).

Fotogrametri dilakukan dengan pengambilan gambar tumpang susun (*overlay*) atau orientasi jarak relatif untuk menentukan nilai perputaran sudut rotasi dan pergeseran posisi di antara dua buah foto. Proses ini dilakukan dengan cara memberikan nilai posisi dan orientasi untuk foto pertama, kemudian dilakukan proses perhitungan nilai posisi dan orientasi untuk foto kedua. Proses ini juga menggunakan parameter dari posisi pertama dan koordinat foto dari kedua buah foto. Dalam proses orientasi menghasilkan sebuah nilai relatif antara dua buah foto tersebut (Mulia, 2013, 35).

Setelah dokumentasi dilakukan dengan teknik fotogrametri, hasil foto dipindahkan ke perangkat keras berupa komputer untuk kemudian dilakukan pemindahan data melalui perangkat lunak berupa *software* pengolahan fotogrametri. *Software* atau perangkat lunak yang digunakan adalah *Colmap*. *Software* tersebut nantinya memindahkan objek fisik analog ke digital dengan tampilan 3D (tiga dimensi) yang disajikan berikut data objek seperti ukuran tinggi dan lebar bangunan.

Data digital tersebut merupakan media dasar *anastylosis*. *Anastylosis* dilakukan dengan bantuan perangkat lunak berupa *software* editing objek. *Software* yang dimaksud adalah *Meshlab* dan *Blender*. Kedua *software* tersebut nantinya membantu



membentuk bangunan candi secara utuh, sesuai dengan data yang di simpan dalam *software* pengolahan data digital.

Pengolahan data digital merupakan basis data yang menjamin bahwa *anastylosis* yang dilakukan tidak bergeser dari kaidah ilmu arkeologi. Dalam *software* tersebut tercatat berbagai ukuran dan susunan bangunan (kaki, badan, dan kepala candi). *Anastylosis* tersebut merupakan hasil dari data-data yang diambil dan dikumpulkan sebelumnya oleh penulis dalam tahapan non-digital. Penulis tidak menganggap rekonstruksi 3D sebagai cara untuk mewakili keadaan sebenarnya dari bangunan, tetapi sebagai dukungan untuk studi arsitektur dan arkeologi. Ini adalah interpretasi dari morfologi bangunan berdasarkan data yang dapat diandalkan. Pilihan tingkat detail dalam langkah pemodelan geometris menentukan informasi substansial yang ingin ditampilkan sesuai dengan tujuan analisis. Pada tahun 2006, metode rekonstruksi tiga dimensi sudah memungkinkan representasi pengetahuan yang efektif dalam mengarahkan interpretasi data hasil survei melalui *interfacing* (menghubungkan perangkat lain ke media komputer) informasi yang dihasilkan dari pemodelan tiga dimensi (Kurdi, 2011, 46).

Dalam suatu penelitian, data ilmiah sangatlah penting agar penelitian tersebut dapat menghasilkan karya yang layak untuk dipublikasikan. Teknik yang digunakan dalam mengumpulkan data pada penelitian ini antara lain.

1. Studi pustaka, yakni dengan mempelajari berbagai sumber tertulis yang berkaitan dengan arsitektur bangunan suci keagamaan, tata letak, tata ruang, teknik pembangunan, dan berbagai sumber tertulis yang berkaitan dengan penelitian ini, seperti buku, artikel, peta, dan hasil penelitian sebelumnya. Melalui teknik studi pustaka ini diharapkan dapat menambah data penelitian terkait konsep atau teori yang relevan dengan penelitian. Dalam hal ini, penulis mengharapkan agar studi pustaka dapat menambah wawasan mengenai masalah yang hendak diteliti agar dapat digunakan sebagai pegangan teori dalam analisis data.
2. Dalam penelitian ini, pendekatan yang dilakukan adalah dengan metode kualitatif. Salah satu cara yang dilakukan dalam metode kualitatif adalah observasi lapangan, yakni dengan langsung terjun kelapangan. Tujuannya untuk memperjelas dan mengumpulkan informasi sebanyak mungkin untuk menunjang data penelitian. Sebelum melakukan observasi terhadap objek penelitian, terlebih dahulu dilakukan kajian pustaka yang meliputi objek penelitian, dan hasil penelitian yang dilakukan sebelumnya. Observasi lapangan dilakukan di wilayah Situs Candi Blandongan dan di Museum Batujaya yang letaknya tidak jauh dari Situs Candi Blandongan. Museum Batujaya dipilih menjadi salah satu objek observasi karena disana tersimpan sisa-sisa material dari hasil ekskavasi yang dilakukan di Candi Blandongan.

3. Pengumpulan data juga dilakukan dengan proses wawancara. Subjek yang diwawancara oleh penulis antara lain; peneliti di Balai Arkeologi Bandung, Pusat Penelitian Arkeologi Nasional, Balai Pelestarian Cagar Budaya, Serang dan juru pelihara Situs Candi Blandongan. Wawancara juga dilakukan terhadap peneliti yang melakukan penelitiannya di Candi Blandongan, di antaranya, Agustijanto Indradjaja, M.Hum yang merupakan Peneliti Madya (Kepala Pokja Konservasi dan Arkeometri) di Pusat Penelitian Arkeologi Nasional dan Pahlawan Putra, S.S. dari Unit Pengembangan dan Pemanfaatan BPCB Serang, Banten. Proses wawancara dalam tahap pengumpulan data adalah untuk mendapatkan informasi tambahan yang kemungkinan belum tersedia atau tidak disajikan secara baik dalam pustaka. Hasil wawancara ini dijadikan modal bagi penulis untuk meningkatkan kualitas hasil akhir.
4. Mengumpulkan data berupa foto bangunan Candi Blandongan dari segala arah, termasuk pendokumentasian melalui foto udara. Lokasi tersebut merupakan tempat melakukan pemindahan data fisik ke digital (proses digitalisasi) melalui perekaman data menggunakan kamera. Perekaman dilakukan dari berbagai sisi, sehingga didapatkan hasil yang maksimal. Pengambilan gambar dilakukan dengan teknik presisi *angle* yang baik dan benar agar hasil yang didapatkan memiliki kualitas yang baik.
5. Dokumentasi dalam penelitian ini juga digunakan sebagai penunjang metode analisis digital. Salah satu metode dokumentasi bangunan cagar budaya adalah fotogrametri jarak dekat yang dipelopori oleh Meydenbauer pada tahun 1858 (Alberts, 2001). Metode ini banyak diterapkan dalam dokumentasi bangunan bersejarah (Yastikli, 2007; Harintaka et al., 2008). Untuk mewujudkan model 3D dengan tampilan realistis, lapisan informasi fotografi diproyeksikan dalam model 3D. Foto-foto yang diperoleh berorientasi model 3D dan dipetakan di permukaan. Tujuan utamanya adalah memvisualisasikan semua detail yang tidak dapat ditampilkan dalam model yang diarsir secara normal (Kurdy, 2011, 46). Kegiatan tersebut dilakukan sebagai bukti visual terhadap penelitian yang dilakukan dan sebagai data perakitan yang nantinya dilakukan secara digital. Alat yang digunakan dalam dokumentasi tersebut adalah kamera, *tripod*, dan *drone*.

Situs Candi Blandongan atau Situs Segaran V terletak di Kompleks Percandian Batujaya. Secara geografis, letaknya berada di ujung utara Kabupaten Karawang, tepatnya pada koordinat 6°06'15"- 6°16'17" lintang selatan dan 107°09'01"-107°09'03" bujur timur (Saringendyati, 2008). Situs Batujaya pertama kali disebutkan dalam buku karangan De Haan yang menjelaskan bahwa Batujaya pada tahun 1684 masih berupa rawa. Selain sebagai rawa, pada tahun 1869 juga disebutkan bahwa tambak-tambak di sekitar Sungai Citarum disewakan oleh Tumenggung Panatayudha kepada orang-orang Cina kecuali daerah Batujaya (Ferdinandus, 1998, 185).



Kompleks Percandian Candi Batujaya terletak di daerah persawahan dan perkampungan seluas lima kilometer persegi dan terdiri lebih dari 30 candi yang semula sebagian besar candi ini tampak berupa gundukan tanah seperti bukit (*tumulus*) yang oleh penduduk setempat disebut *unur* (Sedyawati, 2013, 32). Dari sejumlah 30 lokasi yang ditemukan, 13 lokasi di antaranya berada di Desa Segaran, Kecamatan Batujaya dan sisanya berada di Desa Telagajaya, Kecamatan Telagajaya (Saringendyati, 2008). Namun setelah ada pemekaran beberapa wilayah desa dan kecamatan di Kabupaten Karawang sebagian wilayah Desa Telagajaya dan situs-situs Percandian Telagajaya berubah menjadi bagian dari wilayah Desa Telukbuyung yang termasuk ke dalam wilayah Kecamatan Pakisjaya.

Penelitian ini menggunakan tiga analisis untuk mendukung teori Virtual Arkeologi yang dipakai oleh penulis, di antaranya:

1. analisis data kualitatif adalah upaya mengelola data yang terangkum dalam satu kesatuan untuk mendapatkan data berkualitas. Analisis kualitatif juga dilakukan dengan mensintesis, mencari, dan menemukan pola yang penting serta apa yang dipelajari untuk menentukan hasil interpretasi (Bogdan, 1982, 22). Metode kualitatif dipakai oleh penulis agar dapat memaksimalkan penelitian ini dengan harapan mendapatkan data selengkap-lengkapnyanya, agar interpretasi yang dihasilkan dapat sesuai dan berkualitas. Dalam melakukan analisis kualitatif, penulis terlebih dahulu melakukan pengumpulan data terkait dengan hasil penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh penulis, baik perorang maupun kelompok / instansi. Hasil penelitian tersebut diurutkan oleh penulis berdasarkan lama tahun penelitiannya. Dari data sementara yang didapatkan oleh penulis bahwa penemuan situs atau objek penelitian ini sudah ditemukan sejak tahun 1984/1985 dan penelitian intensifnya dimulai pada tahun 1992 oleh Puslitarken. Setelah diurutkan berdasarkan waktu penelitian, penulis melakukan langkah klasifikasi pustaka, agar hasil penelitian tersebut nantinya dapat dikategorikan sesuai dengan kebutuhan penulis, seperti hasil laporan ekskavasi objek penelitian (pra-rekonstruksi), hasil laporan rekonstruksi bangunan tahap awal–sekarang, dan penelitian individu. Langkah di atas merupakan usaha penulis dalam mengumpulkan data sebelum turun ke lapangan untuk melihat objek penelitian secara langsung. Ketika di lapangan, penulis memperhatikan rincian yang sudah dicatat dalam pustaka dan melakukan wawancara kepada juru pelihara untuk melengkapi data sekaligus memberikan gambaran baru kepada penulis terkait dengan objek penelitian.
2. analisis komparatif adalah penganalisaan atau pengamatan terhadap benda dengan mengidentifikasi benda tersebut dalam penggunaannya dengan benda disekitarnya. Candi Blandongan dibandingkan dengan bentuk candi yang mempunyai gaya serupa dengan gaya candi tersebut, agar menjadi data pembanding. Bangunan candi yang dijadikan sebagai data pembanding dalam penelitian ini adalah Candi Muara Jambi dan Candi Sanchi di India. Pemilihan

kedua candi tersebut berdasarkan hasil dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hasan Djafar dan Bambang Budi Utomo. Dalam hal ini, penulis memerlukan data pembandingan untuk menghubungkan hasil dari pengumpulan data yang sudah dilakukan sebelumnya, baik di lapangan ataupun dalam pustaka yang sudah diklasifikasi. Penulis melakukan komparasi bentuk bangunan dan hasil rekonstruksi yang telah dilakukan pada objek terkait. Pemilihan data dan objek komparasi didasarkan atas pertimbangan kesamaan-kesamaan yang hampir identik dengan objek penelitian. Penulis melakukan telaah objek komparasi mulai dari, bahan baku pembuatan, bentuk bangunan (kaki, tubuh, dan kepala candi), fungsinya, dan tahun pendirian bangunan.

3. Analisis digital arkeologi merupakan metode yang dipakai dalam penelitian arkeologi. Menurut Zubrow dalam buku L. Evans (2008), metode analisis digital arkeologi adalah cara komputasi dan teknologi mengubah rekaman dan interaksi data di situs, serta berperan dalam melakukan pengelolaan data. Cara kerja metode ini yakni, menyediakan seperangkat alat, sama seperti perlengkapan dalam analisis arkeologi berfungsi untuk memecahkan masalah yang dihasilkan dari berbagai masalah teoretis atau naratif. Dari sudut pandang ini, arkeologi digital tidak berbeda dengan segudang teknik penanggalan atau rekonstruksi lingkungan yang berkisar dari penanggalan radiokarbon hingga *palynology* (L. Evans, 2006, 9). Metode analisis digital arkeologi adalah cara cerdas dan praktis untuk menerapkan penggunaan komputer ke arkeologi yang memungkinkan kita untuk mengejar pertanyaan teoretis dan aplikasi metodologis (L. Evans, 2006, 7). Metode digital arkeologi dilakukan untuk membantu penulis dalam melakukan pengolahan data. Data yang disajikan dapat sesuai dengan apa yang telah direncanakan dan disusun sebelumnya.

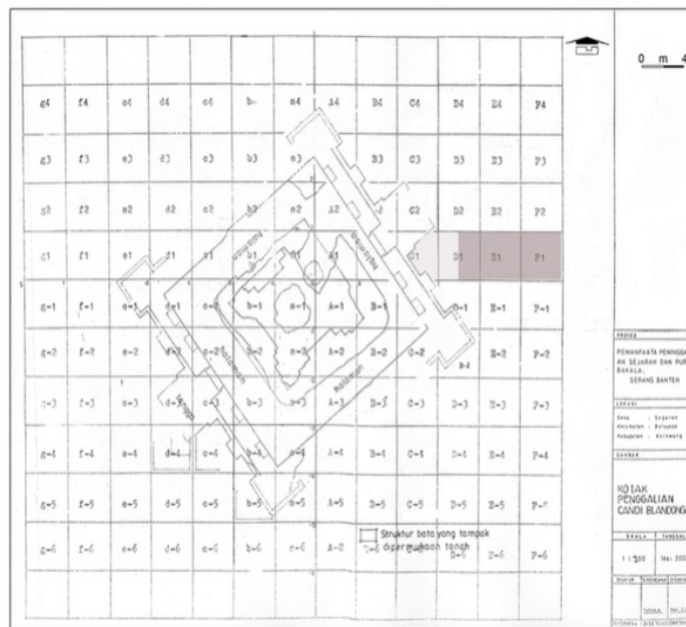
### C. HASIL DAN PEMBAHASAN

*Virtual anastylosis* dalam penelitian ini dikerjakan dengan menggunakan tiga perangkat lunak dan dua perangkat keras. Seperti yang sudah dijelaskan dalam bab sebelumnya mengenai penggunaan perangkat lunak dalam penelitian ini, perangkat lunak digunakan sebagai proses pengolahan data dan pemindahan data fisik kedalam bentuk digital yang kemudian diproses melalui *virtual anastylosis*. Dalam bab ini penulis menguraikan terkait material objek yang dilakukan *virtual anastylosis*, tahapan pemindahan data fisik ke digital melalui proses fotogrametri, dan tahap selanjutnya adalah penggunaan perangkat lunak sebagai media *virtual anastylosis*.

Dalam melakukan pengumpulan data didapatkan tiga objek material sisa bangunan candi yang dapat dilakukan *anastylosis* dengan metode digital. Material yang dimaksud merupakan temuan hasil ekskavasi di objek situs Candi Blandongan/ situs Segaran V. Bata tersebut merupakan bagian dari sisa bangunan di kaki candi. Objek material tersebut antara lain:

1. material 1: material ini terdiri dari tiga susun bata dengan sudut yang membulat. Material ini memiliki ornamen geometri sederhana berbentuk spiral.
2. material 2: material ini merupakan susunan bata yang tersusun vertikal dengan pola susunan yang mengecil di bagian atas dan memiliki pola melebar seperti sayap dibagian sisinya.
3. material 3: material ini merupakan susunan bata melingkar seperti tabung dengan bagian atas yang melingkar.

Menurut laporan yang dikeluarkan oleh EFEO dan Pusliarkenas (2004), ketiga material tersebut ditemukan di tangga bagian tenggara, tepatnya pada posisi kotak C1 dan D1. Posisi masing-masing material dari penampakan saat ini tidak mengalami perubahan dari posisi sebelumnya (pada saat ekskavasi). Posisi temuan Material I berada dibagian sudut tangga, sedangkan bagian material dua dan tiga ditemukan dibagian atas permukaan yang runtuh.



Sumber: Laporan Ekskavasi Puslitarkenas – EFEO (2003–2004)




**Gambar 20.1** Denah Kotak Ekskavasi Puslit – EFEO 2003–2004

Diketahui bahwa material I merupakan bentuk *makara* yang biasanya terletak dibagian pinggir kiri dan kanan bagian *railing* tangga. *Makara* adalah unsur bangunan candi berwujud makhluk mitologi yang merupakan kombinasi dua ekor binatang, yaitu kombinasi ikan dengan gajah yang dikenal sebagai *gaja-mina* dengan variasi tertentu yang digambarkan dengan mulut terbuka lebar (Susetyo, 2014, 102). Objek

material I ini memiliki bentuk yang sederhana dengan ornamen geometri disisinya seperti lidah. Ornamen seperti ini juga serupa dengan ornamen tangga di Candi Borobudur yang juga dikenal dengan nama “lidah tangga” atau “sulur tangga”.

Material II memiliki bentuk seperti ekor karena lengkungannya dibagian depan. Material ini terdiri dari tujuh susun bata, di mana bagian bawah memiliki ukuran yang lebih besar. Dibagian sisi bata ini terdapat bentuk tambahan seperti sayap, tapi sisi kiri bagian bawah sudah terpotong, jika dilihat dari depan berbentuk seperti segi tiga (tumpul bagian atasnya). Tampak bagian belakangnya halus, tidak ada sisa tempelan atau potongan. Kemungkinan besar bata ini menempel pada bagian dinding dan diletakkan berdiri, menghadap kedepan untuk menonjolkan pola bagian depannya.

Sedangkan objek material III memiliki bentuk seperti tabung atau silinder. Material III ini kemungkinan adalah bagian stupa pada Candi Blandongan dan bentuk yang menyerupai tabung tersebut merupakan bagian dari *anda* pada stupa. Salah satu ciri bangunan kuno berlatar belakang Buddhisme adalah adanya stupa. Stupa merupakan salah satu bentuk khusus dalam tradisi bangunan bercorak Buddhisme. Objek material III ini memiliki volume dimensi kecil, dengan demikian kemungkinan bentuk stupa tersebut juga memiliki dimesi yang kecil. Dalam periode bangunan klasik tua di Indonesia, stupa kecil yang menghiasi bangunan candi biasanya menghiasi sisi dinding candi, seperti bangunan Candi Borobudur.

No.	Material	Ukuran
1.		27 x 15 x 18
2.		18 x 18 x 55
3.		21 x 27 x 21

Sumber: Gotama (2020)  
**Gambar 20.2** Ukuran Temuan Material

Buku ini tidak diperjualbelikan

## 1. Akuisisi Data Material Anastylosis

Pengolahan data dalam penelitian ini dilakukan secara digital melalui pemodelan data 3D pada perangkat keras. Untuk melakukan pengolahan data tersebut, sebelumnya dilakukan pemindahan data fisik menjadi data digital melalui akuisisi data. Akuisisi data merupakan proses perubahan data dari sensor menjadi sinyal-sinyal listrik yang kemudian dikonversi lebih lanjut menjadi bentuk digital yang untuk pemrosesan dan analisis oleh komputer (Bolton, 2006).

Dalam penelitian ini, seperti yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya, pemodelan 3D dibuat dengan menggunakan data berupa foto yang berasal dari pemotretan objek material secara langsung. Pengambilan data dibagi menjadi dua bagian, yakni pemotretan foto rentang dekat dan pemotretan foto udara. Pemotretan foto rentang dekat dilakukan untuk material objek *anastylosis* dan dilakukan pada bagian sisi bangunan candi. Pemotretan udara dilakukan untuk pemotretan bangunan Candi Blandongan yang dijadikan sebagai objek *anastylosis* dalam penelitian ini.

### 1. Pemotretan Rentang Dekat

Pengambilan data foto rentang dekat dilakukan menggunakan kamera DSLR (*Digital Single-lens Reflex*) Nikon D3200 dengan lensa AF-S Nikkor 18-55 mm dan lensa Mikro 50 mm 1:1.8. Pengambilan gambar dilakukan dengan mode prioritas bukaan rana yang diatur di angka  $f/8.0 - f/16$  dan dengan kecepatan bukaan lensa  $1/40$  detik– $1/80$  detik. Kamera DSLR diatur dengan resolusi tinggi sehingga dapat menghasilkan kualitas gambar yang baik.

Pemotretan rentang dekat data objek material *anastylosis* dilakukan dengan geometri pengambilan data berbentuk lingkaran konsentris dengan sumbu utama kamera tegak lurus dengan objek material. Pengambilan data yang dilakukan terhadap material objek dilakukan dengan tiga basis objek, yakni; objek atas, tengah, dan bawah. Objek bagian bawah dan tengah dipotret dengan posisi kamera *landscape* dan objek bagian atas dipotret dengan posisi kamera *portrait*.



Sumber: Dharma Putra Gotama (2021)

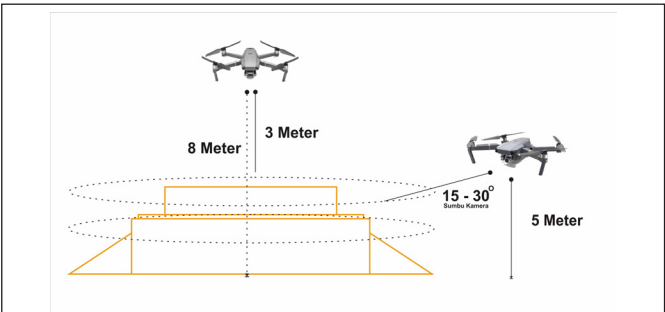
**Gambar 20.3** Ilustrasi Foto Rentang Dekat

3. Pemotretan Foto Udara

Pengambilan foto udara yang dilakukan dalam penelitian ini menggunkan bantuan wahana pesawat nirawak. Pesawat nirawak tersebut telah dilengkapi dengan kamera yang menjadi media pengambilan gambar. Pesawat nirawak yang digunakan adalah tipe DJI Mavic Pro I. Pesawat nirawak tersebut memiliki kamera *Gimbal-Stabilized 12 MP/4K Camera*.

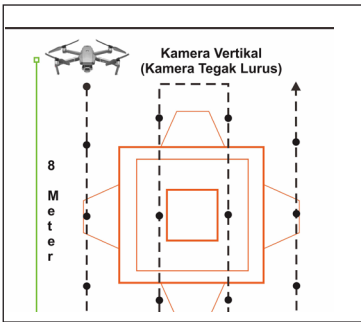
Pengambilan gambar dengan foto udara dibagi menjadi dua bagian, yakni melalui pengambilan gambar secara vertikal dan secara *sendeng (oblique)*. Pengambilan data secara vertikal dilakukan dengan cara memposisikan sumbu kamera tegak lurus dengan permukaan bangunan candi (Suwardhi et al., 2017, 16). Sedangkan pengambilan data secara *sendeng* dilakukan dengan cara memposisikan kamera membentuk sudut antara sumbu kamera dengan permukaan. Ketinggian wahana pesawat nirawak diatur dengan ketinggian 5 meter dan 8 meter di atas permukaan tanah dengan kemiringan kamera 15–30 derajat.

Pengambilan gambar foto udara diambil pada tanggal 30 April 2020, pukul 16.05–16.20 WIB dengan awal terbang dari arah timur laut. Pengambilan gambar tersebut dilakukan dengan sekali terbang dengan putaran melawan arah jarum jam. Pengaturan kamera diatur pada posisi 1080 pixel dengan resolusi tinggi.



Sumber: Gotama (2021)

Gambar 20.4 Ilustrasi Foto Udara Secara Sendeng (*Oblique*).



Sumber: Gotama (2021)

Gambar 20.5 Ilustrasi Foto Udara Secara Vertikal



## 1. Rekonstruksi Foto

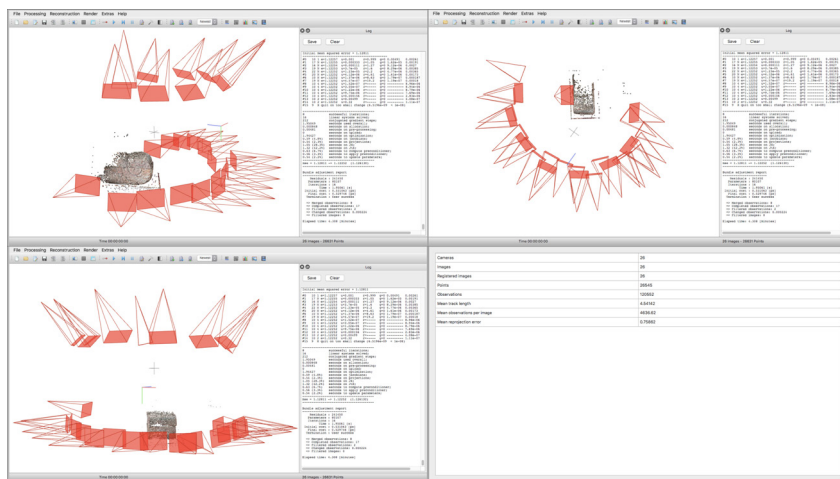
Pengolahan data dilakukan setelah pengambilan data didapatkan secara lengkap dengan kualitas yang baik. Pemodelan 3D dengan menggunakan teknik fotogrametri adalah dengan terlebih dahulu mencari orientasi kamera dari masing-masing tempat pengambilan gambar, kemudian mencari posisi titik-titik pada gambar dengan menggunakan prinsip kesegarisannya sehingga didapatkanlah posisi kumpulan titik-titik yang disebut *point cloud* (Suwardhi et al., 2017, 17). Tahapan dalam membentuk pemodelan 3D dalam penelitian ini menggunakan perangkat lunak *Colmap*. *Colmap* bekerja untuk melakukan rekonstruksi orientasi foto dengan membuat *point cloud* sesuai dengan penempatan sumbu kamera.

Rekonstruksi orientasi dilakukan dengan skema per-material objek yang disesuaikan dengan pengambilan data yang dilakukan. Langkah yang dilakukan, yaitu membuat proyek baru dalam perangkat lunak dengan memasukkan (*input*) hasil pengambilan data berupa foto. Seluruh hasil foto dimasukkan ke dalam satu folder. Kemudian dilakukan rekonstruksi melalui sistem *coding* dalam perangkat lunak.

### a. Rekonstruksi Foto Material Objek I

Rekonstruksi foto material I menggunakan 26 objek foto yang diambil dengan teknik pengambilan rentang dekat. Foto yang berhasil terregistrasi dalam *colmap* berjumlah 26 objek foto yang menghasilkan 26.545 titik atau *point cloud*. Rata-rata panjang trek dalam rekonstruksi foto material I adalah 4,54 dan rata-rata pengamatan per-gambar adalah 4636,62 dalam hitungan *log point cloud*. Rekonstruksi foto objek material I memiliki rata-rata kesalahan proyeksi ulang sebesar 0,75 dari jumlah titik.

Dua puluh enam ribu lima ratus empat puluh lima titik tersebut menghasilkan pola material dalam bentuk asli. Rata-rata kesalahan proyeksi ulang sebesar 0,75 dalam hitungan *point cloud* berada dibagian atas dan samping kanan.



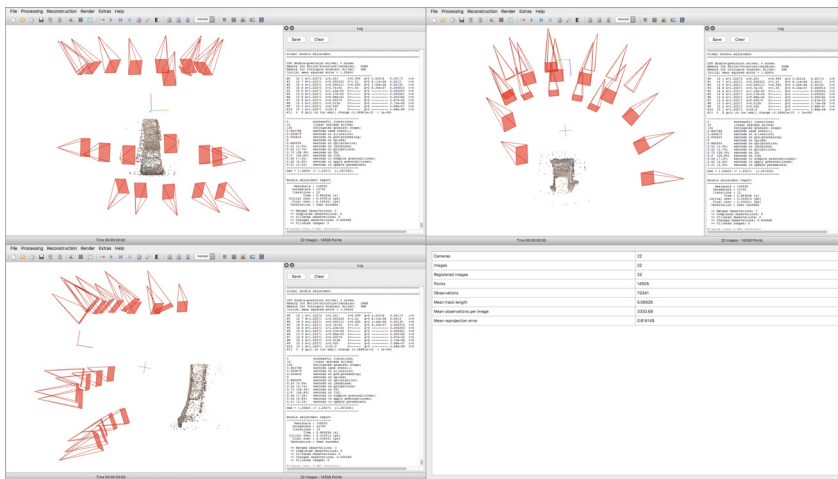
Sumber: Gotama (2021)

**Gambar 20.6** Rekonstruksi Foto Material I di Perangkat Lunak *Colmap*

### b. Rekonstruksi Foto Material Objek II

Rekonstruksi foto material II menggunakan 22 objek foto yang diambil dengan teknik pengambilan rentang dekat. Foto yang berhasil teregistrasi dalam *colmap* berjumlah 22 objek foto yang menghasilkan 14.505 titik atau *point cloud*. Rata-rata panjang trek dalam rekonstruksi foto material II adalah 5,05 dan rata-rata pengamatan per-gambar adalah 3333,68 dalam hitungan *log point cloud*. Rekonstruksi foto objek material II memiliki rata-rata kesalahan proyeksi ulang sebesar 0,81 dari jumlah titik.

Empat belas ribu lima ratus lima titik atau *point cloud* tersebut menghasilkan pola yang membentuk tampilan pelipit dalam bentuk asli. Rata-rata kesalahan proyeksi ulang sebesar 0,81 tersebut terletak di bagian depan. Hal tersebut diakibatkan karena tidak adanya titik fokus kamera.



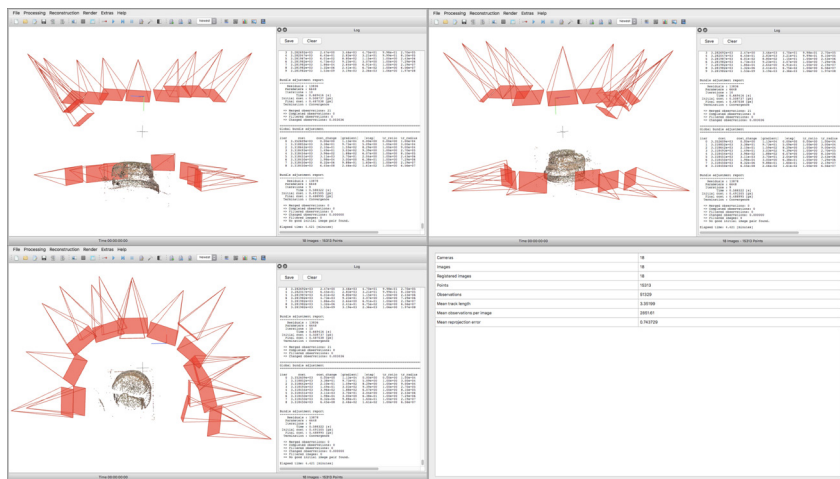
Sumber: Gotama (2021)

**Gambar 20.7** Rekonstruksi Foto Material II di Perangkat Lunak *Colmap*

### c. Rekonstruksi Foto Material Objek III

Rekonstruksi foto material III menggunakan 18 objek foto yang diambil dengan teknik pengambilan rentang dekat. Foto yang berhasil teregistrasi dalam *colmap* berjumlah 18 objek foto yang menghasilkan 15.313 titik atau *point cloud*. Rata-rata panjang trek dalam rekonstruksi foto material III adalah 3,35 dan rata-rata pengamatan per-gambar adalah 2851,61 dalam hitungan *log point cloud*. Rekonstruksi foto objek material III ini memiliki rata-rata kesalahan proyeksi ulang sebesar 0,74 dari jumlah titik.

Lima belas ribu tiga ratus tiga belas titik atau *point cloud* tersebut membentuk pola yang serupa. Rata-rata kesalahan proyeksi ulang dari gambar ini adalah sebesar 0,74 dan jika dilihat sebagian besar di antaranya berada di bagian atas dan kanan bawah material foto.



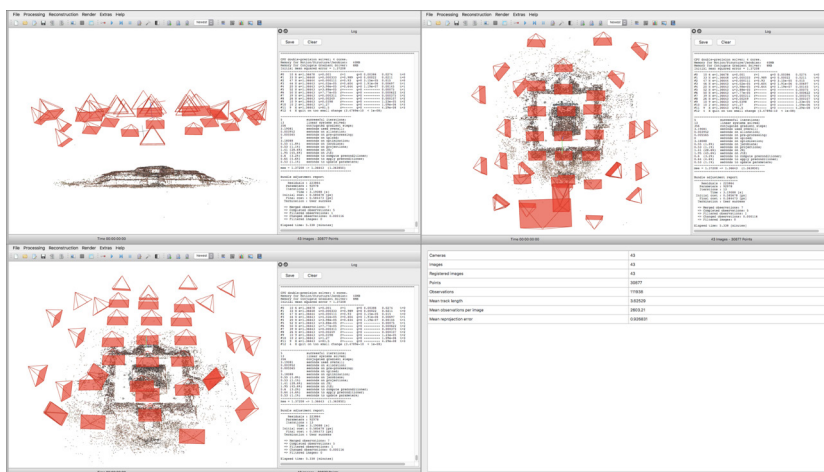
Sumber: Gotama (2021)

**Gambar 20.8** Rekonstruksi Foto Material III di Perangkat Lunak *Colmap*

#### d. Rekonstruksi Foto Bangunan Candi Blandongan

Rekonstruksi foto Candi Blandongan menggunakan 43 objek foto yang diambil dengan foto udara. Foto yang berhasil terregistrasi dalam *colmap* berjumlah 43 objek foto, yang menghasilkan 30.877 titik atau *point cloud*. Rata-rata panjang trek dalam rekonstruksi foto Candi Blandongan adalah 3,7 dengan rata-rata pengamatan per-gambar adalah 2603,21 dalam hitungan *log point cloud*. Rekonstruksi foto material objek Candi Blandongan memiliki rata-rata kesalahan proyeksi ulang sebesar 0,92 dari jumlah titik.

Tiga puluh ribu delapan ratus tujuh puluh tujuh titik atau *point cloud* tersebut membentuk pola serupa dengan tampilan aslinya dan 0,92 di antaranya merupakan kesalahan proyeksi ulang yang tidak dapat ditampilkan melalui perupaan *digitasi*. Rata-rata kesalahan dari proyeksi tersebut terletak di bagian sisi tengah. Hal tersebut dimungkinkan karena adanya fokus kamera yang tidak merata.



Sumber: Gotama (2021)

**Gambar 20.9** Rekonstruksi Foto Candi Blandongan di Perangkat Lunak *Colmap*

## 5. *Meshing dan Texturing*

Proses utama yang dilakukan dalam pembentukan model bangunan tiga dimensi adalah dengan interseksi dari muka bidang, yang memiliki rangkaian proses pendeteksian dari muka bidang atap, interseksi dari muka atap, penentuan kerangka atap (Maas dan Vosselman, 1999). Terdapat dua garis besar dalam interseksi antar muka, yang pertama adalah menyatukan perpotongan tepi atap yang berada pada *cluster* berbeda dan tepi yang perpotongan langsung dengan objek yang lain atau biasa disebut kerangka atap (Ulhaq et al., 2017).

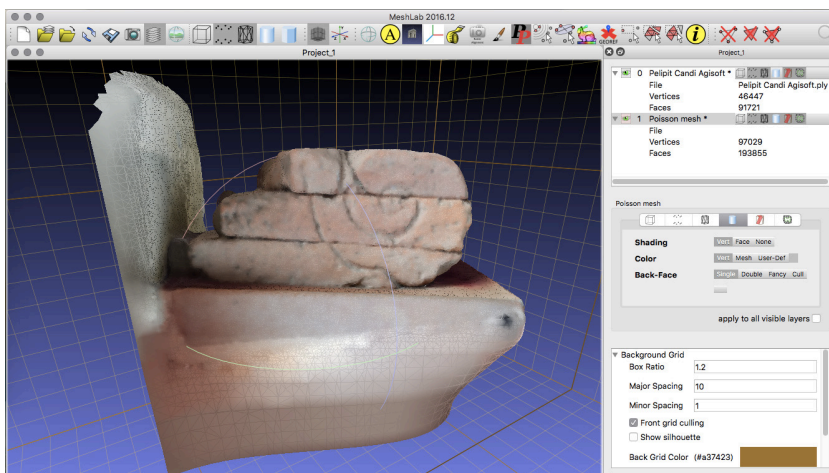
Proses rekonstruksi foto menghasilkan *point cloud*, kemudian *point cloud* tersebut diterapkan dalam pembentukan model permukaan kontinu. Model permukaan kontinu ( $x, y, z$ ) dibuat dengan skema *Triangulated Irregular Networks* (TIN) (Hidayat, 2016). Setelah menghasilkan *point cloud*, data dipindahkan ke perangkat lunak lainnya untuk proses *meshing* dan *texturing*. Kemudian, model target *dideformasi* sesuai dengan bentuk gambar sumber menggunakan metode *deformasi* berbasis permukaan sambil meminimalkan *distorsi* gambar secara bersamaan.

Proses di atas dilakukan secara *iteratif*. Metode tersebut dapat menghasilkan pemetaan tekstur, deformasi bentuk, dan perincian bentuk agar sesuai dengan bentuk fisik dari material objek (Shen et al., 2018). Proses *meshing* terhadap objek material ini dilakukan sampai dengan bentuk tersebut menjadi padat. Titik-titik *point cloud* yang tidak terpakai tak lagi terlihat dalam objek dan kesalahan proyeksi ulang dapat tertutup oleh *texturing*.

a. *Meshing* dan *Texturing* Material I

Proses rekonstruksi foto untuk mendapatkan *point cloud* pada objek material I menghasilkan 0,75 rata-rata kesalahan proyeksi ulang. Rata-rata tersebut ditutupi dengan proses *meshing* dan *texturing*. Proses perbaikan *mesh* objek material I dilakukan dengan menggunakan *Tools* → *Filter* → *Remeshing, Simplification, and Reconstructions* → *Screened Poisson Surface Reconstructions*.

Proses tersebut menghasilkan *vertices* sebanyak 97.029 dan *faces* 193.855 (lihat gambar). *Mesh* objek material I telah menghasilkan kepadatan yang sesuai dengan penampakan fisiknya. Proses *texturing* dalam perangkat lunak *meshlab* dapat diaktifkan setelah proses *remeshing* dilakukan.



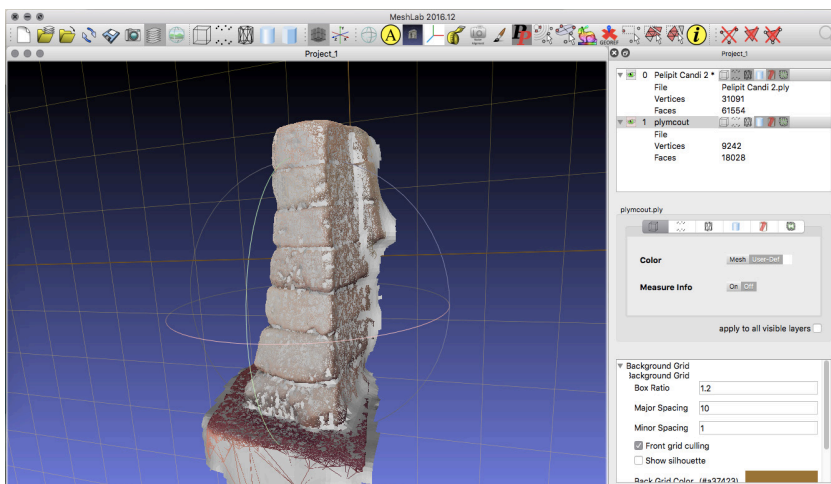
Sumber: Gotama (2021)

**Gambar 20.10** Rekonstruksi Foto Material I di Perangkat Lunak *Meshlab*

b. *Meshing* dan *Texturing* Material II

Proses rekonstruksi foto untuk mendapatkan *point cloud* pada objek material II menghasilkan 0,81 rata-rata kesalahan proyeksi ulang. Rata-rata tersebut ditutupi dengan proses *meshing* dan *texturing*. Proses perbaikan *mesh* objek material II dilakukan dengan menggunakan *tools* yang sama dengan material pertama. Tapi, karena rata-rata kesalahan proyeksi ulang material ini lebih besar, maka dilakukan tambahan sebanyak satu kali. Hal tersebut dimaksudkan untuk membuat *mesh* semakin padat dan dapat dilanjutkan proses selanjutnya.

Objek material II menghasilkan *vertex* 31.091 dan *faces* 61.554 (lihat gambar). *Mesh* objek material II menghasilkan kepadatan yang sesuai dengan penampakan fisiknya. Tapi, *texturing* dan warna yang mengalami perubahan karena adanya jarak *point cloud* yang terlalu jauh.

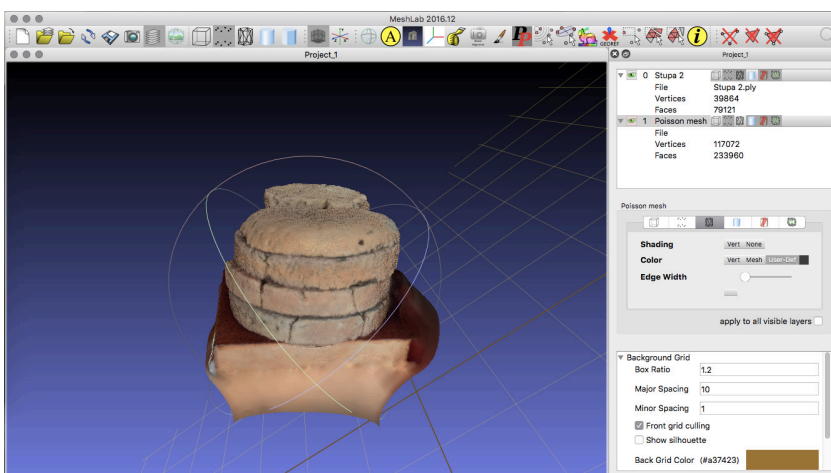


Sumber: Gotama (2021)

**Gambar 20.11** Rekonstruksi Foto Material II di Perangkat Lunak *Meshlab*

### c. *Meshing* dan *Texturing* Material III

Proses rekonstruksi foto untuk mendapatkan *point cloud* pada objek material III menghasilkan 0,74 rata-rata kesalahan proyeksi ulang. Proses yang dilakukan tetap menggunakan *tools* yang sama dengan sebelumnya dan hanya dilakukan satu kali. Objek material III menghasilkan *vertice* 117.072 dan *faces* 233.96 (lihat gambar) sehingga hasil *meshing* material III ini lebih padat dan lebih menunjukkan *texture* yang lebih baik dibandingkan dengan dua material sebelumnya.



Sumber: Gotama (2021)

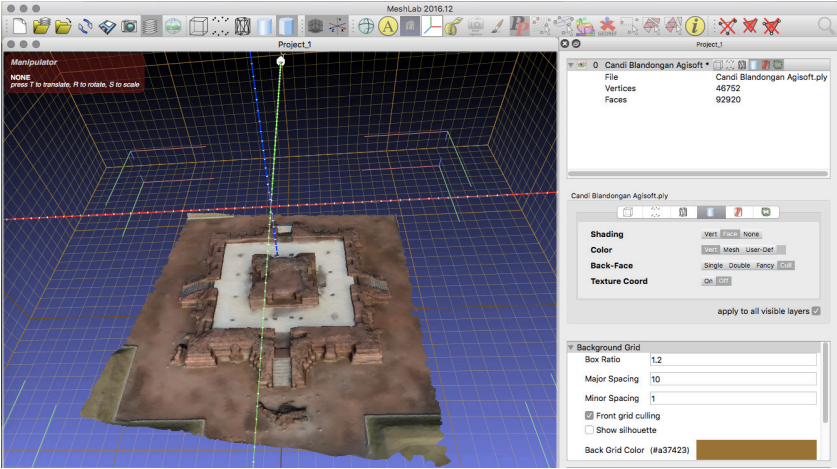
**Gambar 20.12** Rekonstruksi Foto Material III di Perangkat Lunak *Meshlab*

Buku ini tidak diperjualbelikan



d. *Meshing* dan *Texturing* Candi Blandongan

Proses rekonstruksi foto untuk mendapatkan *point cloud* pada bangunan Candi Blandongan menghasilkan rata-rata kesalahan proyeksi ulang sebanyak 0,92. Bangunan Candi Blandongan ini menghasilkan *vertice* 46.752 dan *faces* 92.920 (lihat gambar). Walaupun rata-rata kesalahan proyeksi memiliki angka yang lebih besar dibandingkan dengan tiga material sebelumnya, tapi penggunaan *tools* hanya dilakukan satu kali. Hal tersebut dikarenakan proyeksi bangunan Candi Blandongan yang lebih besar dibandingkan dengan material sebelumnya.



Sumber: Gotama (2021)

**Gambar 20.13** Rekonstruksi Foto Candi Blandongan di Perangkat Lunak *Meshlab*

**Tabel 20.1** Kesesuaian Rekonstruksi Bangunan pada Bata Bangunan

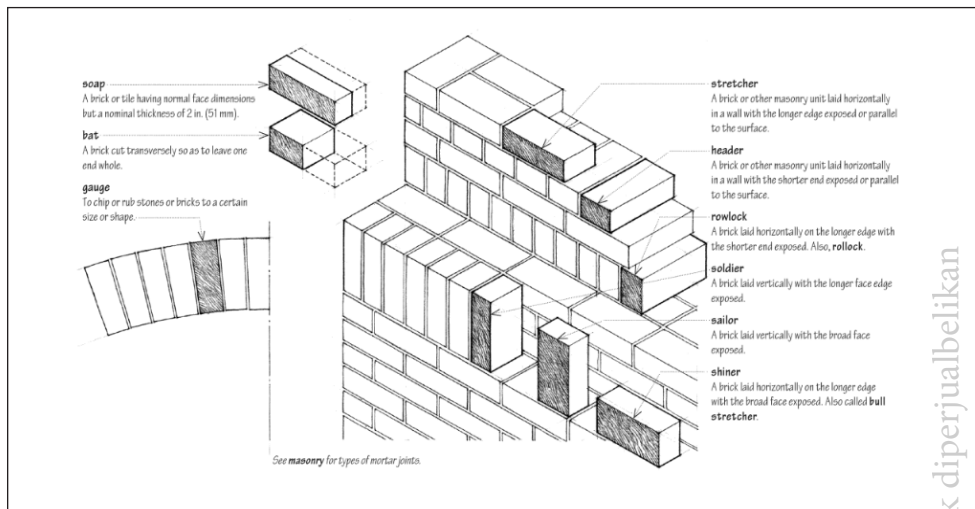
No.	Material Objek	Kesesuaian dengan Re-konstruksi Bangunan	Keterangan
1	Material I	Header	
2	Material II	Header	
3	Material III	Streatcher	

Sumber: Dharma Putra Gotama

## 6. Virtual Anastylisis Material Objek

Material data *anastylisis* merupakan bagian candi yang terlepas dari rekonstruksi bangunan candi saat ini. Material tersebut, seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya merupakan material objek yang terletak di bagian kaki candi. Hasil dari observasi dan pengumpulan data yang telah dilakukan sebelumnya memperlihatkan kesesuaian bentuk dengan rekonstruksi yang dilakukan terhadap bangunan candi. Selain itu, pertimbangan pemasangan material juga dilakukan dengan dasar hipotesa perbandingan bangunan dengan bahan dan tahun yang sama, seperti yang telah dijelaskan dalam bab sebelumnya.

Bangunan Candi Blandongan terdiri dari dua jenis susunan bata, yakni susunan bata vertikal dan susunan bata horizontal. Susunan bata tersebut beberapa di antaranya dibentuk untuk membuat ornamen tertentu, seperti pelipit, *kumbha*, dan lain-lain. Dimensi ukuran bata sebagai bahan penyusun bangunan candi memiliki ukuran yang hampir sama. Susunan bata dalam istilah konstruksi bangunan modern dapat dibedakan sesuai dengan pola keletakannya, di antaranya pola *stretcher*, *header*, *rowlock*, *soldier*, *sailor*, dan *shiner* (Ching, 1994, 19 via Arkhi, 2014).



Sumber: Ching (1994), 19 via Arkhi (2014)

**Gambar 20.14** Gambar Susunan Bata dalam Rekonstruksi Bangunan

Susunan bata di atas dijadikan sebagai pedoman *virtual anastylisis* yang dilakukan, sesuai dengan pengamatan susunan bata bangunan Candi Blandongan. Proporsi susunan bata terhadap bangunan juga menjadi bahan pertimbangan dalam melakukan langkah *anastylisis*. Pola susunan bata dengan rekonstruksi bangunan candi saat ini menjadi media permukaan dalam melakukan pencocokan dalam pemodelan 3D.

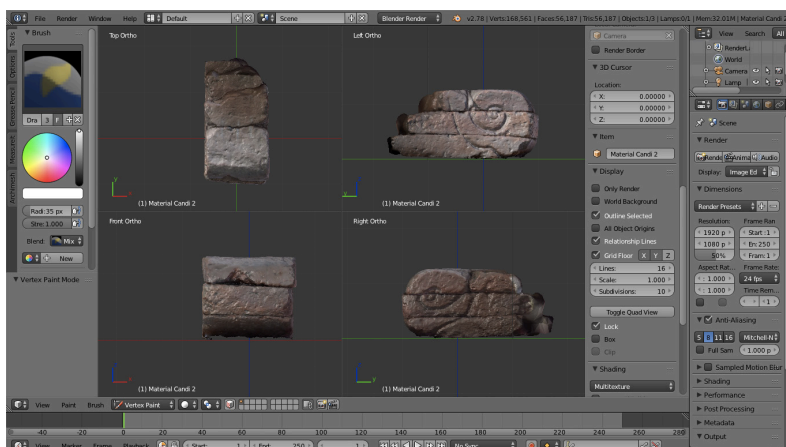
Pemodelan 3D yang telah dihasilkan melalui proses sebelumnya dipindahkan ke perangkat lunak *blender* untuk dilakukan proses *virtual anastylosis*. Proses penggabungan tersebut sebelumnya disesuaikan dengan dimensi ukuran sebenarnya dari material objek fisik. Setelah itu prosesnya dilanjutkan dengan disimpannya pemodelan 3D material objek ke pemodelan Candi Blandongan untuk disesuaikan dengan penempatannya.

a. Data Fragmen Digital Material I

Fragmen digital merupakan data akhir yang didapatkan dari hasil perangkat lunak *meshlab* dengan format data *.obj*. Fragmen digital ini merupakan bagian dari material objek yang dilakukan proses *anastylosis* secara digital. Tiga objek yang sebelumnya sudah selesai direkonstruksi sesuai dengan tampilan fisiknya direkayasa penyusunannya melalui proses digital dalam perangkat lunak *blender*. Penyusunan material disesuaikan dengan konsentrasi temuan in situ dan berdasarkan pada studi komparatif yang dilakukan.

Material pertama terdiri dari tiga susun bata dengan ukuran 27 cm yang tersusun secara horizontal. Material tersebut diketahui sebagai bentuk lidah tangga. Lidah tangga merupakan bentuk lain dari makara Arsitektur bangunan candi masa klasik tua yang menggun ornamen lidah tangga, di antaranya candi di Kompleks Percandian Gedong Songo dan di Kompleks Percandian Dieng.

Lidah tangga merupakan ornamen yang menghiasi bagian sisi tangga. Disebut lidah karena pada bagian atas terdapat ornamen kepala kala, di mana sepanjang anak tangga berbentuk meliuk layaknya bentuk lidah. Sedangkan tangga suluran berbentuk seperti lidah, namun telah distilir, dihiasi dengan motif tumpal dan sulur-suluran (Halim dan Prajudin Herwindo, 2017, 185).



Sumber: Gotama (2021)

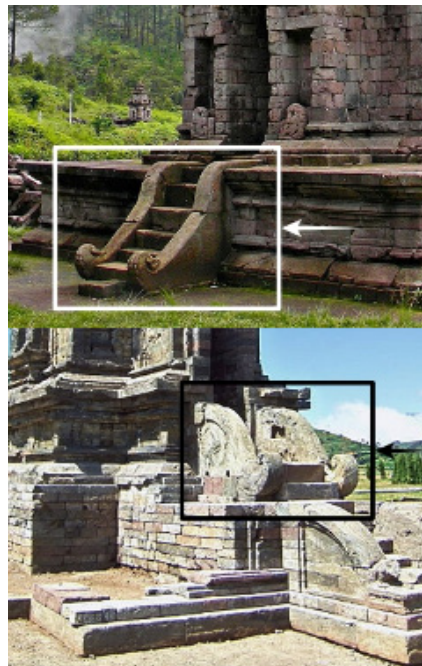
**Gambar 20.15** Data Fragmen Digital Material I

Material pertama di Candi Blandongan menampakkan bentuk ukiran yang mirip dengan bentuk lidah tangga. Kemiripan tersebut dapat dilihat dari ukiran garis yang membentuk bulatan seperti sulur dikedua sisinya. Material yang solid dengan bentuk persegi yang ujung mukanya membentuk lengkungan. Bagian ujung lainnya terdapat pelapukkan dan terlihat sebagai sambungan bata.

Keletakannya berada di sudut tangga. Volume bata yang terletak dibagian dasar candi, khususnya bagian tangga, memiliki dimensi yang cukup besar. Susunan bata terdiri dari *stretcher* dan *header*. Polanya bergantian antara susunan *stretcher* dan *header*.

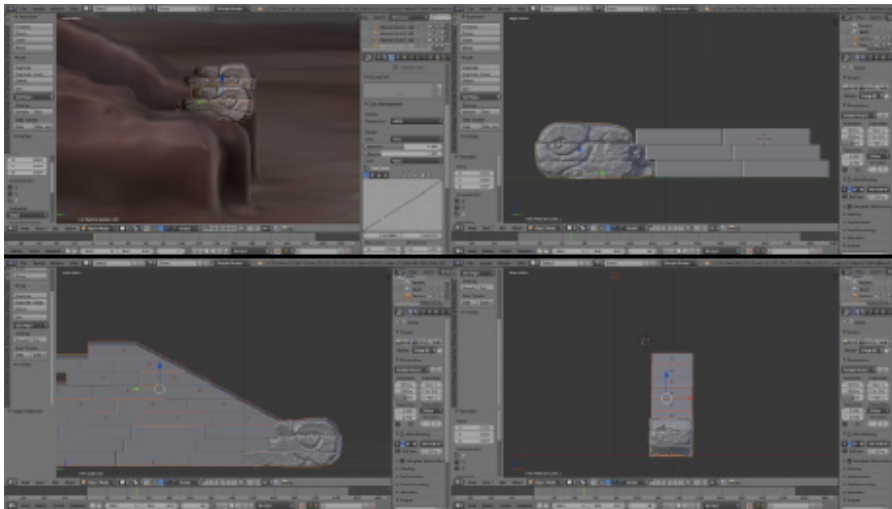
Pemasangan fragmen digital material I disesuaikan dengan bentuk bata sudut tenggara candi dengan pola susun yang disesuaikan dengan rekonstruksi bangunan. Posisi hadap material disam dengan posisi lidah tangga yang terletak di bangunan candi. Dalam hal ini penulis mengkomparasikannya dengan Candi Gedong Songo dan Candi Dieng.

Pemasangan dilakukan dengan menyamakan sumbu terlebih dahulu. Dalam *software blender* terdapat tiga sumbu, yakni sumbu X, Y, dan Z. Sumbu X untuk arah hadap sisi kiri dan kanan, sumbu Y arah depan dan belakang, sedangkan sumbu Z atas dan bawah.



Sumber: <https://medium.com/marcapada/komplek-Candi-gedong-songo-8ab8679106ea>

**Gambar 20.16** Lidah Tangga Candi Gedong Songo dan Candi Dieng

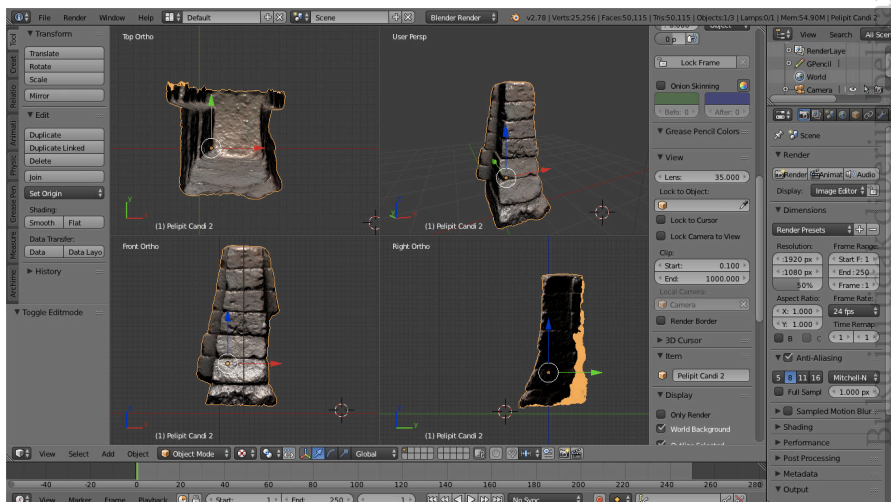


Sumber: Gotama (2021)

**Gambar 20.17** Data Ilustrasi Pola Susun Bata Material I

#### b. Data Fragmen Digital Material II

Material II berbentuk seperti segitiga yang ujungnya yang tumpul. Tersusun vertikal atau meninggi dan besar volume batanya memiliki tingkatan yang berbeda antara satu dengan lainnya, sehingga jika disusun secara vertikal membentuk tingkatan seperti segitiga dengan ujung yang tumpul.



Sumber: Gotama (2021)

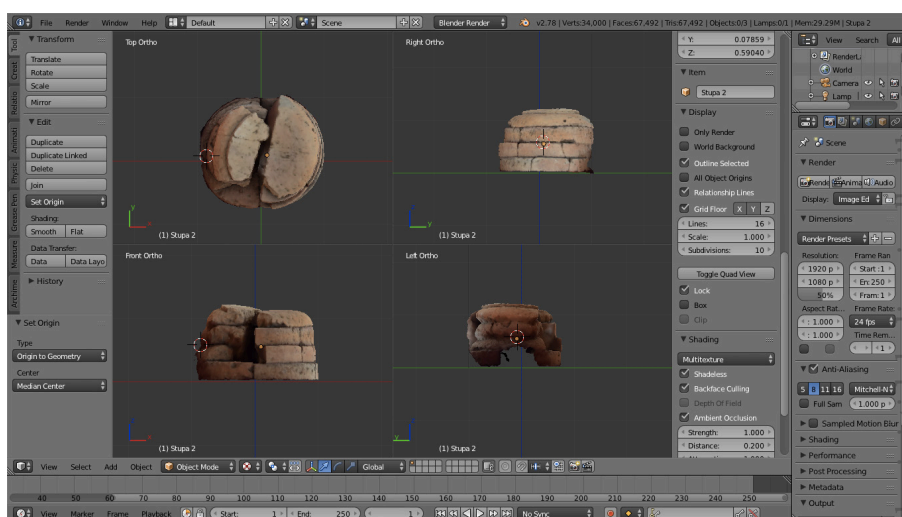
**Gambar 20.18** Data Fragmen Digital Material II

Material II ini ditemukan di lokasi yang sama dengan material I. Diperkirakan material ini berada dibagian atas yang kemudian rubuh dan jatuh. Bagian material yang kuat dengan tumpuan berada di bata paling bawah memperkuat dugaan bahwa bata ini tersusun vertikal. Bagian belakang dan samping yang halus tanpa adanya bekas sambungan bata lain, memperlihatkan bahwa material ini memang material yang berdiri sendiri, sedangkan pada bata paling bawah ujungnya tidak tumpul (membentuk persegi), tapi menyiku. Hal tersebut menandakan bahwa material ini adalah bagian akhir dari sambungan garis turun.

Dalam bangunan candi Hindu-Buddha yang dihiasi oleh *makara*, maka terdapat *railing* tangga atau pegangan pada bagian sisinya. *Railing* tangga memiliki bentuk yang curam atau menurun. Bagian *railing* tangga bata disusun secara *header*, semakin kebelakang maka pola susunan semakin meninggi, dengan kata lain material *railing* nampak curam. Contohnya dapat dilihat dari bangunan candi di Kompleks Percandian Muaro Jambi.

### c. Data Fragmen Digital Material III

Material III memiliki bentuk tabung yang solid. Bentuk tabung kurang lebih memiliki diameter volume 17 cm. Bentuk tabung diketahui sebagai *anda* atau bagian tubuh stupa. Bentuk *anda* tersebut juga menyisakkan sedikit bagian *harmika*. Material bata yang membentuk setengah lingkaran, tersusun dari bagian bawah sampai atas dengan beberapa bagian yang sudah mengalami pelapukkan.



Sumber: Gotama (2021)

**Gambar 20.19** Data Fragmen Digital Material III





Sumber : <http://borobudur.co.id>

**Gambar 20.20** Gambar Stupa pada Pagar Langkan di Candi Borobudur.

Stupa merupakan ornamen khas dari bangunan suci berlatar belakang Buddhisme. Bangunan stupa pada periode klasik tua dapat di lihat di Kompleks Percandian Muara Jambi dan di Candi Borobudur. Stupa di Candi Borobudur terbuat dari batu andesit, sedangkan di Kompleks Muara Jambi dan Muara Takus terbuat dari bata merah, serupa dengan bahan pembuatan candi di Kompleks Percandian Batujaya. Van Romondt (Soekmono, 2005) membagi tiga macam stupa yang digunakan dalam arsitektur candi secara umum, yaitu stupa yang merupakan bagian dari sesuatu bangunan, stupa yang menjadi pelengkap kelompok sebagai Candi Perwara, dan stupa yang berdiri sendiri atau berkelompok, tapi masing-masing stupa merupakan bangunan lengkap.

Material III ini diperkirakan sebagai stupa yang menghiasi bagian sisi bangunan. Seperti halnya stupa pada bangunan candi berlatar Buddhisme, salah satunya adalah Candi Borobudur. Stupa yang memiliki ukuran lebih kecil dibandingkan stupa lainnya di Candi Borobudur berada pada tingkatan teras ke- 2 hingga ke-6 candi. Sebaran stupa pada tingkatan teras tersebut diletakkan dengan pola saling bersebelahan dan pola tersebut tidak digunakan pada keletakan stupa yang berada di tingkatan teras ke-7 hingga ke-10 candi.

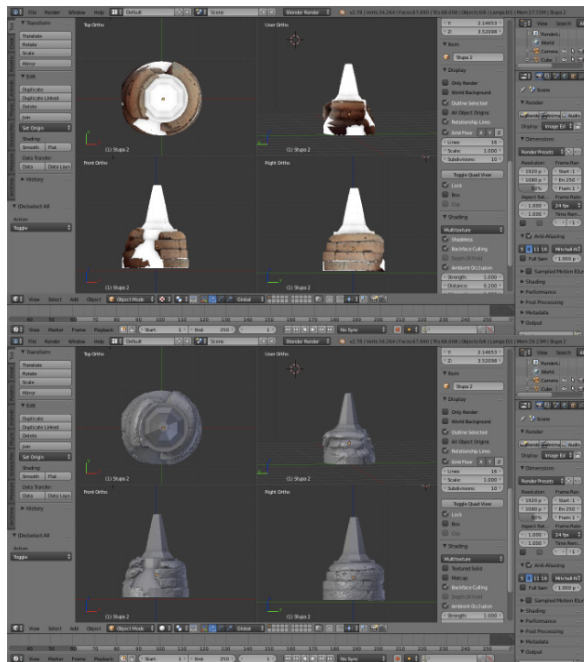
Bagian *anda* stupa merupakan bagian badan stupa yang berbentuk seperti setengah bola atau berbentuk lonceng. Bentuk *harmika* stupa yang berada di atas bagian *anda* stupa seperti bantalan persegi. *Yasthi* stupa yang berada pada bagian paling puncak stupa menjulang ke atas seperti tiang dengan bentuk semakin ke atas semakin mengecil (Moertjipto, 1993, 32).

Bentuk material III serupa dengan bentuk perupaian stupa yang terletak di Kompleks Percandian Muara Jambi. Sisa *harmika* dibagian material yang membulat adalah salah satu contoh kemiripan antara stupa di Candi Blandongan dengan stupa yang ada di Muara Jambi. Kompleks Percandian Muara Jambi juga memiliki jenis stupa dengan ukuran yang berbeda-beda.



Sumber: Arkhi (2014)

**Gambar 20.21** Gambar Deretan Stupa di Kompleks Percandian Muara Jambi



Sumber: Gotama (2021)

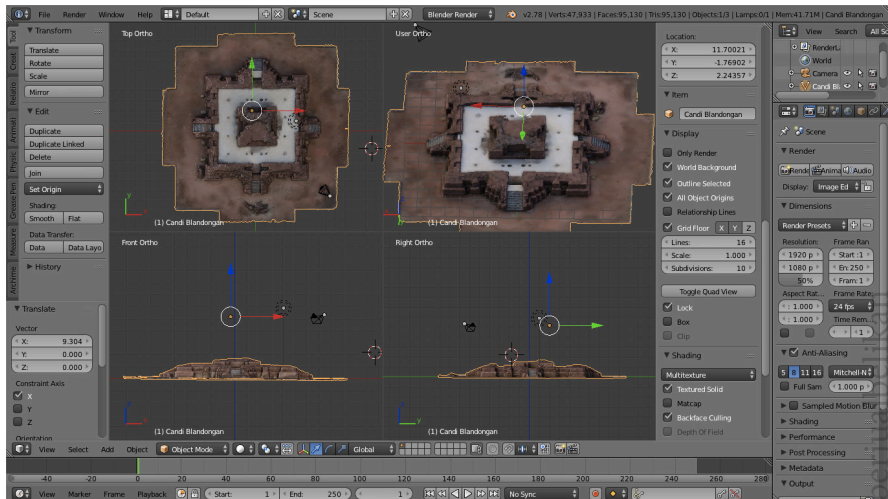
**Gambar 20.22** Gambar Rekonstruksi Material III

Buku ini tidak diperjualbelikan

Sisa *harmika* pada bagian atas *anda* dijadikan sebagai pedoman bentuk *yhasti*. Bentuknya serupa dengan stupa yang terletak di Muaro Jambi dengan bagian *harmika* yang bulat. *Yasthi* stupa yang berada pada bagian paling puncak stupa menjulang ke atas seperti tiang dengan bentuk semakin ke atas semakin mengecil (Moertjipto, 1993: 32). Berbeda dengan stupa di Candi Borobudur yang memiliki bentuk *harmika* persegi, sehingga melalui *software Blender* ditambahkan *mesh* → *cylinder* yang bentuknya disesuaikan melalui pembentukan *vertex* dalam bidang volumenya.

#### d. Penggabungan Material Fragmen

Penggabungan fragmen dilakukan dengan terlebih dahulu membuka tampilan bangunan Candi Blandongan untuk menjadi dasar penempatan material yang disesuaikan dengan interpretasi bentuk dan fungsinya. Tapi, bentuk 3D yang dihasilkan tidak sesuai dengan dimensi atau bentuk asli dari bangunan Candi Blandongan. Hal tersebut kemungkinan terjadi karena resolusi gambar yang kurang besar dan kuantitas gambar yang kecil.



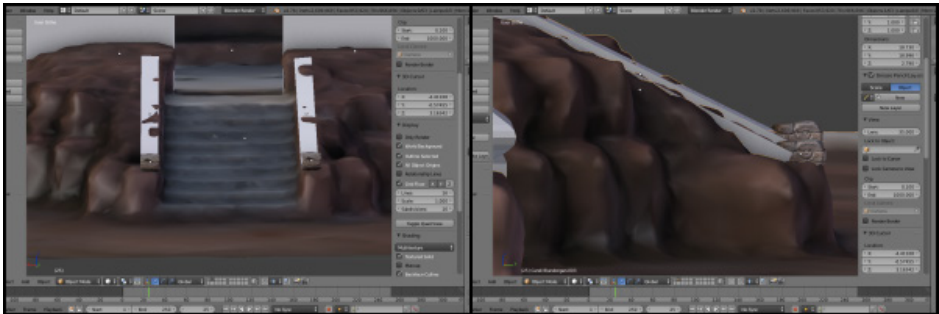
Sumber: Dharma Putra Gotama (n.d)

**Gambar 20.23** Data Fragmen Digital Candi Blandongan

Selanjutnya pemasangan material dimulai terlebih dahulu dengan menyimpan material I. Pertama material I diletakkan dibagian sudut tangga arah tenggara, kemudian dilanjutkan dengan arah yang lainnya. Pemasangan material I diikuti dengan sedikit penambahan ilustrasi bagian *railing* tangga.

Railing tangga yang dibentuk lurus dan miring, disesuaikan dengan bentuk material bata. Tidak adanya sisa bata yang membentuk bulatan disekitar tangga juga menambah keyakinan jika *railing* berbentuk lurus. Bangunan candi di Muara Jambi

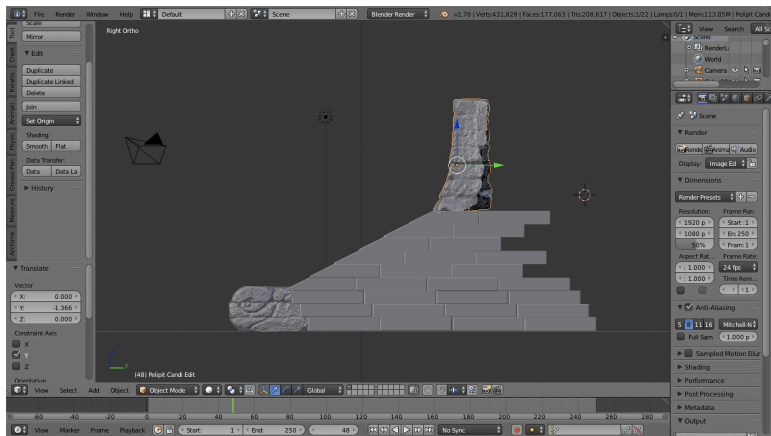
juga tidak memiliki bentuk *railing* yang melengkung. Material I ditambahkan *mesh* → *cube* (dalam *software Blender*) yang lebarnya disesuaikan dengan ukuran satuan bata dari tiga susun bata material I dan panjangnya mengikuti panjangnya tangga masuk.



Sumber: Dharma Putra Gotama (2021)

**Gambar 20.24** Rekonstruksi dan Penempatan Material I

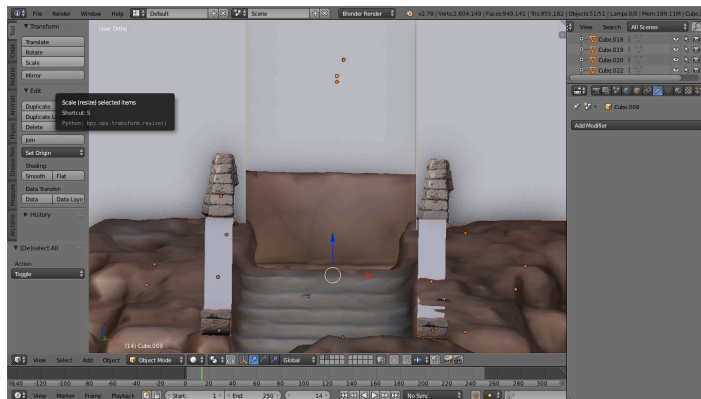
Material II yang diperkirakan berada di sudut atas railing tangga dan berfungsi sebagai ornamen pada sisi pintu masuk. Diketahui bentuk susun material II bertingkat, sehingga penempatan material ini diperkirakan terletak pada objek datar dan bersandar pada struktur lainnya. Penemuan objek material yang juga diketahui dekat dengan material I, yakni disekitar tangga masuk arah tenggara, maka kemungkinan material ini terletak di ujung atas railing tangga.



Sumber: Dharma Putra Gotama (2021)

**Gambar 20.25** Rekonstruksi dan Penempatan Material II

Buku ini tidak diperjualbelikan

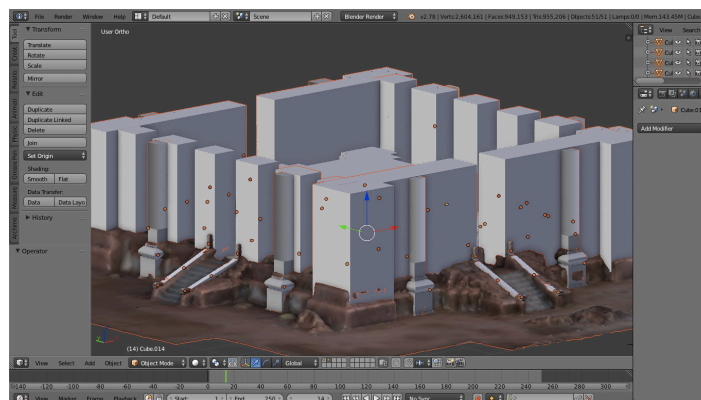


Sumber: Dharma Putra Gotama (2021)

**Gambar 20.26** Rekonstruksi dan Penempatan Material II Tampak Depan

Material III diketahui sebagai bentuk stupa kecil, biasanya dalam arsitektur bangunan berlatar Budhisme material ini menghiasi sisi bangunan candi, baik disekitar pagar langkan ataupun di atas relung pintu masuk bangunan candi. Seperti yang dijelaskan dalam bab sebelumnya, bahwa dinding bangunan candi telah mengalami kerusakan dan pelapukan. Sehingga untuk meletakkan material III dibutuhkan struktur bangun sisi candi terlebih dahulu.

Sisi bangunan candi dibentuk dengan menarik garis lurus *vertex cubes* sesuai dengan penampakan lebar pagar langkan saat ini. Sedangkan tingginya disesuaikan dengan *pilar kumbha* atau pilar semu. Diketahui tinggi bagian *pada* sekitar 130 cm. Menurut *Silpaprakasa*, perbandingan tinggi antara bagian *irsa*, *kumbha*, dan *pada* adalah 12:1. Sehingga diperkirakan tingginya mencapai 520 cm dengan rincian ; tinggi *pada* 130 cm, tinggi *kumbha* 260 cm, dan tinggi *irsa* 130 cm.

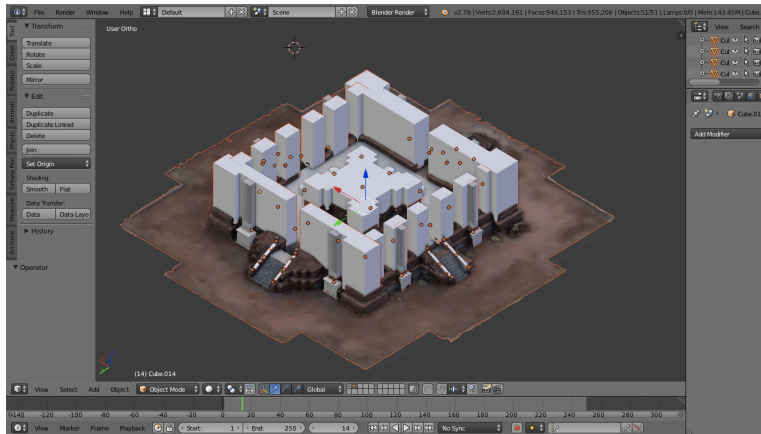


Sumber: Dharma Putra Gotama (2021)

**Gambar 20.27** Pengangkatan Sisi Bangunan atau Pagar Langkan



Candi Borobudur memiliki kedakatan filosofis dengan Candi Blandongan, keduanya memiliki latar belakang Buddha Mahayana dan memiliki denah mandala dengan empat pintu masuk. Dengan letak penemuan material III yang tidak jauh dari pintu masuk arah tenggara, kemungkinan besar material III tersebut terletak di sekitar pagar langkan dekat dengan pintu masuk. Seperti letak stupa kecil di Candi Borobudur yang menghiasi pagar langkan sampai dengan pintu masuk candi.



Sumber: Dharma Putra Gotama (2021)

**Gambar 20.28** Tampilan Candi Blandongan dengan Dinding Sisi

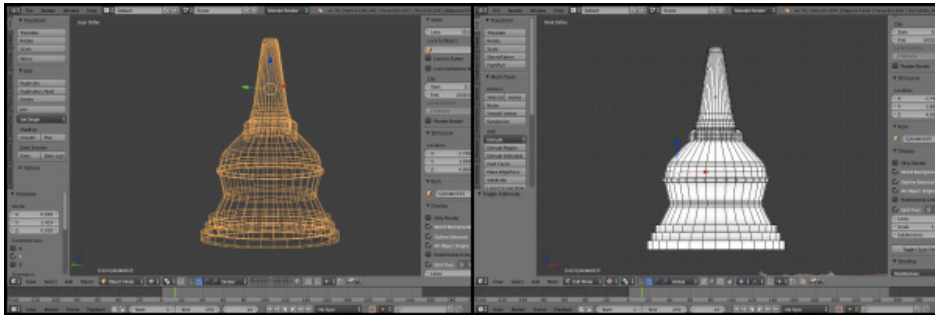
Letak stupa kecil di Candi Borobudur menghiasi pagar langkan dan di atas relung pintu. Hal tersebut juga dimungkinkan dengan letak stupa kecil di Candi Blandongan. Ukuran diameter lingkaran stupa yang tidak terlalu besar memungkinkan stupa berada di pagar langkan ataupun diatas relung pintu.

Berdasarkan karakter terbentuknya bangunan stupa, terlihat adanya pola berupa *axis* atau titik tengah yang menjadi acuan bagi penarikan garis simetris horizontal dan vertikal stupa, serta penarikan arah orientasi mata angin. Pembuatan stupa dibatasi pula oleh makna keagamaannya (Snodgrass, 1985, 13). Sisa runtuh bagian kepala candi yang berbentuk stupa dapat diartikan sebagai titik pusat bangunan.

Penggambaran stupa pada bangunan Candi Blandongan merupakan suatu hal yang penting. Stupa dibangun inti memberikan gambaran terkait dengan kosmologis bangunan, seperti yang dijelaskan di atas. Stupa yang didasarkan dengan konsep ajaran agama Buddha memiliki bagian yang disebut dengan dasar stupa (*prasadha*), belahan bola (*dagob*) atau lonceng (*gentha*), dan puncak atau mahkota (*yasthi*) (Moertjipto, 1993, 32). Begitu juga dengan elemen stupa pada titik pusat di Candi Blandongan.

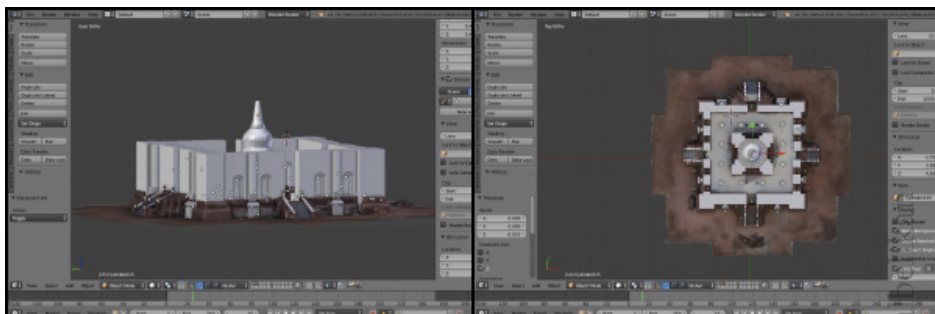


Kemungkinan bentuknya tidak jauh berbeda dengan stupa di Kompleks Muara Jambi. Kompleks Muara Jambi juga memiliki satu bangunan yang menghadirkan stupa sebagai titik intinya, yakni salah satunya ada di bangunan Candi Gumpung. Sisa material stupa di bagaian kepala Candi memiliki struktur *prasadha* yang membulat dengan bentuk seperti pelipit *kumuda* dan adanya tingkatan pelipit menuju *anda*.



Sumber: Dharma Putra Gotama (2021)

**Gambar 20.29** Rekonstruksi Stupa Inti Kepala Candi Blandongan



Sumber: Dharma Putra Gotama (2021)

**Gambar 20.30** Penempatan Stupa Inti di Kepala Candi Blandongan

Bentuk rekonsturksi diambil dari hasil komparasi bentuk stupa yang berada di Kompleks Percandian Muara Jambi. Dengan bentuk *yasthi* bulat memanjang dan tumpul. Bagian *anda* stupa yang meramping dibagian bawahnya. Stupa bangunan inti ini merupakan bagian kepala candi atau sebagai simbol *arupadhatu*, yakni alam Nirvana.

#### D. KESIMPULAN

*Virtual anastylosis* adalah teknologi informasi dan instrument penelitian modern yang dapat membantu penulis dalam melakukan analisis keruangan atau arsitektur bangunan cagar budaya. Selain itu, metode *virtual anastylosis* juga dapat mendorong pembangunan kembali situs-situs cagar budaya yang telah mengalami kerus tanpa harus menyentuh atau merubah objek secara langsung. Hasil dari metode *virtual anastylosis* ini juga dapat dinikmati oleh publik di era digital atau *Social 5.0*.

Berdasarkan uraian dalam bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa *virtual anastylosis* dapat dilakukan di Candi Blandongan, Kompleks Percandian Batujaya. Terdapat tiga material yang dapat diterapkan *anastylosis* terhadap bangunan Candi Blandongan, ketiganya merupakan material yang ditemukan dalam ekskavasi dan kini tersimpan di Museum Batujaya. Tiga material tersebut terdiri dari bata *intact* yang membuat pola beragam, dalam penelitian ini dinamakan sebagai material I, material II, dan material III.

Material 1 diketahui sebagai makara atau lidah tangga yang biasanya menghiasi bagian depan sisi tangga. Makara ini merupakan makara semu yang hanya memiliki pola garis membentuk seperti lidah. Lidah tangga dapat ditemukan pada bangunan Candi Jawa Tengah, seperti Candi Gedong Songo dan Dieng.

Material II diketahui sebagai bentuk dari hiasan sisi pintu atau bagian ujung *railing* tangga. Perkiraan tata letak material II diketahui dari laporan ekskavasi Puslitarken – EFEO dan menurut keterangan dari penulis. Material diletakkan berpasangan antar sisi dan diperkir terdapat di semua sisi muka pintu.

Material III diketahui sebagai bentuk stupa kecil. Stupa kecil pada umumnya dijadikan sebagai hiasan bangunan candi yang menempel pada bangunan dinding luar candi atau pada bagian pagar langkan. Hal tersebut dapat dilihat dari bangunan-bangunan candi periode klasik tua berlatar Buddha, salah satunya Candi Borobudur.

*Virtual anastylosis* dilakukan dengan perangkat lunak *blender* dengan melakukan penempatan terhadap ketiga material. Penempatan ketiga material juga dilakukan dengan melakukan penambahan, sehingga dapat disesuaikan dengan interpretasi bangunan candi. Setelah penempatan, rekonstruksi juga dilakukan untuk memberikan informasi yang lebih jelas terhadap *virtual anastylosis* yang dilakukan terhadap ketiga material di atas.

Tinggi bangunan dibuat menjadi 520 cm (5,2 m) dengan perhitungan berdasarkan tinggi pilar *kumbha* (*kumbha stambha*). Kemudian, relung jendela dan pintu dibuat melingkar pada bagian atasnya, hal tersebut melihat dari pola arsitektur India Selatan. Bagian tengah atau badan candi diberikan penambahan tinggi bangunan menjadi 300 cm (3 m) dan ditambahkan stupa di atasnya untuk melengkapi bangunan candi. Diameter candi tujuh meter dengan pertimbangan sisa artefak bagian kepala candi.

Tampilan hasil *virtual anastylosis* berbentuk data digital sehingga hasilnya dapat di publikasi melalui berbagai macam cara, mulai dari pameran secara langsung

ataupun pameran secara virtual. Selain itu, hasil dari *virtual anastylosis* ini juga dapat dikoreksi atau dikembangkan lebih jauh oleh penulis selanjutnya dengan mengubahnya melalui perangkat lunak atau di atas kertas, sehingga penulis tidak perlu takut merusak warisan budaya atau sumber daya arkeologi, tapi tetap dapat menampilkan secara visual objeknya.

Hasil dari penelitian yang dilakukan oleh penulis dengan studi kasus di Candi Blandongan, Kompleks Percandian Batujaya, Karawang terdapat beberapa hal yang dapat diperbaiki kualitasnya. Setelah melakukan metode tersebut, dapat diketahui bahwa untuk melakukan pemindahan data dari tampilan fisik ke tampilan digital, proses fotogrametri memiliki kekurangan kualitas gambar dan kualitas sistem informasi keruangan.

Hal tersebut menghasilkan kualitas gambar yang kurang detail. Menyebabkan beberapa hiasan pada pelipit tidak terlihat, geometris garis bangunan yang melekok dan bergelombang, serta tidak adanya informasi titik koordinat bangunan. Selain itu, metode *virtual anastylosis* ini harus didukung dengan perangkat keras yang memiliki kualitas atau spesifikasi yang mendukung berjalannya perangkat lunak 3D dengan baik.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa dan semesta alam yang telah memberikan perhatian, pengertian serta karunianya, sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ilmiah dengan judul “*Virtual Anastylosis Terhadap Candi Blandongan di Kompleks Percandian Batujaya*”. Karya ilmiah ini terinspirasi dari sebuah buku berjudul *Digital Archaeology*. Pada kesempatan ini penulis ingin menorehkan rasa terima kasih kepada mereka yang telah berjasa dalam tahap demi tahap, sehingga karya ilmiah ini dapat diselesaikan dan dapat dibaca oleh khalayak, di antaranya:

1. Prof. Dr. I Wayan Ardika, M.A (Guru Besar Arkeologi Fakultas Ilmu Budaya Universitas Udayana)
2. Kristiawan, S.S., M.A (Dosen Program Studi Arkeologi Fakultas Ilmu Budaya Universitas Udayana)
3. Agustijanto Indradjaja M.Hum (Peneliti Madya BRIN)
4. Pahlawan Putra S.S.
5. Dra. Rusmeijani Setyorini
6. Pak Sunarto (Juru Pelihara Candi Blandongan)
7. Balai Arkeologi Bali
8. Badan Riset dan Inovasi Nasional

## DAFTAR PUSTAKA

- Arkhi, Citra Musthafa. 2014. "Identifikasi Bentuk dan Penataan Ruang Kompleks Kepurbakalaan Gedong I, Muara Jambi: Suatu Kajian Arkeologi Bangunan". (Skripsi). Program Studi Arkeologi Fakultas Ilmu Pengetahuan Budaya Universitas Indonesia. Depok.
- Bogdan, et al. 1982. *Qualitative Research For Education; An Introduction to Theory and Methods*. Allyn and Bacon. London.
- Bolton, W. 2006. "Sistem Instrumental dan Sistem Kontrol". Erlangga. Jakarta.
- Utomo, Bambang. 2004 "Arsitektur Bangunan Suci Masa Hindu Buddha di Jawa Barat". Kementrian Kebudayaan dan Pariwisata : Jakarta.
- Djafar, Hasan. 2010 "Kompleks Percandian Batujaya" Rekontruksi Sejarah Kebudayaan Daerah Pantai Utara Jawa Barat. Kiblat Buku Utama. Bandung.
- Harintaka, et al. 2008. *Pemodelan Virtual Bangunan Arkeologi Candi Kelir di Taman Wisata Candi Prambanan Menggun Kamera Amatir Digital*. Media Teknik Nomor 4 Tahun XXX Edisi November 2008. ISSN 0216- 3012.
- Kurdy, et al. 2011. "Virtual Anastylis and Reconstruction of Several Buildings in The Site of Saint-Simeon, Syria". *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XXXVIII-5/W16. ISPRS Trento. 2-4 March 2011, Trento, Italy.
- Kurdy, M, J-L. Biscop, De Luca. 2011. "*3D Virtual Anastylis And Reconstructions of Saveral Buildings in The Site Saint-Simeon, Syria*". *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XXXVIII-5/W16, 2011 ISPRS Trento 2011 Workshop, 2-4 March 2011, Trento, Italy.
- Evans, Thomas, Daly, Patrick. 2006. "Digital Archaeology : Bridging Method and Theory". Routledge. Taylor and Francis Group. London and New York.
- Magetsari, Noerhadi. 2012. "Tanggung Jawab Sosial Ahli Arkeologi" dalam Supratikno Rahardjo (Ed.) *Arkeologi Untuk Publik*. IAAI. Hal: 103- 124. Jakarta.
- Munandar, A. A. 2013. "*Beberapa Keistimewaan Kompleks Percandian Batujaya di Karawang Utara*". Prosiding The 5<sup>th</sup> International Conference on Indonesian Studies: "Ethnicity and Globalization".
- Moertjipto, Bambang Prasetyo. 1993. Borobudur, Pawon, dan Mendut. PT. Kanisius. Yogyakarta
- Reilly, P., 1990. "Towards a virtual Archaeology. In: *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology 1990*". Oxford: British Archaeological Reports (Int. Series 565), pp. 312-322.
- Reilly, P., 1992. "Three-Dimensional modelling and primary Archaeological data. In: *Archaeology and the Information Age*". Routledge. London. Hal : 147-173.
- Saringendyati, Ety. 2008. "Percandian Batujaya dan Cibuaya, Kabupaten Karawang, Jawa Barat". (Makalah Hasil penelitian). Fakultas Sastra Universitas Padjajaran. Sumedang.
- Sedyawati, et al. 2013. "Candi Indonesia: Seri Jawa". Direktorat Jendral Kebudayaan, Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta.
- Shen, I-Chao, et al. 2018. "Texturing and Deforming Meshes with Casual Images". (Journal). *Computer Graphics Forum* September, 2018. Volume XX (200y) No. Z, Hal: 1-6.
- Snodgrass, Adrian. 1985. *The Symbolism of the Stupa*. Cornell University Press. New York

- Soediman. 1989. "Catatan Tentang Berbagai Masalah dalam Pemugaran Candi", Pertemuan Ilmiah Arkeologi Ke-II. Jakarta, 25-29 Pebruari 1980.
- Soekmono. 2005. Candi, Fungsi, dan Pengertiannya. Penerbit Jendela Pustaka. Jakarta.
- Susetyo, Sukawati. 2014. "Makara Pada Masa Sriwijaya". (Jurnal). Kalpataru Majalah Arkeologi Vol.23 No.2, November 2014. Hal 81 – 150.
- Yastikli, N. 2007. Documentation of Cultural Heritage Using Digital Photogrammetry and Laser Scanning. Journal of Cultural Heritage 8 (2007). Hal : 423-427.
- <http://digitalarchaeology.org.uk/ida-blog/> (Diakses pada 26 Januari 2019)
- <https://kbbi.co.id/arti-kata/Candi> (Diakses pada 14 Januari 2019)